



CBPAV
Congresso Brasileiro de Produção
Animal e Vegetal

Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades Volume 3



AGRON FOOD
ACADEMY

Organizadores
Jackson Andson de Medeiros
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva



CBPAV

Congresso Brasileiro de Produção
Animal e Vegetal

Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades Volume 3



AGRON FOOD
ACADEMY

Organizadores

Jackson Andson de Medeiros

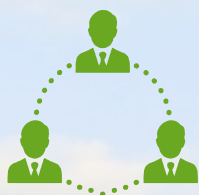
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva



Venda proibida



Open access



Revisado por pares

EDITOR-CHEFE

Jackson Andson de Medeiros
Agron Food Academy

REVISÃO FINAL

Jackson Andson de Medeiros

CAPA

Jackson Andson de Medeiros

Dados internacionais de catalogação na publicação (CIP)

III CONGRESSO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO ANIMAL E VEGETAL [LIVRO ELETRÔNICO]: PRODUÇÃO ANIMAL E VEGETAL: INOVAÇÕES E ATUALIDADES: VOLUME 3 / ORGANIZAÇÃO JACKSON ANDSON DE MEDEIROS, VIRGÍNIA MIRTES DE ALCÂNTARA SILVA. --- 3 ED. --- JARDIM DO SERIDÓ, RN: AGRON FOOD ACADEMY, 2024.

PDF.

VÁRIOS AUTORES.

BIBLIOGRAFIA.

ISBN: 978-65-85062-14-5

1. AGRICULTURA E TECNOLOGIAS REALACIONADAS 2. ADUBAÇÃO 3. PRODUÇÃO ANIMAL E VEGETAL 4. TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO I. MEDEIROS, JACKSON ANDSON II. SILVA, VIRGÍNIA MIRTES DE ALCÂNTARA

CDD:630

 **10.53934/IIICBPAV**

Todas as opiniões e textos presentes neste livro são de inteira responsabilidade de seus autores e coautores.

Agron Food Academy
agronfoodacademy.com

Apresentação

É com grande alegria que apresentamos o "Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades". Este livro é o resultado do esforço coletivo dedicado à pesquisa, inovação e compartilhamento de conhecimento nas áreas fundamentais da produção animal e vegetal.

O CBPAV não é apenas um evento científico; é uma celebração do compromisso com o avanço sustentável em nossa indústria agrícola. O livro é um reflexo fiel desse compromisso, capturando a diversidade e a profundidade das pesquisas apresentadas durante o congresso. Ao folhear estas páginas, você encontrará trabalhos que exploram desde as últimas tendências na indústria de laticínios até estratégias inovadoras para a produção sustentável de suínos. Cada artigo é uma contribuição única e valiosa para o panorama científico em constante evolução.

Esperamos que apreciem a leitura dos trabalhos aqui apresentados!

Comissão Avaliadora

ALICE PEREIRA LOURENSON

BRUNA ANTUNES

BRUNA TRINDADE PAIM

EDUARDA CAETANO PEIXOTO

IDAEI MATHEUS GÓES LOPES

IGOR HENRIQUE DE LIMA COSTA

JOSINALDO LOPES ARAUJO ROCHA

LETICIA BUENO DOS SANTOS

LICIANE OLIVEIRA DA ROSA

MARIA BETÂNIA GALVÃO DOS SANTOS FREIRE

VIRGINIA MIRTES DE ALCÂNTARA SILVA

SUMÁRIO

Capítulo 01	11
DOI: 10.53934/IIICBPAV-01	11
INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS NO ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA E NO TEOR DE NITRATO E POTÁSSIO NA SEIVA DO PECÍOLO DE DOZE CULTIVARES DE UVA PARA VINHO.....	11
Capítulo 02	18
DOI: 10.53934/IIICBPAV-02	18
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE MACIEIRA MAXI GALA FERTIRRIGADA COM EXTRATO DE ALGAS PHYCOTERRA®, CULTIVADAS EM PAINEL-SC	18
Capítulo 03	28
DOI: 10.53934/IIICBPAV-03	28
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE MACIEIRA MAXI GALA FERTIRRIGADA COM EXTRATO DE ALGAS PHYCOTERRA®, CULTIVADAS EM VACARIA-RS	28
Capítulo 04	37
DOI: 10.53934/IIICBPAV-04	37
TENDÊNCIAS E DESAFIOS NA PRODUÇÃO DE FRUTAS DESIDRATADAS: UMA ANÁLISE ABRANGENTE.....	37
Capítulo 05	49
DOI: 10.53934/IIICBPAV-05	49
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE MACIEIRA MAXI GALA FERTIRRIGADA COM EXTRATO DE ALGAS PHYCOTERRA®, CULTIVADAS EM SÃO JOAQUIM-SC	49

Capítulo 06	59
DOI: 10.53934/IIICBPAV-06	59
FARELOS DAS CASCAS DO CAULE E DA VAGEM DO JATOBÁ (<i>Hymenaea courbaril L.</i>): CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, TECNOLÓGICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.	59
Capítulo 07	71
DOI: 10.53934/IIICBPAV-07	71
SUPLEMENTAÇÃO DE BOVINOS NOS PERÍODOS DE TRANSIÇÃO	71
Capítulo 08	81
DOI: 10.53934/IIICBPAV-08	81
A TENDÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA - REVISÃO	81
Capítulo 09	96
DOI: 10.53934/IIICBPAV-09	96
COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE POLPA DE MANGA CV <i>KEITT</i> COM ADIÇÃO DE MALTODEXTRINA.....	96
Capítulo 10	110
DOI: 10.53934/IIICBPAV-10	110
PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELEIA DE UMBU-CAJÁ FORMULADA COM QUIABO EM PÓ EM SUBSTITUIÇÃO DA PECTINA COMERCIAL.....	110
Capítulo 11	123
DOI: 10.53934/IIICBPAV-11	123
TRATAMENTO DE SEMENTES NO DESEMPENHO INICIAL DO MILHO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS	123

Capítulo 12	130
DOI: 10.53934/IIICBPAV-12	130
DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE HÍBRIDOS DE MILHO ..	130
Capítulo 13	138
DOI: 10.53934/IIICBPAV-13	138
CARACTERIZAÇÃO DE FILMES PELA TÉCNICA 'CASTING' A BASE DE AMIDOS DE FONTES NÃO TRADICIONAIS	138
Capítulo 14	148
DOI: 10.53934/IIICBPAV-14	148
DENSIDADE E PERDAS FERMENTATIVAS DE SILAGENS DE PALMA FORRAGEIRA (<i>Opuntia stricta</i>) ASSOCIADA AO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DA ACEROLA (<i>Malpighia emarginata</i>)	148
Capítulo 15	159
DOI: 10.53934/IIICBPAV-15	159
NÍVEIS DE UMIDADE DO SUBSTRATO NA EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE CAPIM-MARANDU	159
Capítulo 16	167
DOI: 10.53934/IIICBPAV-16	167
ELEVAÇÃO DE MERISTEMA APICAL EM FORRAGEIRAS TROPICAIS	167
Capítulo 17	176
DOI: 10.53934/IIICBPAV-17	176
ÁCIDO ASCÓRBICO NO DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CAPIM-MARANDU SOB ESTRESSE HÍDRICO	176
Capítulo 18	186
DOI: 10.53934/IIICBPAV-18	186
O AGRONEGÓCIO DO MILHO NO BRASIL: AVANÇOS E PERSPECTIVAS	186

Capítulo 19	199
DOI: 10.53934/IIICBPAV-19	199
DESEMPENHO DE PLÂNTULAS DE MILHO ORIUNDAS DE SEMENTES PRODUZIDAS SOB CONDIÇÕES DE ÁGUA NO SOLO	199
 Capítulo 20	 207
DOI: 10.53934/IIICBPAV-20	207
ENXOFRE INFLUÊNCIA O DESENVOLVIMENTO DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS?.....	207
 Capítulo 21	 216
DOI: 10.53934/IIICBPAV-21	216
ADUBAÇÃO NITROGENADA NO ESTABELECIMENTO DE BRAQUIÁRIAS	216
 Capítulo 22	 226
DOI: 10.53934/IIICBPAV-22	226
BIOTECNOLOGIA UTILIZADA POR PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO PARA RESISTÊNCIA A DOENÇA EM ORGANISMOS AQUÁTICOS: REVISÃO DE LITERATURA	226
 Capítulo 23	 235
DOI: 10.53934/IIICBPAV-23	235
GRÃOS DE DESTILARIA EM DIETAS PARA BOVINOS CONFINADOS: EFEITOS SOBRE O METABOLISMO RUMINAL E QUALIDADE DE CARNE	235
 Capítulo 24	 245
DOI: 10.53934/IIICBPAV-24	245
RECRIA INTENSIVA DE BOVINOS DE CORTE: REVISÃO DE LITERATURA	245

Capítulo 25	259
DOI: 10.53934/IIICBPAV-25	259
PRINCIPAIS HELMINTOS GASTRINTESTINAIS DE EQUINOS	259
Capítulo 26	271
DOI: 10.53934/IIICBPAV-26	271
INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DE ANTI-HELMÍNTICOS ADMINISTRADOS EM EQUINOS SOB A DECOMPOSIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MICROORGANISMOS COPRÓFAGOS	271
Capítulo 27	284
DOI: 10.53934/IIICBPAV-27	284
CARACTERÍSTICAS DO LEITE DE CABRAS PARDO ALPINA ALIMENTADAS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE ALFAFA DESIDRATADA	284
Capítulo 28	295
DOI: 10.53934/IIICBPAV-28	295
EFEITO DE PRODUTOS DE LEVEDURAS NO COMPORTAMENTO ALIMENTAR E FLUTUAÇÃO DO CONSUMO EM BOVINOS NELORE CONFINADOS	295
Capítulo 29	305
DOI: 10.53934/IIICBPAV-29	305
A IMPORTÂNCIA DA NUTRIÇÃO NO CONTROLE DAS HELMINTOSES GASTRINTESTINAIS DE OVINOS	305
Capítulo 30	315
DOI: 10.53934/IIICBPAV-30	315
VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS E ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO PECUÁRIA-FLORESTA NO OUTONO	315

Capítulo 31	323
DOI: 10.53934/IIICBPAV-31	323
HIPOCALCEMIA EM BOVINOS	323
Capítulo 32	335
DOI: 10.53934/IIICBPAV-32	335
ELABORAÇÃO E TESTE DE ACEITAÇÃO DE LICOR DE CAMU-CAMU [<i>Myrciaria dubia</i> (Kunth) McVaugh] COM DIFERENTES BEBIDAS ALCOÓLICAS DESTILADAS	335
Capítulo 33	343
DOI: 10.53934/IIICBPAV-33	343
DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE “QUEIJO” VEGETAL COM EXTRATO AQUOSO DE AMENDOIM E TRANSGLUTAMINASE MICROBIANA COMO AGENTE TECNOLÓGICO	343
Capítulo 34	356
DOI: 10.53934/IIICBPAV-34	356
INOVAÇÕES E DESAFIOS NA PRODUÇÃO DE BEBIDAS FERMENTADAS E PROBIÓTICAS A BASE DE VEGETAIS: REVISÃO DE LITERATURA	356
Capítulo 35	369
DOI: 10.53934/IIICBPAV-35	369
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE BANANA VERDE UTILIZANDO TRÊS VARIEDADES DE CULTIVAR	369
Capítulo 36	377
DOI: 10.53934/IIICBPAV-36	377
ANÁLISE ENZIMÁTICA DE LEITE CRU, PASTEURIZADO E ESTERILIZADO: UM ESTUDO DE CASO	377

Capítulo 37	386
DOI: 10.53934/IIICBPAV-37	386
PARÂMETROS FÍSICOS E DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE PÓS DE POLPA DE MANGA CV. <i>KEITT</i> LIOFILIZADA	386
Capítulo 38	396
DOI: 10.53934/IIICBPAV-38	396
POLPA DE MANGA CV. <i>KEITT</i> LIOFILIZADA	396
Capítulo 39	405
DOI: 10.53934/IIICBPAV-39	405
A TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE E A FORMAÇÃO DO FLAVOR - ACEITAÇÃO A CARNE BOVINA.....	405
Capítulo 40	417
DOI: 10.53934/IIICBPAV-40	417
PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DA POLPA DE MURTA (<i>EUGENIA</i> <i>GRACILLIMA</i> KIAERSK.) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES	417
Capítulo 41	430
DOI: 10.53934/IIICBPAV-41	430
ALIMENTOS FERMENTADOS A BASE DE PLANTAS: REVISÃO DE LITERATURA	430
Capítulo 42	443
DOI: 10.53934/IIICBPAV-42	443
BENEFÍCIOS DOS ALIMENTOS FUNCIONAIS PARA A SAÚDE: FORTALECIMENTO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO E REDUÇÃO DE ALERGIAS ALIMENTARES	443

Capítulo 43	460
DOI: 10.53934/IIICBPAV-43	460
AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO PÓ DE QUIABO RECONSTITUÍDO EM DIFERENTES MEIOS LÍQUIDOS	460
Capítulo 44	469
DOI: 10.53934/IIICBPAV-44	469
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FARINHA DA CASCA DE UMBUGUELA (<i>Spondias</i> sp.) SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE BISCOITOS	469
Capítulo 45	478
DOI: 10.53934/IIICBPAV-45	478
PALMA FORRAGEIRA E DOCE DE PALMA EM CALDA: ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DO PERFIL MICROBIOLÓGICO.....	478
Capítulo 46	488
DOI: 10.53934/IIICBPAV-46	488
ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE UM PRODUTO DE REPOLHO ROXO FERMENTADO COM KEFIR	488
Capítulo 47	501
DOI: 10.53934/IIICBPAV-47	501
IMPORTÂNCIA DA EMBALAGEM E ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DE OVOS DE GALINHA POEDEIRA	501
Capítulo 48	508
DOI: 10.53934/IIICBPAV-48	508
ESTUDO DA ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DE <i>Estafilococos</i> COAGULASE POSITIVA EM LINGUIÇA FRESCAL REFRIGERADA ATRAVÉS DO USO DE UM CONSERVANTE NATURAL A BASE DE ÓLEOS ESSENCIAIS	508

Capítulo 49	516
DOI: 10.53934/IIICBPAV-49	516
QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS CONFINADOS: IMPACTOS DO GRUPO GENÉTICO E DO SEXO	516
Capítulo 50	522
DOI: 10.53934/IIICBPAV-50	522
EFEITO DO USO DE LASALOCIDA SÓDICA EM SUPLEMENTOS DE BAIXO CONSUMO SOBRE O DESEMPENHO DE BOVINOS NELORE NA RECRIA EM PASTEJO NA ÉPOCA DAS ÁGUAS	522
Capítulo 51	533
DOI: 10.53934/IIICBPAV-51	533
EFEITO DO USO DE LASALOCIDA SÓDICA EM SUPLEMENTOS DE BAIXO CONSUMO SOBRE O METABOLISMO DE BOVINOS NELORE NA RECRIA EM PASTEJO NA ÉPOCA DAS ÁGUAS	533
Capítulo 52	543
DOI: 10.53934/IIICBPAV-52	543
RELAÇÕES DA EFICIÊNCIA ALIMENTAR, QUALIDADE DE CARNE E ASSOCIAÇÕES DAS FERRAMENTAS ÔMICAS EM BOVINOS	543
Capítulo 53	554
DOI: 10.53934/IIICBPAV-53	554
DESEMPENHO DE NOVILHOS NÃO CASTRADOS E VALOR NUTRITIVO DE CAPIM CONVERT MANEJADOS EM INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA	554
Capítulo 54	566
DOI: 10.53934/IIICBPAV-54	566
USO DE DADOS BASEADOS EM SATÉLITE PARA ESTIMAR O DECLÍNIO DE PRODUÇÃO DE LEITE DE VACAS NA REGIÃO DE BOTUCATU/SP	566

Capítulo 55	574
DOI: 10.53934/IIICBPAV-55	574
CONTROLE BIOLÓGICO DAS HELMINTOSES COM A UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS Bacillus: REVISÃO DE LITERATURA	574
Capítulo 56	582
DOI: 10.53934/IIICBPAV-56	582
PRINCIPAIS PARASITÓSES DE PEIXES NA AQUICULTURA DO BRASIL .	582
Capítulo 57	591
DOI: 10.53934/IIICBPAV-57	591
CARACTERIZAÇÃO DE QUINTAIS PRODUTIVOS DE ASSENTAMENTO RURAL DO RIO GRANDE DO NORTE	591

Capítulo 01

DOI: 10.53934/IIICBPAV-01

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS NO ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA E NO TEOR DE NITRATO E POTÁSSIO NA SEIVA DO PECÍOLO DE DOZE CULTIVARES DE UVA PARA VINHO

Marco Antonio Tecchio *; Leonardo Silva Campos ; Mara Fernandes Moura ; Luiz Antonio Junqueira Teixeira 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: marco.a.tecchio@unesp.br

Resumo:

O estado de São Paulo destaca-se nacionalmente pela produção de uva para consumo in natura. Nos últimos anos, visando a diversificação e agregação de valor aliada ao enoturismo, o produtor vêm apostando na produção de vinhos. O experimento foi realizado na área experimental do Centro de Frutas do Instituto Agrônomo (IAC) em Jundiaí/SP com as cultivares: Isabel, Bordô, Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Merlot, Syrah, Sauvignon Blanc, IAC 138-22 ‘Máximo’, IAC 116-31 ‘Rainha’, IAC 21-14 ‘Madalena’, BRS Lorena e BRS Violeta enxertadas sobre os porta-enxertos ‘IAC 766’ e ‘Ripária do Traviú’. O sistema de sustentação foi o de espaldeira alta, no espaçamento de 2,5m entrelinhas e 1 m entre plantas. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, sendo um fatorial 12 x 2, correspondendo a 2 porta-enxertos e doze cultivares de uva para vinho. Dessa maneira, totalizaram-se 24 tratamentos e 5 repetições, 120 parcelas, cada qual constituída de 6 plantas, no espaçamento 2,5m entrelinhas e 1m entre plantas. Objetivou-se avaliar a influência do porta-enxerto nos aspectos nutricionais de doze cultivares de uvas comuns, híbridas e finas para vinho, cultivadas em Jundiaí. Verificou-se efeito significativo do porta-enxerto no índice relativo de clorofila (IRC) e no teor de nitrato e potássio na seiva do pecíolo das cultivares copa e efeitos significativos dos porta-enxertos, das cultivares copa e da interação copa e porta-enxerto nos teores de nutrientes nas amostras de ramos, folhas e de cachos.

Palavras-chave: Extração total; Nutrição mineral; *Vitis*

Abstract:

The state of São Paulo stands out nationally for the production of grapes for fresh consumption, and through diversification and added value combined with wine tourism, producers have been investing in wine production. The experiment was carried out in the experimental area of the Fruit Center of the Agronomic Institute (IAC) in Jundiaí/SP with the grape cultivars: Isabel, Bordô, Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Merlot, Syrah, Sauvignon Blanc, IAC 138-22 'Máximo ', IAC 116-31 'Rainha', IAC 21-14 'Madalena', BRS Lorena and BRS Violeta grafted onto the rootstocks 'IAC 766' and 'Ripária do Traviú'. The support system was a high espalier, in plant spacing of 2.5m between rows and 1 m between plants. The experimental design was in randomized blocks, with a 12 x 2 factorial, corresponding to 2 rootstocks and twelve wine grape cultivars. In this way, there were a total of 24 treatments and 5 replications, 120 plots, each consisting of 6 plants, with a spacing of 2.5m between rows and 1m between plants. The objective was to evaluate the influence of the rootstock on the nutritional aspects of twelve cultivars of common, hybrid and fine wine grapes, grown in Jundiaí. There was a significant effect of the rootstock on the relative chlorophyll index (IRC) and on the nitrate and potassium content in the petiole sap of the scion cultivars and significant effects of the rootstocks, the scion cultivars and the scion and rootstock interaction in nutrient contents in samples of branches, leaves and clusters.

Key Word: Full extraction; Mineral nutrition; *Vitis*

INTRODUÇÃO

Devido a dimensões continentais, no Brasil há uma grande variedade de condições edafoclimáticas e tipos de viticultura, sendo o único país no mundo a apresentar 3 tipos: viticultura de inverno, viticultura tradicional e viticultura tropical, influenciando assim no manejo da videira, que vem em grande ascensão, principalmente da *Vitis vinífera*. Na Região Sudeste brasileira, o estado de São Paulo destaca-se como grande produtor de uva para mesa apresentando mais de 8.000 ha plantados de vinhedo e representando mais de 10% da área nacional. A região de Jundiaí, importante polo vitícola, enfrenta em função da alta especulação imobiliária, a redução na área de cultivo de videira. Com isso, os viticultores vêm buscando novas possibilidades de agregação de valor à uva, com o cultivo de uvas destinadas a elaboração de vinho ou suco, geralmente associado ao enoturismo. Neste contexto, nota-se a necessidade de pesquisas com cultivares de uvas para vinho adaptadas às condições edafoclimáticas da região, bem como a avaliação destas cultivares sobre diferentes porta-enxertos (10,2,6,3).

Visando aumento de produtividade e qualidade da uva, o manejo e tratamentos culturais merecem destaque, sendo diretamente influenciados por fatores como clima, solo, genética da variedade e de porta-enxerto. A escolha do porta-enxerto é uma das principais técnicas de manejo que deve ser estudada, visto que diferentes combinações de copa e porta-enxerto influenciam na fisiologia da planta, alterando a eficiência fotossintética, vigor vegetativo e reprodutivos da variedade produtora, influenciando na capacidade de

absorção de nutrientes do solo, efeito sobre o estado hídrico e na assimilação de carbono pela parte aérea (1,10,5,7).

Relacionadas a eficiência fotossintética estão as clorofilas, que influem no crescimento e adaptabilidade da videira em diferentes terroir, quando em baixo conteúdo, pode estar associada a coloração verde-amarelada das folhas, primeiro sintoma visível de deficiência de nitrogênio. Dependendo da severidade da deficiência de nitrogênio, pode acarretar baixa fertilidade de gemas e na produtividade, sendo assim a mensuração do índice de clorofila é um método apropriado para o monitoramento do nitrogênio no estado nutricional da planta. Salienta-se que, o índice de clorofila depende da variedade copa e porta-enxerto de videira e do estágio fenológico que se encontra (12,11).

Além do porta-enxerto, a nutrição mineral é outro fator importante no manejo do vinhedo, com potencial de influenciar diversos parâmetros da produção da videira. As adubações e a correção da acidez do solo deve-se basear na análise química do solo e das folhas, sendo imprescindível para a produção de uvas com qualidade. Ressalta-se também, a importância na extração de nutrientes pelas videiras. A quantidade de nutrientes extraídos é importante pois através dos valores pode-se estabelecer uma ordem decrescente de exigência da cultura da videira por macro e micronutrientes, estabelecendo assim um cronograma de adubação. Tradicionalmente utiliza-se a análise foliar para a avaliação do estado nutricional da videira, contudo, outros métodos podem ser utilizados para a avaliação nutricional, como a determinação do índice de clorofila (IRC) e medidores portáteis Cardy Meter para a leitura dos teores de nitrato e potássio e na seiva dos pecíolos (4,9,10,8).

O clorofilômetro (SPAD-502, Minolta) permite a obtenção do índice relativo da clorofila na folha por meio da intensidade de coloração verde, sendo que tal se relaciona com o teor de clorofila e o teor de nitrogênio na folha, destacando-se pela facilidade por ser um aparelho portátil. Estudos apresentaram correlação positiva e significativa entre o IRC e o teor de nitrogênio foliar nas culturas do tomateiro e do cafeeiro (9)

Este projeto teve por finalidade avaliar a influência dos porta-enxertos ‘IAC 766’ e ‘Ripária do Traviú’ nos aspectos nutricionais das cultivares de uvas Isabel, Bordô, Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Merlot, Syrah, Sauvignon Blanc, IAC 138-22 ‘Máximo’, IAC 116-31 ‘Rainha’, IAC 21-14 ‘Madalena’, BRS Lorena e BRS Violeta, cultivadas em Jundiá.

Referente à área técnica, verifica-se na literatura inúmeros trabalhos visando avaliar o comportamento da videira sobre diferentes porta-enxertos, mostrando a influência no crescimento vegetativo, na produtividade, na fenologia, nas características físicas dos cachos e das bagas e na pós-colheita. No entanto, há pouca literatura relacionada às variedades avaliadas neste projeto de pesquisa, sendo de grande importância à avaliação dos aspectos no índice relativo de clorofila e sua correlação com o teor de nitrato e potássio na seiva do pecíolo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental do Centro de Frutas do Instituto Agrônomo (IAC) em Jundiaí/SP em vinhedo instalado em 2008, onde na implantação realizaram-se o preparo do solo, calagem e adubação para o plantio, de acordo com a análise química do solo recomendada pelo Boletim Técnico 100 do IAC. Em relação à calagem, aplicou-se calcário dolomítico, visando elevar a saturação por bases a 80%. Após a demarcação das parcelas experimentais, realizaram-se o plantio dos porta-enxertos. Realizou-se a enxertia por garfagem um ano após o plantio dos porta-enxertos, no mês de julho, com as cultivares de uvas para vinho, sendo, comuns: Isabel e Bordô; finas: Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Merlot, Syrah e Sauvignon Blanc; e híbridas: IAC 138-22 'Máximo', IAC 116-31 'Rainha', IAC 21-14 'Madalena', BRS Lorena e BRS Violeta enxertadas sobre os porta-enxertos 'IAC 766' e 'Ripária do Traviú'. O sistema de sustentação utilizado foi o de espaldeira alta, apresentando arames dispostos a 1,0; 1,3; 1,5 e 1,8m acima do nível do solo, sendo que, a 1,3 e 1,5m acima do nível do solo utilizou-se dois fios de arame, dispostos na lateral dos mourões. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, sendo um fatorial 12 x 2, correspondendo a 2 porta-enxertos e doze cultivares de uva para vinho. Dessa maneira, totalizaram-se 24 tratamentos e 5 repetições, 120 parcelas, cada qual constituída de 6 plantas, no espaçamento 2,5m entrelinhas e 1m entre plantas. A área total da área experimental foi de 1.800m², totalizando 720 plantas.

Após a poda de produção aplicou-se cianamida hidrogenada a 5%. Com o início da brotação, realizou-se a desbrota, a amarração dos brotos nos arames a eliminação dos ramos axilares e a desfolha. Outros tratos culturais durante o ciclo da cultura como capinas, a aplicação de herbicidas, a cobertura do solo com capim e as aplicações de fungicidas foram realizadas de acordo com as técnicas de cultivo adotadas na região.

Na época do pleno florescimento, realizou-se a amostragem de folhas (16 folhas por parcela experimental), para medição do IRC nas folhas utilizando-se o clorofilômetro (SPAD-502, Minolta). Posteriormente, nos pecíolos removidos das folhas, extraiu-se a seiva para a leitura dos teores de NO₃ e de K, empregando-se os medidores portáteis Cardy Meter (Horiba, Inc.) equipados com microeletrodos sensíveis ao nitrato de potássio, respectivamente. Amostrou-se a primeira folha recém madura do ápice para a base, sendo oposta ao cacho do ramo.

Quanto à adubação, baseado na análise química do solo, seguiu-se a recomendações de adubação contidas no Boletim Técnico 100 do Instituto Agrônomo. Aplicou-se 500g planta⁻¹ de yorin master. No início da brotação, aplicou-se 300g planta⁻¹ da formulação 20-5-20; na fase de chumbinho a meia baga a aplicação de 300g planta⁻¹ da formulação 20-04-18 e, no início do amolecimento das bagas a aplicação de 120g planta⁻¹ de cloreto de potássio.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito significativo do porta-enxerto no IRC e no teor de nitrato e potássio na seiva do pecíolo das cultivares copa (Tabela 1). O maior valor do IRC foi obtido com as cultivar Cabernet Franc, enxertada sobre o porta-enxerto ‘IAC 766’ (41,7) e os menores valores com as cultivares IAC 21-14 ‘Madalena’ e IAC 138-22 ‘Máximo’ enxertadas sobre o porta-enxerto ‘Ripária do Traviú’ (32,1). No entanto, notou-se que, no porta-enxerto IAC 766 as cultivares Isabel, Bordo, Syrah, Merlot, Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc e Sauvignon Blanc apresentaram valores semelhantes.

Tabela 1: Resultados médios do índice relativo de clorofila na folha, do teor de nitrato e de potássio na seiva do pecíolo de variedades de uva para vinho enxertadas sobre os porta-enxertos ‘IAC 766’ e ‘Ripária do Traviú’ (RT) em Jundiaí/SP, safras 2011 e 2012.

Copa/porta-enxerto	IRC (unidade SPAD)		Teor de Nitrato (ppm)		Teor de Potássio (ppm)	
	IAC 766	RT	IAC 766	RT	IAC 766	RT
Isabel	39,4 ABa	36,4 BCb	3740 ABa	1800 Db	2700 Aa	2420 Aa
Bordo	40,1 ABa	36,2 BCb	5980 Aa	3340 BCDb	3000 Aa	2120 Aa
Máximo	35,0 DEa	32,1 Db	6180 Aa	4880 ABa	3720 Aa	3180 Aa
Rainha	36,0 CDEa	32,4 Db	6060 Aa	3200 BCDb	3620 Aa	2320 Ab
Madalena	33,8 Ea	32,1 Da	2280 Ba	4860 ABa	3780 Aa	3140 Aa
Lorena	38,0 BCDA	32,6 Db	5720 Aa	2120 CDb	3100 Aa	3040 Aa
Violeta	35,8 CDEa	33,4 CDb	3700 ABa	3100 BCDA	2340 Aa	3320 Aa
Syrah	39,5 ABa	38,0 Ba	6180 Aa	6340 Aa	4520 Aa	3980 Aa
Merlot	38,6 ABCa	37,2 Ba	5820 Aa	4700 ABCa	3460 Aa	3625 Aa
C. Sauvignon	39,4 ABa	37,9 Ba	4840 ABa	5100 ABa	3580 Aa	3725 Aa
C. Franc	41,7 Aa	41,4 Aa	5660 Aa	4920 ABa	3520 Aa	3340 Aa
S Blanc	38,7 ABCa	36,9 Ba	4960 Aa	5340 ABa	3460 Aa	4060 Aa
MÉDIA	38,0 A	35,6 B	5093 A	4142 B	3400 A	3189 A

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não apresentam diferença significativa entre si (Tukey $\leq 0,05$).

Referente aos teores de nitrato na seiva do pecíolo, os menores valores foram obtidos com as cultivares Madalena sobre o porta-enxerto ‘IAC 766’ e com a cultivar Isabel enxertada no porta-enxerto ‘Ripária do Traviú’.

Não se verificou efeito das cultivares copa e porta-enxerto para o teor de potássio na seiva do pecíolo. Notou-se que, considerando-se a média do IRC e do teor de nitrato

na seiva do pecíolo, as cultivares copa apresentaram maiores valores quando enxertadas sobre o porta-enxerto IAC 766. Infere-se que, as variações encontradas devem-se a absorção de nutrientes diferencial proporcionada pelo porta-enxerto.

CONCLUSÕES

Evidenciou-se a variações no comportamento nutricional das doze variedades de uvas para vinho em função do porta-enxerto e a importância no manejo nutricional para a videira.

Demais estudos são necessários relacionados às variedades avaliadas neste projeto de pesquisa, sendo de grande importância à avaliação dos aspectos de produção, qualidade do cacho, fenologia e dos aspectos nutricionais da videira.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro ao projeto (Processo nº 2011/03440-6).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade de pesquisa (processo n 307377/2021-0).

REFERÊNCIAS

1. Carbonneau, A.; Deloire, A.; Jaillard, B. La vigne. Physiologie, terroir, culture. 2 ed. Paris: Dunod; 2007.
2. Galaz B, Regina M de A, Câmara FM de M, de Luca OF. Histórico e situação atual da produção de vinhos de inverno no Brasil. Informe Agropecuário. Vinhos de colheita de inverno. 2020; 40:312:7-13
3. Mello LMR de, Machado CAE. Vitivinicultura brasileira: panorama 2021 [Internet]. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho. 2022; 17. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1149674>
4. Miele A, Rizzon LA, Giovannini E. Efeito do porta-enxerto no teor de nutrientes em tecidos da videira 'Cabernet Sauvignon' [Internet]. Rev. Bras. Frutic., 31:1141–1149, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/LKpWc56LCH7chNFVFGct6Yw/>
5. Miele A, Rizzon LA. Rootstock-scion interaction: 1. effect on the yield components of cabernet sauvignon grapevine [Internet]. Rev. Bras. Frutic., v. 39, n. 1:(e-820), 2017. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbf/a/x8rBRL7NnhKgD9wqK3W4P8P/?format=html&lang=en>

6. Pereira GE, Tonietto J, Zanus MC, Santos HP dos, Protas JF da S, Mello LMR, de. Vinhos no Brasil: contrastes na geografia e no manejo das videiras nas três viticulturas do país [Internet]. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, dez. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1128174/vinhos-no-brasil-contrastes-na-geografia-e-no-manejo-das-videiras-nas-tres-viticulturas-do-pais>
7. de Souza CR, Câmara FM de M, Hernandez JH, da Mota RV, Brant LAC, Regina M de A. Porta-enxertos e cultivares para produção de vinhos de inverno. Informe Agropecuário. Vinhos de colheita de inverno. 2020; 41:312:28-39
8. Stefanello LO, Schwalbert RA, Ciotta MN, Tassinari A, Kulmann MS de S, Eckhardt DP, Gabbardo M, Schumacher RL, Costa VB, da Cunha WM, de Melo GWB, Brunetto G, Calagem, adubação e estado nutricional em videira [Internet]. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR; 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1144654>
9. Tecchio MA, Paioli-Pires EJ, Terra MM, Teixeira LAJ, Leonel, S. Características físicas e acúmulo de nutrientes pelos cachos de 'Niagara Rosada' em vinhedos na região de Jundiaí [Internet].2007;29:621-625. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/Ys5HW5p8h5WvmQgmgb6KDTf/?lang=pt>
10. Tecchio MA, Teixeira LAJ, Terra MM, Moura MF, Pires-Paioli EJ. Extração de nutrientes pela videira “niagara rosada” enxertada em diferentes porta-enxertos [Internet]. Rev. Bras. Frutic. 2011; 33:736–742. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/L9kCmThbcr8QsSnyhSjfqDw/>
11. Verdenal T, Zufferey V, Reynard JS, Spring JL, Nitrogen nutrition status of the vine: correlation between N-tester and SPAD chlorophyll indices [Internet]. IVES Tec Re, vine and wine. 2023. Disponível em: <https://ives-technicalreviews.eu/article/view/7649#>
12. Wurz D, Brighenti A, de Bem B, Allebrandt R, Rufato L. Teor de clorofila em folhas de videira ‘Cabernet Franc’ em função do aumento da carga de gemas [Internet].Scientia vitae. 2021 [acesso em out 2023]; 12.:17-22. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355048191_Teor_de_clorofila_em_folhas_de_videira_'Cabernet_Franc'_em_funcao_do_aumento_da_carga_de_gemas

Capítulo 02

DOI: 10.53934/IIICBPAV-02

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE MACIEIRA MAXI GALA FERTIRRIGADA COM EXTRATO DE ALGAS PHYCOTERRA®, CULTIVADAS EM PAINEL-SC

Bruno Pirolli¹ ; Euvaldo de Sousa Costa Junior² ; Jenilton Gomes da Cunha³ ; Norton Machado⁴ 

¹Mestre em Produção Vegetal – CAV – UDESC; E-mail: bpirolli@hotmail.com; ²Estudante do Curso de Doutorado em Ciência do Solo – CAV – UDESC; E-mail: euvaldodesousacosta@hotmail.com; ³Estudante do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias – *Campus* Profa Cinobelina Elvas – UFPI, e-mail: ⁴Estudante do Curso de Doutorado em Ciência do Solo – CAV – UDESC; E-mail: norton.machado@gmail.com

Resumo: Devido à crescente demanda no consumo de maçã e exigência por parte do mercado consumidor, desenvolver estratégias que capazes de promover aumento de produtividade e consequente qualidade dos frutos, são particularmente necessárias. Sendo assim, produtos à base de extrato de algas parecem ser promissores. Objetivou-se om o presente estudo avaliar a produtividade e qualidade de frutos da cultivar de macieira Maxi Gala submetida a doses do extrato de micro-algas PhycoTerra®, cultivada em Painel-SC. O experimento foi realizado durante o ciclo produtivo de 2021/2022, no pomar da empresa Hiragami's Fruit (Fazenda Pinheiros Altos), localizada no município de Painel-SC. Os tratamentos foram testemunha (sem utilização de Phycoterra) e extrato de algas da espécie *Chrolorella* sp. (PhycoTerra® na dose de 2,5 L/Ha) para a cultivar de macieira Maxi Gala. Avaliou-se variáveis de qualidade e produção. Os resultados mostram que o número de frutos, peso médio dos frutos, cor, sólidos solúveis e iodo-amido responderam positivamente a aplicação de PhycoTerra®. Além disso, foi possível observar a maior percentagem de frutos categorizados como “EXTRA” que são frutos de maior qualidade. O extrato de microalgas PhycoTerra® pode ser recomendado para a cultivar de macieira Maxi Gala, uma vez que proporcionou a esta cultivar maior produtividade e qualidade de frutos.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh; maçã; microalga; sólidos solúveis

Abstract: *Due to the increasing demand for apple consumption and market consumer requirements, developing strategies capable of promoting increased productivity and consequent fruit quality is particularly necessary. Therefore, products based on seaweed extract appear to be promising. The present study aimed to evaluate the productivity and quality of Maxi Gala apple cultivar fruits subjected to doses of the microalgae extract PhycoTerra®, grown in Painel, SC. The experiment was carried out during the productive cycle of 2021/2022 in the orchard*

of Hiragami's Fruit company (Pinheiros Altos Farm), located in the municipality of Painei, SC. The treatments included a control group (without the use of Phycoterra) and algae extract from the Chlorella sp. species (PhycoTerra® at a dose of 2.5 L/ha) for the Gala apple cultivar. Parameters assessed included the number of fruits per plant, pulp firmness, total soluble solids content, average fruit diameter and length, weight, category, and Iodine-Starch maturity index. The results showed that the number of fruits, average fruit weight, color, soluble solids, and iodine-starch index responded positively to the application of PhycoTerra®. Furthermore, it was possible to observe a higher percentage of fruits categorized as "EXTRA," which are higher quality fruits. The microalgae extract PhycoTerra® can be recommended for the Maxi Gala apple cultivar, as it provided increased productivity and fruit quality for this cultivar.

Key Word: *Malus domestica* Borkh; apple; microalgae; soluble solids

INTRODUÇÃO

A maçã é a fruta de clima temperado de maior dispersão, comercialização e consumo como fruta fresca no mundo, sendo a quarta frutífera mais produzida, ficando atrás somente dos citros, uva e banana(1). A valorização da maçã é refletida pelos benefícios que ela proporciona a saúde, além de ser, atraente, aromática e saborosa e existirem diferentes cultivares, agradando a diferentes paladares.

Atualmente, a produção nacional de maçãs está concentrada nos estados do Sul do Brasil (2). A cultura da macieira tem-se expandido para outras regiões de cultivo de frutas de clima temperado, porém, as três regiões mais frias do sul do Brasil continuam sendo as áreas de maior concentração do cultivo. No ano de 1998 o Brasil passou a ser autossuficiente na cultura, passando de um país importador a exportador de maçã, sendo considerado um momento de grande importância para o país (3).

O aumento na produtividade e qualidade dos frutos produzidos está diretamente ligada às técnicas utilizadas no ciclo da cultura. Diversos manejos são utilizados para se alcançar frutos de ótima qualidade, sendo que isso tem se intensificado com o passar dos anos, haja vista que foram sendo implementados meios que favoreçam a isso. Dentre esses, a utilização de extratos a base de algas tem se destacado, uma vez que são alternativa viável do ponto de vista econômico e ambiental. Esses compostos têm na sua composição aminoácidos, nutrientes, vitaminas, devido a sua composição, concentração e proporção de substâncias, pode incrementar o crescimento e desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, além de aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas(4). Sendo assim, objetiva-se avaliar a produtividade e qualidade de frutos da cultivar de macieira Maxi Gala submetida a doses do extrato de micro-algas PhycoTerra®, cultivada em Painei-SC.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de realização do experimento

O experimento foi realizado durante o ciclo produtivo de 2021/2022, no pomar da empresa Hiragami's Fruit (Fazenda Pinheiros Altos), localizada no município de Painel-SC (27°59'50.64"S, 50° 7'58.97"O e 1144 m de altitude). Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Cfb temperado úmido com verões amenos.

Tratamentos e Delineamento Experimental

Realizou-se os seguintes tratamentos: testemunha (sem utilização de Phycoterra) e extrato de algas da espécie *Chrolorella* sp. (PhycoTerra® na dose de 2,5 L/Ha) para cultivar de macieira Gala. O produto foi aplicado via fertirrigação em 4 aplicações, iniciando-se na floração e seguindo até a fase em que os frutos estavam com 5 mm de diâmetro. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com dez blocos, cada bloco constituído de 2 plantas, totalizando vinte parcelas.

Avaliações físicas e químicas

No momento da colheita na cultura da maçã, foram realizadas as avaliações do tamanho da brindila e número de frutos/planta. Para avaliação de altura, diâmetro, peso, categoria, firmeza, teor de sólidos solúveis e amido dos frutos foram coletados 20 frutos por bloco, totalizando 200 frutos por dose para cada cultivar.

Para avaliação do tamanho das brindilas, em centímetros, utilizou-se uma fita métrica, a partir do ponto de inserção desta com o ramo da planta até o ápice meristemático. O número de frutos por planta (und) foi obtido através da contagem de todos os frutos de cada planta.

Uma amostra de 20 frutos por bloco de cada tratamento foi coletada para realização de análises dos parâmetros de qualidade, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis totais, diâmetro médio e comprimento médio dos frutos, peso, categoria e índice de maturação Iodo-Amido. Sendo que para o diâmetro e comprimento dos frutos, os mesmos foram colocados lado a lado, em uma calha de madeira em forma de "L", graduada em cm, possibilitando medir o diâmetro de dez maçãs e assim dividindo este valor pelo número total de frutas se obteve o diâmetro médio unitário em centímetros (cm). Para o comprimento foi feito o mesmo procedimento na régua, porém com os frutos dispostos com o sentido cálice-pedúnculo na horizontal a mesma régua.

Para realização do peso médio dos frutos, foi utilizada uma balança digital, sendo dado em quilogramas (kg). Os frutos foram categorizados em EXTRA, CAT 1, CAT 2, CAT 3, através de verificação de tamanho, cor e defeitos encontrados nos frutos.

A firmeza de polpa foi mensurada em Newtons (N) utilizando um penetrômetro analógico manual, com uma ponteira de 11mm. Foi retirada com auxílio de um "peeler" a camada superficial da epiderme do fruto e mensurado na zona equatorial dos dois lados dos frutos.

Para análise de sólidos solúveis totais (SST) o suco extraído de duas fatias de tamanhos semelhantes de cada fruto foi mensurado com auxílio de um refratômetro

digital para açúcar modelo ITREFD-4, foi mensurado o teor de sólidos solúveis (SST), sendo os resultados expressos em °Brix. A concentração de sólidos solúveis (° Brix) foi determinada com refratômetro portátil digital de bancada, modelo RTD-45, marca Digital Refractometer, com correção de temperatura para 20 °C.

Para o índice de maturação Iodo-Amido aplicou-se a solução de iodeto de potássio em uma fatia da região equatorial dos frutos, utilizando uma escala de 1 a 9, onde 1 e 9 representam a mínima e a máxima degradação de amido, respectivamente, realizou-se a análise visual.

Análise dos dados

Os resultados foram submetidos à análise conjunta de variâncias para diagnóstico de efeitos significativos entre os diferentes tratamentos pelo teste “F” e pelo teste de Tukey para comparação das médias realizadas no programa computacional ASSISTAT versão 7.7 beta pt(5). Além disso, foi realizada percentagem de frutos de cada tratamento para algumas variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada diferença estatística ao nível de $p < 0,05$ de probabilidade, pelo teste F, para as variáveis, sólido solúveis, comprimento médio de frutos e peso médio de frutos. Em relação ao número de frutos, o tratamento com PhycoTerra® em macieira cultivar Gala, foi superior a testemunha em que as plantas daquele tratamento produziram 10 frutos a mais (Fig.1A). Quanto ao diâmetro de frutos desta mesma cultivar, no tratamento testemunha a circunferência dos frutos foi maior, em torno de 0,4 cm (Fig.1B). Na variável peso médio de frutos quando aplicado o PhycoTerra®, ocorreu incremento no peso dos frutos, sendo 13,5 g para a cultivar Gala (Fig. 1C). Em relação ao comprimento médio de frutos, houve diferença na gala, em que os frutos da cultivar desta cultivar submetidos ao tratamento com PhycoTerra® apresentaram 0,2 cm a mais em relação a testemunha, (Fig. 1D). O aumento da produtividade com aplicação da microalga pode estar relacionado a presença do fitohormônio citocinina, que segundo(6), apresenta o papel de proliferação celular, desenvolvimento vascular, redução da senescência, dominância apical e mobilização de nutrientes para os frutos o que favorece o aumento na massa do fruto.

Tabela 1. Resultado da análise de variância para número de frutos por plantas (NFP, und), comprimento de brindila (CB, cm), firmeza de polpa (FP, N), teor de sólidos solúveis totais (° Brix), diâmetro de frutos (DM, cm) e comprimento médio de frutos (CMF, cm), peso de frutos (PMF, g); média das avaliações de categoria (EXTRA, CAT1, CAT2, CAT3, %), cor do fruto (CF 0-20, CF 21-40, CF 41-60, CF 61-80, CF 81-100, %), índice de maturação Iodo-Amido (IMIA 1, IMIA 2, IMIA 3, IMIA 4, IMIA 5, IMIA 6, IMIA 7, IMIA 8, IMIA 9, %), calibre de frutos (CAL 90, CAL 100, CAL 110, CAL 120, CAL 135, CAL 150, CAL <150, mm) de frutos de macieira Gala submetida a doses de PhycoTerra®.

Fonte de variação	NFP	CB	FP	° Brix	DMF	CMF	PMF		
Doses de PhycoTerra	28.12 **	2.77 *	3.44 *	0.10 *	7.63 **	11.68 **	20.40 **		
0 L/ha	80,6 a	24,0 a	61,2 a	11,9 b	7,4 a	6,1 b	174,5 b		
2,5 L/ha	86,2 a	20,4 a	61,2 a	13,1 a	7,6 a	6,4 a	190,0 a		
CV	13,75	11,78	7,17	6,01	3,48	3,99	7,48		
Cultivar Gala	EXTRA		CAT 1		CAT 2		CAT 3		
0 L/ha	0,0		11,0		26,0		63,0		
2,5 L/ha	2,0		23,0		45,0		30,0		
Cultivar Gala	CF 0-20		CF 21-40		CF 41-60		CF 61-80		CF 81-100
0 L/ha	13,0		26,0		25,0		24,0		12,0
2,5 L/ha	16,0		17,0		22,0		25,0		20,0
Cultivar Gala	IMIA 1	IMIA 2	IMIA 3	IMIA 4	IMIA 5	IMIA 6	IMIA 7	IMIA 8	IMIA 9
0 L/ha	2,0	2,0	6,0	10,0	16,0	12,0	22,0	22,0	8,0
2,5 L/ha	0,0	0,0	0,0	4,0	10,0	18,0	18,0	34,0	16,0
Cultivar Gala	CAL > 90	CAL 90	CAL 100	CAL 110	CAL 120	CAL 135	CAL 150	CAL <150	
0 L/ha	0,0	0,0	2,0	8,0	23,0	21,0	22,0	24,0	
2,5 L/ha	0,0	0,0	5,0	10,0	40,0	24,0	17,0	4,0	

Fonte: os autores; CV (%) - coeficiente de variação; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ***médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si.

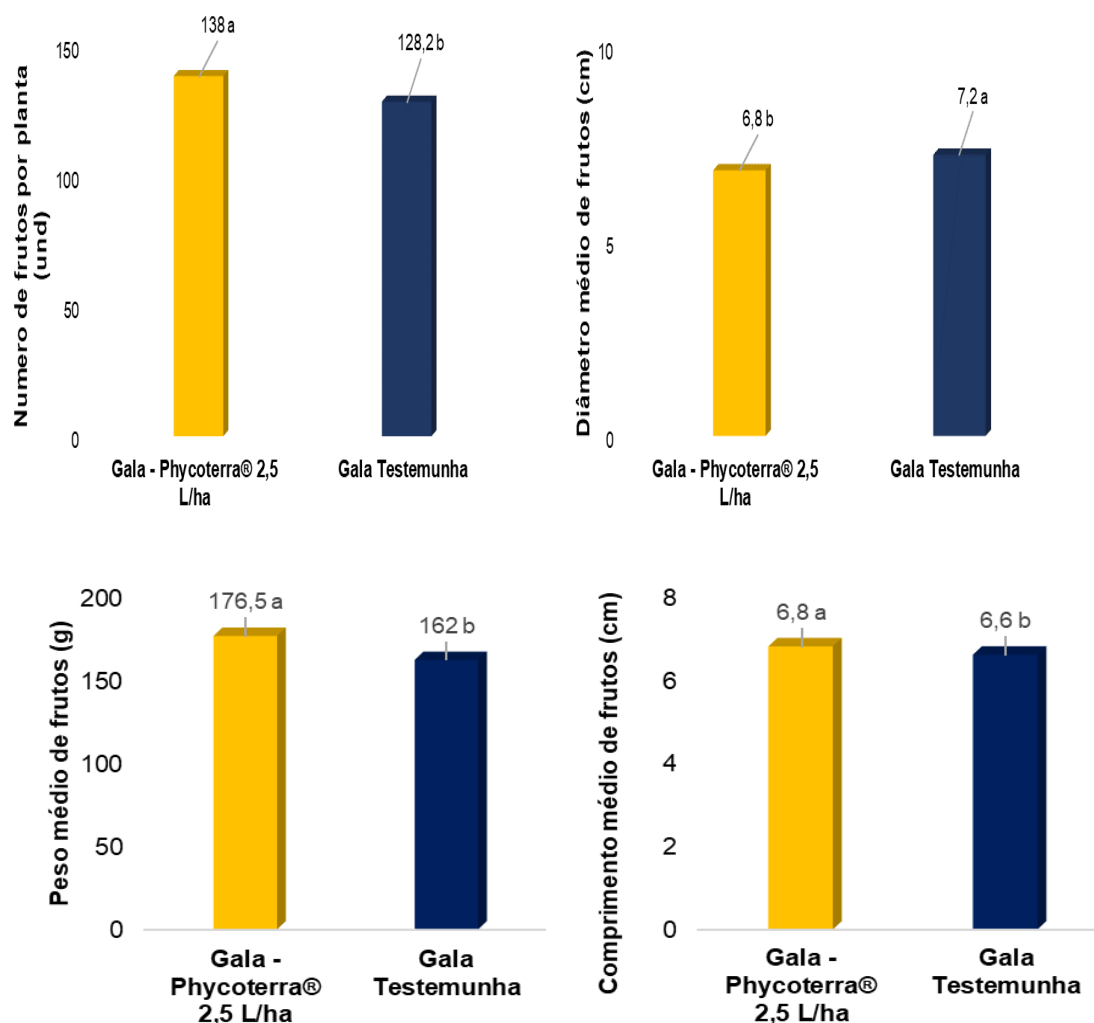


Figura 1. Número de frutos/planta em unidades (A), diâmetro médio de frutos (cm) (B), peso médio de frutos (g) (C) e comprimento médio de frutos (cm) (D) de macieira maxi gala submetida a fertirrigação com e sem Phycoterra®. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si na cultivar.

Em relação a coloração dos frutos, na cultivar Gala a porcentagem de frutos com a coloração na faixa de 0-20 foi menor no tratamento com Phycoterra. Em oposição a esses resultados, na faixa de coloração de 80-100%, a aplicação do Phycoterra proporcionou maior porcentagem de frutos, sendo 1% a mais para a Gala (Fig.2). Esse aumento na coloração está relacionado a modulação do metabolismo pelos reguladores de crescimento, endógeno das plantas, principalmente ácido abscísico e citocininas obtidos com a aplicação do extrato de algas, levando a indução da biossíntese de antocianina e seu acúmulo na casca do fruto(7).

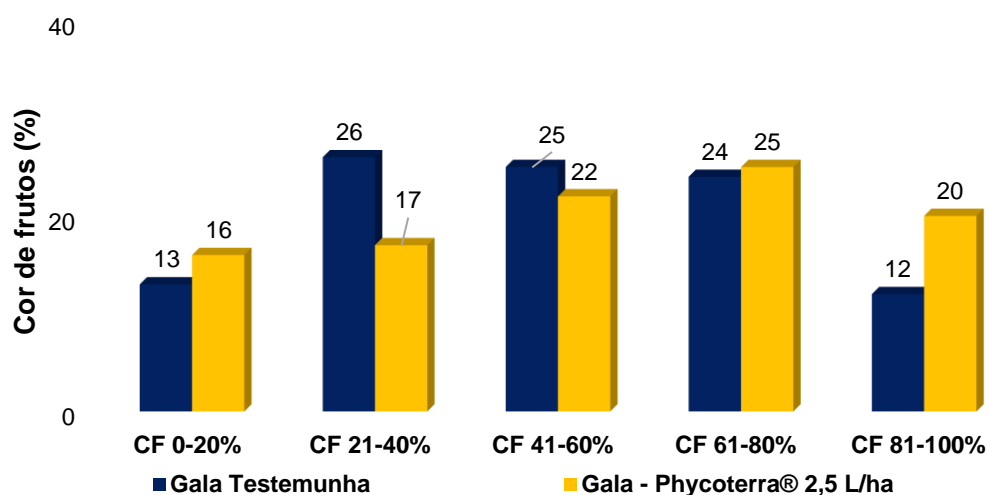


Figura 2. Cor de frutos da cultivar Maxi Gala submetida a fertirrigação com e sem Phycoterra®. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nos parâmetros de cor apresentados.

Para a variável sólidos solúveis, foi observada diferença estatística entre os tratamentos, sendo no tratamento Phycoterra o °Brix foi 0,4 graus a mais que no tratamento testemunha (Fig.2A). O aumento nos teores de sólidos solúveis em frutos provenientes de plantas tratadas com extrato de algas, está relacionado ao aumento da capacidade fotossintética possibilitada pela adição do extrato, uma vez que este possibilita o aumento do conteúdo de proteínas, clorofila e carotenóides e atividades enzimáticas nas folhas(8). Segundo(9), durante o desenvolvimento dos frutos os carboidratos oriundos do processo fotossintético são utilizados para síntese de amido (reserva) e para síntese de substâncias pécicas (estrutura). Com o início da maturação ocorre a hidrólise de carboidratos complexos como amido e pectinas, levando ao acúmulo de açúcares solúveis como sacarose, glicose e frutose, carboidratos responsáveis pelo Brix em maçãs.

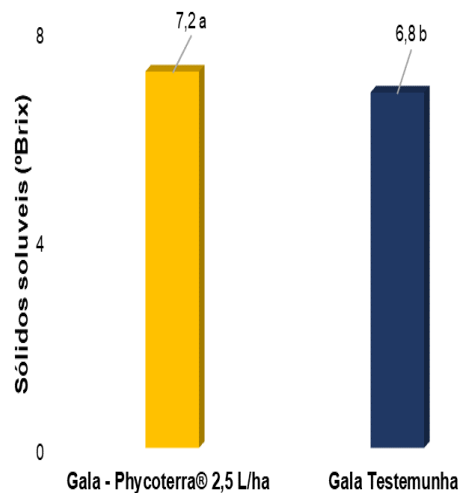


Figura 3. Sólidos solúveis totais (°Brix) de frutos da cultivar Maxi Gala submetida a fertirrigação com e sem Phycoterra®. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si na cultivar.

Em relação ao índice de maturação iodo-amido, o qual é avaliado utilizando-se uma escala de 1 a 9, na qual o índice 1 (secção transversal da polpa corada pelo complexo iodo-amido o qual indica alto teor de amido e fruto imaturo, e o índice 9 que também é a secção transversal da polpa não corada pelo complexo iodo-amido, indica teor de amido próximo a zero e fruto maduro), observa-se que para as duas cultivares a percentagem de frutos om maior índice de maturação foram os do tratamento com Phycoterra (Fig.4).

No que diz respeito a categorização dos frutos, a maior percentagem de frutos categorizados como “EXTRA” que são frutos de maior qualidade, foram os do tratamento Phycoterra®, enquanto para CAT3 que é a categoria que classifica os frutos de menor qualidade, o tratamento testemunha apresentou 33% mais frutos nessa categoria que o tratamento Phycoterra (Fig.4). No que diz respeito ao calibre de frutos, houve incremento na quantidade de frutos de calibre 100 mm e 110 mm (Fig.4).

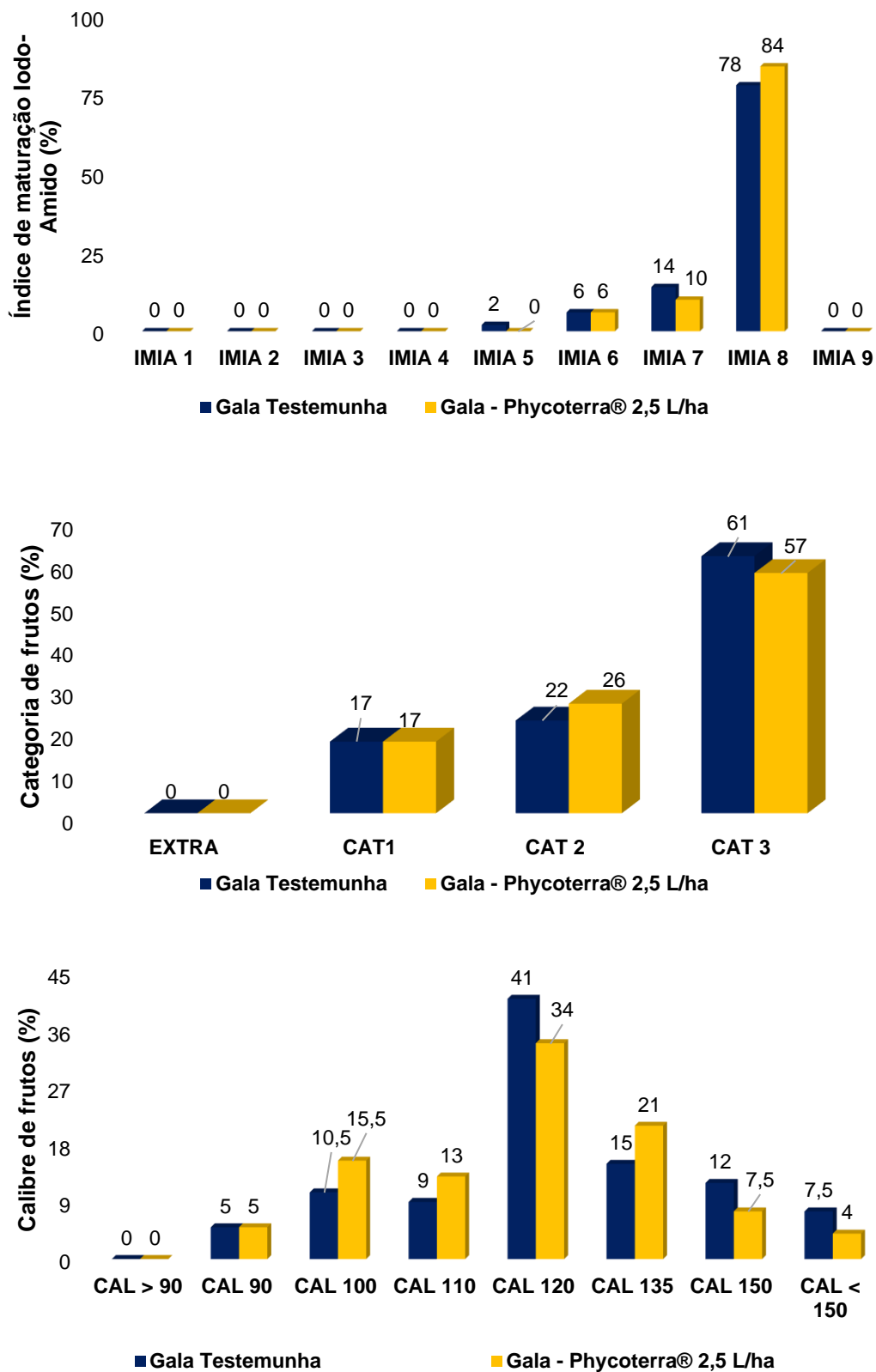


Figura 4. Índice de maturação iodo-amido, categorização e calibre de frutos da cultivar Maxi Gala submetida a fertirrigação com e sem Phycoterra®.

CONCLUSÕES

O extrato de microalgas PhycoTerra® pode ser recomendado para a cultivar de macieira Maxi Gala, uma vez que proporcionou a esta cultivar maior produtividade e qualidade de frutos.

REFERÊNCIAS

1. Furlan CRC, Dantas AC de M, Denardi F, Becker WF, Mantovani A. Resistência genética dos acessos do banco de germoplasma de macieira da epagri à mancha foliar de glomerella (*Colletotrichum gloeosporioides*). Rev Bras Frutic. 2010 Jun;32(2):507–14.
2. Sachini R, Leonardo Fenili C, Lucia Vieira Scapin V, Schweitzer B, Schlichting Martin M DE, André Steffens C. COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE MAÇÃS DAS CULTIVARES KINKAS E BARONESA. Congrega Urcamp. 2018;15:15.
3. Petri JL, Leite GB, Couto M, Francescato P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. Rev Bras Frutic. 2011 Oct;33(spe1):48–56.
4. Miranda JBF de, Matias SSR, Borges IV, Ferreira MD de S, Silva TF da, Costa Junior EDS. Mudanças de maracujazeiro amarelo produzidas com bioestimulante a base de algas marinhas. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. 2019 Mar 19;14(2):354–8.
5. Francisco de AS e S, Carlos AV de A. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr J Agric Res. 2016 Sep 29;11(39):3733–40.
6. Taiz L, Zeiger Ian Max Møller E, Murphy A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal - 6ª Edição.
7. Soppelsa S, Kelderer M, Casera C, Bassi M, Robatscher P, Andreotti C. Use of Biostimulants for Organic Apple Production: Effects on Tree Growth, Yield, and Fruit Quality at Harvest and During Storage. Front Plant Sci. 2018 Sep 20;9.
8. Puglisi I, Barone V, Sidella S, Coppa M, Broccanello C, Gennari M, et al. Biostimulant activity of humic-like substances from agro-industrial waste on *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda*. Eur J Phycol. 2018 Jul 3;53(3):433–42.
9. Shangguan L, Song C, Leng X, Kayesh E, Sun X, Fang J. Mining and comparison of the genes encoding the key enzymes involved in sugar biosynthesis in apple, grape, and sweet orange. Sci Hortic. 2014 Jan;165:311–8.

Capítulo 03

DOI: 10.53934/IIICBPAV-03

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE MACIEIRA MAXI GALA FERTIRRIGADA COM EXTRATO DE ALGAS PHYCOTERRA®, CULTIVADAS EM VACARIA-RS

Euvaldo de Sousa Costa Junior^{1*} ; Bruno Pirolli² ; Jenilton Gomes da Cunha³ ; Norton Machado⁴ 

¹Estudante do Curso de Doutorado em Ciência do Solo – CAV – UDESC, E-mail: euvaldodesousacosta@hotmail.com; ²Mestre em Produção Vegetal – CAV – UDESC, E-mail: bpirelli@hotmail.com; ³Estudante do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias – Campus Profa Cinobelina Elvas – UFPI, e-mail: ; ⁴Estudante do Curso de Doutorado em Ciência do Solo – CAV – UDESC; E-mail: norton.machado@gmail.com

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: euvaldodesousacosta@hotmail.com

Resumo: A maçã tem papel socioeconômico importante para o país e devido à crescente demanda no consumo e exigência por parte do mercado consumidor, e nesse sentido, é importante desenvolver estratégias que são capazes de promover aumento de produtividade e consequente qualidade dos frutos. Sendo assim, o uso de extrato de algas é uma estratégia alternativa sustentável para melhorar a produtividade das culturas e evitar a poluição ambiental. O presente estudo objetivou avaliar a produtividade e qualidade de frutos da cultivar de macieira Maxi Gala submetida a doses do extrato de microalgas PhycoTerra®, cultivada em Vacaria-RS. O experimento foi realizado durante o ciclo produtivo de 2021/2022, no pomar da empresa Empresa Rasip (Fazenda Guabiju) localizado no município de Vacaria-RS. Os tratamentos: testemunha (sem utilização de PhycoTerra® e extrato de algas da espécie *Chrolorella* sp. (PhycoTerra® na dose de 2,5 L/Ha) para a cultivar de macieira Gala. Para as variáveis número de frutos, peso médio de fruto, comprimento médio de frutos houve incremento significativo em plantas tratadas com o PhycoTerra. Portanto concluiu-se que o extrato de algas PhycoTerra® aplicado na dose de 2,5 L/Ha, pode ser indicado para a cultura da macieira cultivar Maxi Gala em Vacaria-RS, haja vista que proporcionou uma considerável produção e qualidade frutos em relação a testemunha.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh.; bioestimulantes; qualidade química

Abstract: Apples play an important socioeconomic role in the country, and due to the increasing demand in consumption and market requirements, it is crucial to develop strategies capable of enhancing productivity and the resulting fruit quality. Therefore, the use of algae extract is a sustainable alternative strategy to improve crop productivity and

prevent environmental pollution. This study aimed to assess the productivity and fruit quality of the Maxi Gala apple cultivar subjected to doses of the microalgae extract PhycoTerra®, cultivated in Vacaria-RS. The experiment was conducted during the productive cycle of 2021/2022 in the orchard of the Rasip Company (Guabiju Farm) located in the municipality of Vacaria-RS. The treatments included a control group (without the use of Phycoterra®) and algae extract from the *Chlorella* sp. species (PhycoTerra® at a dose of 2.5 L/Ha) for the Gala apple cultivar. Significant increases were observed in the number of fruits, average fruit weight, and average fruit length for plants treated with PhycoTerra. Therefore, it was concluded that the PhycoTerra® algae extract applied at a dose of 2.5 L/Ha can be recommended for the cultivation of the Maxi Gala apple in Vacaria-RS, as it resulted in a substantial production and fruit quality compared to the control.

Keywords: *Malus domestica* Borkh; biostimulants; chemical quality

INTRODUÇÃO

O Brasil tem se consolidado como um dos maiores produtores mundiais de frutas, atingindo o terceiro lugar em 2021, responsável por 4,5% da oferta global(1). No entanto, com relação às exportações, ocupa um distante 230º lugar, com apenas 1,2% das vendas mundiais(2). Deve-se notar que o país tem um grande potencial de crescimento no setor, devido a boas condições climáticas e hídricas, o que permite uma grande produção de frutas tropicais e subtropicais, inclusive por pequenos e médios produtores.

Dentre as frutas produzidas no Brasil a maçã tem papel socioeconômico importante para o país, uma vez que tem figurado como a décima primeira fruta mais produzida no cenário nacional, alcançando uma produção de aproximadamente 1,2 milhões de toneladas no ano de 2021(3). Esta produção está calcada principalmente sobre as cultivares Gala, Fuji e seus clones, concentrando o pico de produção dos frutos entre os meses de fevereiro e abril(4).

A produção de maçãs é uma atividade fundamental do ponto de vista social, econômico e cultural para a região Sul do Brasil. A área produtora dessa fruta no país está concentrada na região Sul, principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As cidades polo da produção nacional são Vacaria no Rio Grande do Sul, São Joaquim e Fraiburgo em Santa Catarina e Palmas no estado do Paraná, sendo esta uma das principais atividades econômicas destas regiões(5). A valorização da maçã é refletida pelos benefícios que ela proporciona a saúde, além de ser, atraente, aromática e saborosa e existirem diferentes cultivares, agradando a diferentes paladares.

A cultura da macieira possui um elevado potencial produtivo, todavia para que isso seja alcançado é necessária implementação de técnicas e métodos que favoreçam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Dentre as tecnologias em alta para esse fim,

está a utilização de tecnologias com base em recursos biológicos, incluindo bioestimulantes de plantas, os quais tem provado serem métodos eficazes para melhorar o desempenho das culturas. Para que essas tecnologias sejam consideradas eficazes, elas não podem apenas modificar os processos fisiológicos para otimizar a produtividade nas safras(6), mas devem aumentar a absorção de nutrientes, o que, em última análise, otimiza o consumo de fertilizantes e a eficiência do uso(7).

Assim, o uso de bioestimulantes de plantas é uma estratégia alternativa sustentável para melhorar a produtividade das culturas e evitar a poluição ambiental. Um bioestimulante de planta não é um "fertilizante" no verdadeiro sentido, porque sua função e papel no crescimento da planta são independentes de seu conteúdo de nutrientes ((8), mas é um material composto de substância (s) e / ou microorganismos que estimulam processos naturais nas plantas, levando a um maior crescimento das plantas, eficiência no uso de nutrientes, tolerância contra estresses abióticos e / ou qualidade da cultura(9). Nesse contexto, objetiva-se avaliar a produtividade e qualidade de frutos da cultivar de macieira Maxi Gala submetida a doses do extrato de micro-algas Phycoterra®, cultivada em Vacaria-RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de realização do experimento

O experimento foi realizado durante o ciclo produtivo de 2021/2022, no pomar da empresa Empresa Rasip (Fazenda Guabiju) localizado no município de Vacaria-RS (28°28'10.96"S, 50°53'28.10"O e 971 m de altitude). Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Cfb temperado úmido com verões amenos. Os dados climáticos referentes à temperatura, umidade relativa do ar e precipitação médias são 10,0 °C, 81,4 % e 158,2 mm(10).

Tratamentos e Delineamento Experimental

Realizou-se os seguintes tratamentos: testemunha (sem utilização de Phycoterra) e extrato de algas da espécie *Chrorella* sp. (Phycoterra® na dose de 2,5 L/Ha) para a cultivar de macieira Gala. O produto foi aplicado via fertirrigação em 4 aplicações, iniciando-se na floração e seguindo até a fase em que os frutos estavam com 5 mm de diâmetro. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com dez blocos, cada bloco constituído de 2 plantas, totalizando vinte parcelas.

Avaliações físicas e químicas

No momento da colheita na cultura da maçã, foram realizadas as avaliações do tamanho da brindila e número de frutos/planta. Para avaliação de altura, diâmetro, peso, categoria, firmeza, teor de sólidos solúveis e amido dos frutos foram coletados 20 frutos por bloco, totalizando 200 frutos por dose para cada cultivar.

Para avaliação do tamanho das brindilas, em centímetros, utilizou-se uma fita métrica, a partir do ponto de inserção desta com o ramo da planta até o ápice meristemático. O número de frutos por planta (und) foi obtido através da contagem de todos os frutos de cada planta.

Uma amostra de 20 frutos por bloco de cada tratamento foi coletada para realização de análises dos parâmetros de qualidade, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis totais, diâmetro médio e comprimento médio dos frutos, peso, categoria e índice de maturação Iodo-Amido. Sendo que para o diâmetro e comprimento dos frutos, os mesmos foram colocados lado a lado, em uma calha de madeira em forma de “L”, graduada em cm, possibilitando medir o diâmetro de dez maçãs e assim dividindo este valor pelo número total de frutas se obteve o diâmetro médio unitário em centímetros (cm). Para o comprimento foi feito o mesmo procedimento na régua, porém com os frutos dispostos com o sentido cálice-pedúnculo na horizontal a mesma régua.

Para realização do peso médio dos frutos, foi utilizada uma balança digital, sendo dado em quilogramas (kg). Os frutos foram categorizados em EXTRA, CAT 1, CAT 2, CAT 3, através de verificação de tamanho, cor e defeitos encontrados nos frutos.

A firmeza de polpa foi mensurada em Newtons (N) utilizando um penetrômetro analógico manual, com uma ponteira de 11mm. Foi retirada com auxílio de um “peeler” a camada superficial da epiderme do fruto e mensurado na zona equatorial dos dois lados dos frutos.

Para análise de sólidos solúveis totais (SST) o suco extraído de duas fatias de tamanhos semelhantes de cada fruto foi mensurado com auxílio de um refratômetro digital para açúcar modelo ITREFD-4, foi mensurado o teor de sólidos solúveis (SST), sendo os resultados expressos em °Brix. A concentração de sólidos solúveis (° Brix) foi determinada com refratômetro portátil digital de bancada, modelo RTD-45, marca Digital Refractometer, com correção de temperatura para 20 °C.

Para o índice de maturação Iodo-Amido aplicou-se a solução de iodeto de potássio em uma fatia da região equatorial dos frutos, utilizando uma escala de 1 a 9, onde 1 e 9 representam a mínima e a máxima degradação de amido, respectivamente, realizou-se a análise visual.

Análise dos dados

Os resultados foram submetidos à análise conjunta de variâncias para diagnóstico de efeitos significativos entre os diferentes tratamentos pelo teste “F” e pelo teste de Tukey para comparação das médias realizadas no programa computacional ASSISTAT versão 7.7 beta pt(11). Além disso, foi realizada percentagem de frutos de cada tratamento para algumas variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao número de frutos observou-se o incremento significativo na quantidade de frutos em plantas tratadas com o PhycoTerra®, nas quais foram contabilizados 125,6 frutos, enquanto, nas plantas não tratadas foram contados 108,2 frutos por planta (Fig.1). Quanto ao peso médio de fruto observou-se aumento significativo de 13,8% nas plantas tratadas com PhycoTerra® em relação à testemunha. O peso médio dos frutos colhidos em plantas fertirrigadas com PhycoTerra® foi de 131,5

gramas por fruto e, nas sem tratamento com o produto foi de 128,0 gramas por fruto (Fig.1). No que diz respeito comprimento médio de frutos, observou-se que os frutos de plantas tratadas com PhycoTerra eram 0,2 cm maiores que os frutos de plantas não tratadas. Para a firmeza de polpa os frutos de plantas tratadas com PhycoTerra tiveram uma maturação mais precoce (Fig.1).

O incremento no número, peso e tamanho de frutos pode estar associado a substâncias hormonais presentes no extrato, principalmente as citocininas, a qual estimula a divisão celular e aumenta a mobilização de nutrientes para os frutos(12). Além disso, a atividade das algas no solo favorecendo a retenção de água de pelo solo pode proporcionar a manutenção da turgescência das células nos frutos gerando melhor qualidade. Enquanto a firmeza da polpa representa um índice válido para determinar o grau de maturação dos frutos, a fim de monitorar o estágio de maturação do fruto na colheita e na pós-colheita.

Tabela 2. Resultado da análise de variância para número de frutos por plantas (NFP, und), comprimento de brindila (CB, cm), firmeza de polpa (FP, N), teor de sólidos solúveis totais (° Brix), diâmetro de frutos (DM, cm) e comprimento médio de frutos (CMF, cm), peso de frutos (PMF, g); média das avaliações de categoria (EXTRA, CAT1, CAT2, CAT3, %), cor do fruto (CF 0-20, CF 21-40, CF 41-60, CF 61-80, CF 81-100, %), índice de maturação Iodo-Amido (IMIA 1, IMIA 2, IMIA 3, IMIA 4, IMIA 5, IMIA 6, IMIA 7, IMIA 8, IMIA 9, %), calibre de frutos (CAL 90, CAL 100, CAL 110, CAL 120, CAL 135, CAL 150, CAL <150, mm) de frutos de macieira Gala submetida a doses de PhycoTerra®.

Fonte de variação	NFP	CB	FP	° Brix	DM	CMF	PMF		
Doses de PhycoTerra	28.12 **	2.77 *	3.44 *	0.10 *	7.63 **	11.68 **	20.40 **		
0 L/ha	108,2 b	21,5 a	62,5 a	11,6 a	6,6 a	5,95 b	128,0 b		
2,5 L/ha	125,6 a	23,9 a	58,6 b	11,7 a	6,6 a	6,15 a	131,5 a		
CV	13,75	11,78	7,17	6,01	3,48	3,99	7,98		
Cultivar Gala	EXTRA	CAT 1	CAT 2	CAT 3					
0 L/ha	0,0	0,0	15,0	85,0					
2,5 L/ha	0,0	0,0	21,0	79,0					
Cultivar Gala	CF 0-20	CF 21-40	CF 41-60	CF 61-80	CF 81-100				
0 L/ha	25,0	62,0	16,0	0,0	0,0				
2,5 L/ha	30,0	44,0	16,0	11,0	0,0				
Cultivar Gala	IMIA 1	IMIA 2	IMIA 3	IMIA 4	IMIA 5	IMIA 6	IMIA 7	IMIA 8	IMIA 9
0 L/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	94,0	0,0
2,5 L/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
Cultivar Gala	CAL > 90	CAL 90	CAL 100	CAL 110	CAL 120	CAL 135	CAL 150	CAL <150	
0 L/ha	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	18,0	25,0	54,0	

2,5 L/ha	0,0	0,0	0,0	1,0	9,0	19,0	32,0	39,0
----------	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------

Fonte: os autores; CV (%) - coeficiente de variação; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ***médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si.

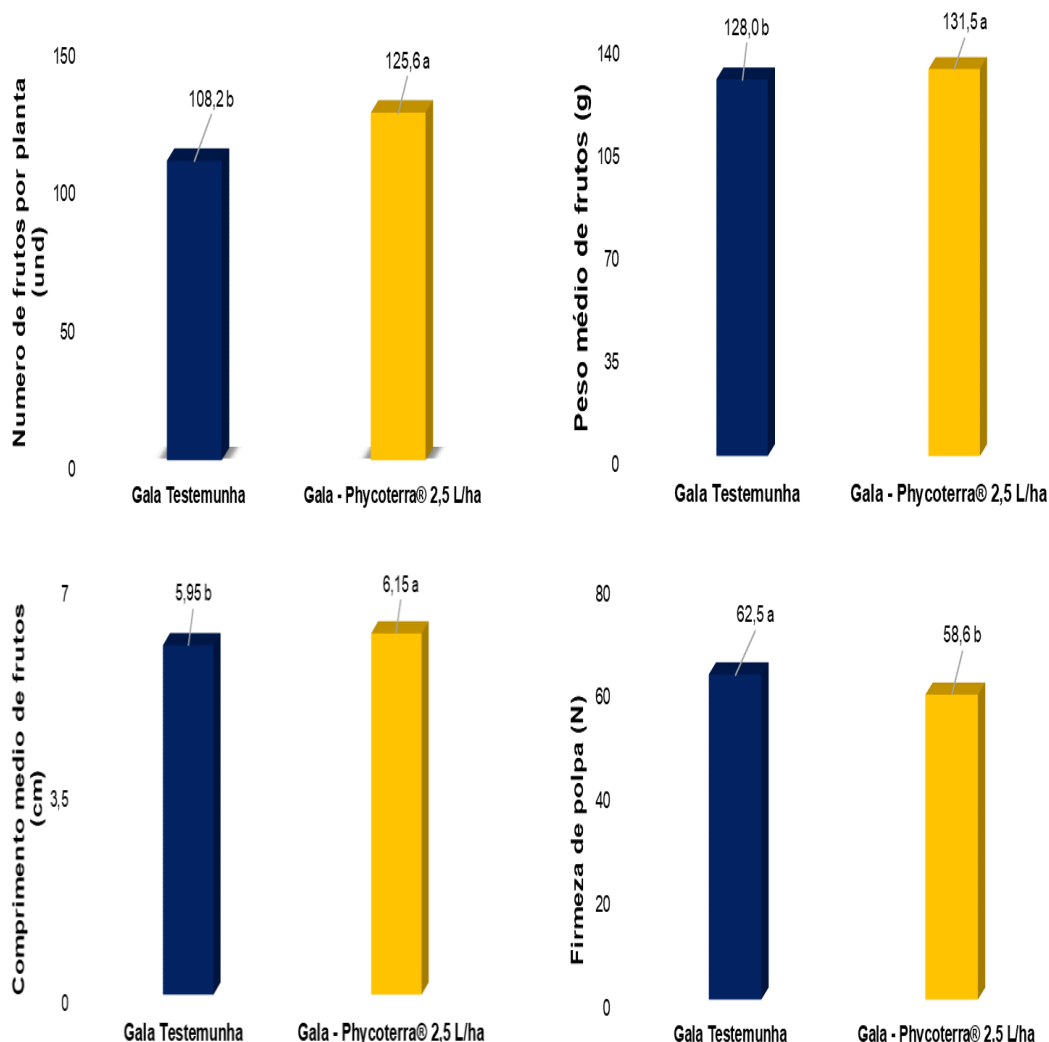


Figura 5. Número de frutos/planta em unidades (A), peso médio de frutos (g) (B) e comprimento médio de frutos (cm) (C) de macieira Gala submetida a fertirrigação com e sem Phycoterra®.

No que diz respeito a coloração da superfície dos frutos, nos que as plantas foram tratadas a percentagem de frutos com recobrimento de cor vermelha na casca nas faixas de 41 a 80% foi de 27%, enquanto nos frutos de plantas não tratadas foi de apenas 16% (Fig.2). Em relação a categorização dos frutos, no tratamento com Phycoterra® dos 20 frutos avaliados, em média 21% dos frutos foram classificados como CAT2 e 79% frutos como CAT 3. Semelhante aos dados anteriores, na testemunha os frutos foram categorizados como CAT2 (15% dos frutos) e 85% frutos como CAT 3 (Fig.2). A aplicação via solo de extrato de algas contendo hormônios, como o ácido abscísico e

citocininas, podem levar a indução de biossíntese de antocianina, consequentemente o aumento da coloração dos frutos(13).

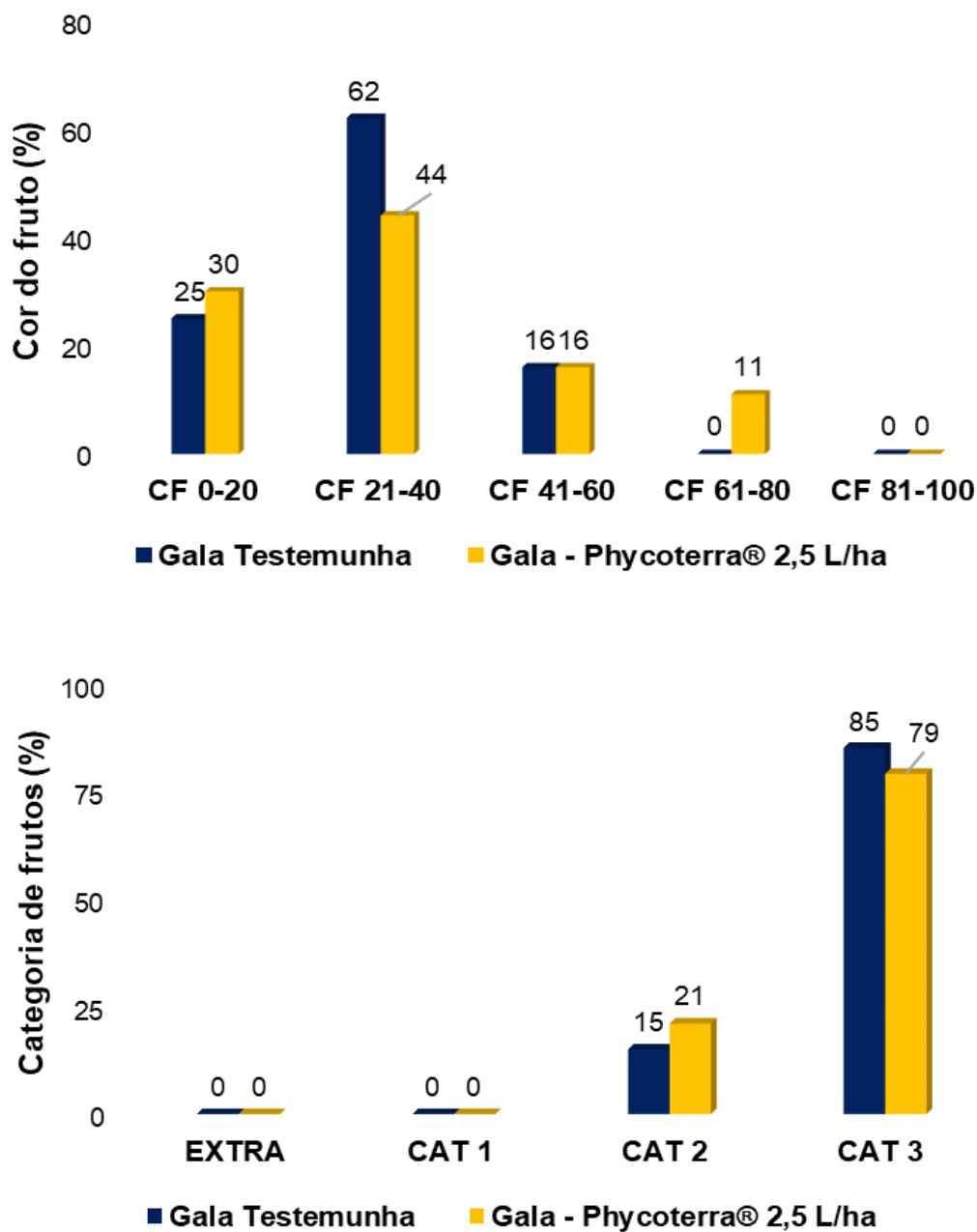


Figura 6. Cor (A) e categorização (B) de frutos da cultivar Gala submetida a fertirrigação com e sem Phycoterra®.

Em relação ao calibre dos frutos, foi observado uma semelhança quanto a esta variável para os dois tratamentos, porém com uma diferença, em que o percentual de frutos de plantas tratadas com calibres de 120, 135 e 150 mm foi de 60%, enquanto que no tratamento testemunha para esses mesmos calibres foi de 45% (Fig.3). Em se tratando

do índice maturação dos frutos (IMIA), o maior índice observado foi o 8, sendo que os frutos de plantas tratadas foram 100% classificados nesse índice, enquanto os frutos do tratamento testemunha foram 94% (Fig.3).

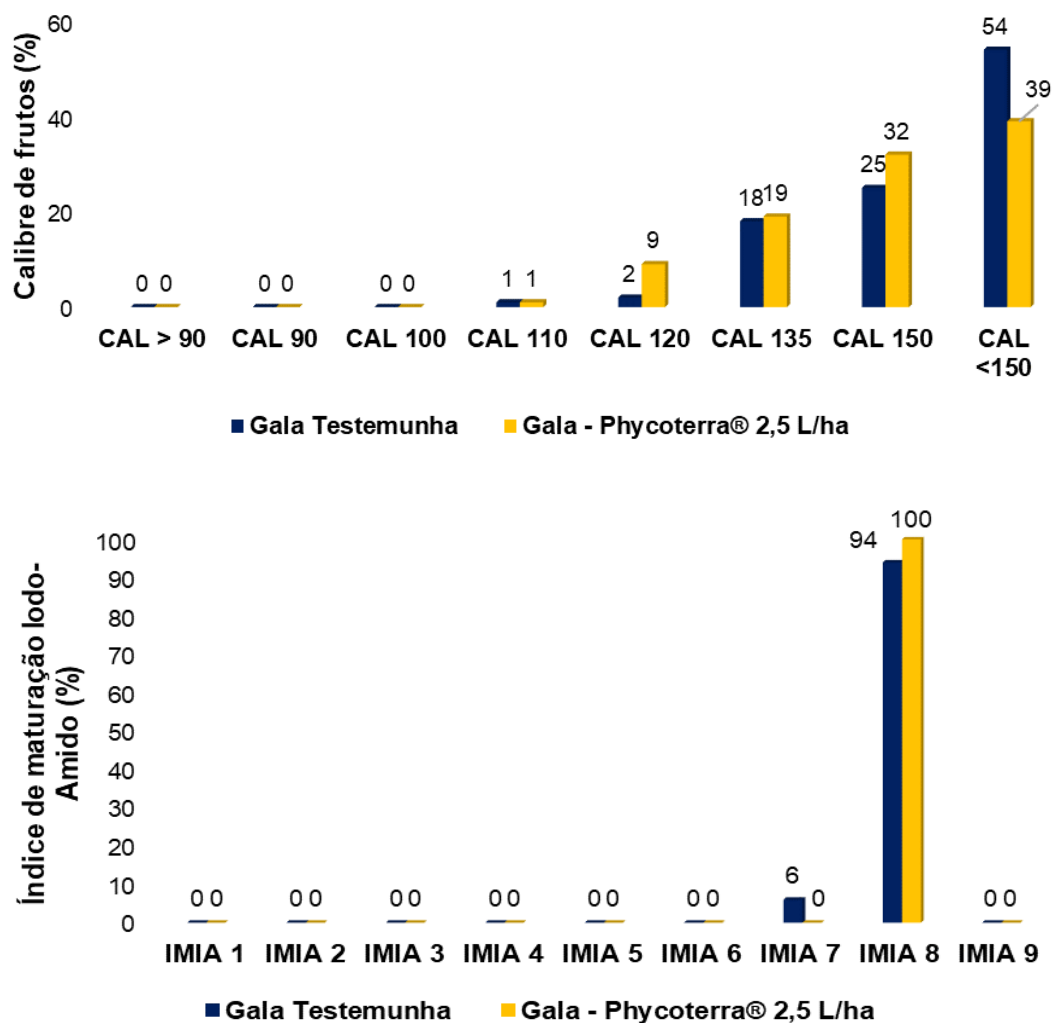


Figura 7. Calibre (A) e índice de maturação iodo-amido (B) de frutos de macieira cultivar Gala submetida a fertirrigação com e sem Phycoterra®.

CONCLUSÕES

O extrato de algas Phycoterra® aplicado na dose de 2,5 L/Ha, pode ser indicado para a cultura da macieira cultivar Maxi Gala em Vacaria-RS, haja vista que proporcionou uma considerável produção e qualidade frutos em relação a testemunha.

REFERÊNCIAS

1. ABRAFRUTAS. Dados de exportação de frutas em 2021. 2022. p. 1
<https://abrafrutas.org/2022/02/dados-de-exportacao-em-2021/>.
2. WITS. <https://wits.worldbank.org/>. 2022. p. 5 UN Comtrade International Trade Statistics Database. Em World Integrated Trade Solutions.
3. Kist BB, Beling RR. Anuário brasileiro de horti&fruti [Internet]. 1º ed. Vol. 1. 2023 [citado 25 de outubro de 2023]. 1–57 p. Disponível em:
https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2023/08/HF-2023_DUPLAS.pdf
4. Petri JL, Leite GB, Couto M, Francescato P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. *Rev Bras Frutic.* outubro de 2011;33(spe1):48–56.
5. Dagoberto IF. Maçãs do grupo “Gala” no Brasil [Internet]. 1º ed. Faoro DI, organizador. Vol. 1. Florianópolis-SC; 2022. 1–304 p. Disponível em:
www.epagri.sc.gov.br
6. Yakhin OI, Lubyantov AA, Yakhin IA, Brown PH. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front Plant Sci.* 26 de janeiro de 2017;7.
7. Halpern M, Bar-Tal A, Ofek M, Minz D, Muller T, Yermiyahu U. The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake. Em 2015. p. 141–74.
8. Calvo P, Nelson L, Kloepper JW. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil.* 8 de outubro de 2014;383(1–2):3–41.
9. Gabriel J, Negrelli D. BIOSTIMULANTS AND THEIR ROLE IN BUILDING A SUSTAINABLE FUTURE BIOESTIMULANTES E SEU PAPEL NA CONSTRUÇÃO DE UM FUTURO SUSTENTÁVEL [Internet]. 2023. Disponível em:
www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudiARTIGOORIGINAL Aceito em: 10/04/2023 Publicado em: 15/08/2023
10. EMBRAPA. Agrometeorologia - Resumo Anual - Vacaria/RS. 2023. p. 1
<https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/dados-meteorologicos/vacaria>.
11. Francisco de AS e S, Carlos AV de A. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr J Agric Res.* 29 de setembro de 2016;11(39):3733–40.
12. Di Vaio C, Testa A, Cirillo A, Conti S. Slow-release fertilization and *Trichoderma harzianum*-based biostimulant for the nursery production of young olive trees (*Olea Europaea* L.). *Agronomy Research.* 2021;19(3):1396–405.
13. Soppelsa S, Kelderer M, Casera C, Bassi M, Robatscher P, Andreotti C. Use of Biostimulants for Organic Apple Production: Effects on Tree Growth, Yield, and Fruit Quality at Harvest and During Storage. *Front Plant Sci.* 20 de setembro de 2018;9.

Capítulo 04

DOI: 10.53934/IIICBPAV-04

TENDÊNCIAS E DESAFIOS NA PRODUÇÃO DE FRUTAS DESIDRATADAS: UMA ANÁLISE ABRANGENTE

Mirielle Teixeira Lourenço *; Vanessa Caroline de Oliveira ; Julia Moreira de Luccas ; Monique Lara de Paula Armond ; Maria José do Amaral e Paiva ;
Thaís da Silva Araújo ; Érica Nascif Rufino Vieira 

Mirielle Teixeira Lourenço – Email: mirielle.lourenco@ufv.br

Resumo: As frutas desidratadas, embora contenham abundância de minerais, vitaminas e fibras, sofrem modificações em sua composição nutricional devido ao processo de desidratação, o que resulta em uma clara diferenciação em relação às frutas em estado fresco. Neste contexto o objetivo da revisão é avaliar o processo de desidratação em frutas. Durante o processo, há uma perda notável de nutrientes sensíveis ao calor, como é o caso da vitamina C. Além dos nutrientes essenciais, as frutas desidratadas se destacam pela presença de compostos bioativos, especialmente os polifenóis, associados à redução de doenças crônicas e dotados de propriedades antioxidantes que combatem o estresse oxidativo. Os benefícios derivados do consumo de frutas desidratadas incluem a possível redução dos riscos de condições como doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade, contribuindo também para o controle glicêmico. No entanto, a evidência científica sobre o impacto direto dessas frutas na saúde ainda é limitada. No que diz respeito aos métodos de desidratação, técnicas como a secagem solar, estufa e liofilização possuem suas particularidades. Desafios enfrentados na produção e no armazenamento das frutas desidratadas incluem questões como a temperatura de transição vítrea, que influencia diretamente na estabilidade do produto final. Visto isso, embora a desidratação ofereça vantagens em termos de conservação e prazo de validade das frutas, existem impactos tanto positivos quanto negativos em suas propriedades nutricionais, sensoriais e físicas. Cada fruta e método de desidratação possuem efeitos específicos que precisam ser ponderados para garantir a qualidade do produto final.

Palavras-chave: desidratação; qualidade nutricional; composição nutricional.

Abstract: Dehydrated fruits, although they contain an abundance of minerals, vitamins and fiber, undergo changes in their nutritional composition due to the dehydration process, which results in a clear differentiation in relation to fresh fruits. In this context, the objective of the review is to evaluate the dehydration process in fruits. During the process, there is a notable loss of heat-sensitive nutrients, such as vitamin C. In addition to essential nutrients, dehydrated fruits stand out for the presence of bioactive compounds, especially polyphenols, associated with the reduction of chronic diseases and endowed

with of antioxidant properties that combat oxidative stress. The benefits derived from consuming dehydrated fruits include a possible reduction in the risk of conditions such as cardiovascular disease, diabetes and obesity, also contributing to glycemic control. However, scientific evidence on the direct impact of these fruits on health is still limited. With regard to dehydration methods, techniques such as solar drying, oven drying and freeze drying have their particularities. Challenges faced in the production and storage of dehydrated fruits include issues such as the glass transition temperature, which directly influences the stability of the final product. Therefore, although dehydration offers advantages in terms of conservation and shelf life of fruits, there are both positive and negative impacts on their nutritional, sensorial and physical properties. Each fruit and dehydration method has specific effects that need to be considered to guarantee the quality of the final product.

Key Word: dehydration; nutritional quality; nutritional composition.

INTRODUÇÃO

As frutas, tanto em sua forma fresca quanto desidratada, representam uma fonte natural de nutrientes essenciais, incluindo vitaminas, minerais e fibras, desempenhando um papel vital na oferta de energia e na promoção da saúde. No entanto, o processo de desidratação é crucial, pois influencia significativamente a qualidade nutricional das frutas, estabelecendo distinções marcantes entre as frutas frescas e secas. Um exemplo notável desse impacto é a redução na concentração de vitamina C, sensível ao calor, durante o processo de desidratação [1].

Diante disso, as frutas desidratadas são notáveis por sua riqueza em compostos bioativos ou fitoquímicos, incluindo polifenóis, reconhecidos por seu potencial na promoção da saúde e na redução de doenças crônicas. A composição específica desses compostos varia entre as frutas desidratadas, conferindo-lhes propriedades antioxidantes capazes de combater o estresse oxidativo.

Neste contexto, diferentes métodos de desidratação, como a secagem solar, estufa de secagem e, especialmente, a liofilização, são empregados para preservar as propriedades nutricionais e sensoriais das frutas. Contudo, a produção e armazenamento de frutas desidratadas apresentam desafios, como o controle da temperatura de transição vítrea, a estabilidade frente ao escurecimento e a influência da umidade no armazenamento (2).

Diante desse contexto, esta revisão visa analisar a importância da desidratação como um método promissor para conservação e extensão da vida útil das frutas. No entanto, é crucial destacar que esse processo não é isento de desafios, pois influencia tanto os benefícios quanto as características nutricionais e sensoriais das frutas desidratadas. Compreender minuciosamente esses efeitos é fundamental para assegurar a qualidade e o valor nutricional dos produtos de frutas desidratadas disponíveis no mercado.

COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS FRUTAS DESIDRATADAS

Frutas, tanto na forma desidratada quanto fresca, são alimentos naturalmente ricos em minerais e vitaminas, proporcionando uma fonte valiosa de energia. Contudo, o processo de desidratação é responsável por alterações na qualidade nutricional, estabelecendo uma distinção entre a fruta fresca e a fruta seca (1). Um exemplo notável é a vitamina C, que é sensível ao calor, resultando em uma redução em sua concentração durante o processo de desidratação (3). Entre os métodos de desidratação, a liofilização demonstra ser mais eficaz do que a secagem em forno ou ao sol, uma vez que preserva uma maior quantidade de ácido ascórbico (1).

As frutas desidratadas, além de serem ricas em minerais, vitaminas e fibras, também se destacam por sua abundância de compostos bioativos ou fitoquímicos, que desempenham um papel significativo na promoção da saúde e longevidade, embora não sejam considerados elementos essenciais na dieta. Esses compostos estão associados à redução de doenças crônicas graves e são notáveis por seu alto teor de polifenóis. É importante observar que o perfil fenólico varia de uma fruta seca para outra que as qualifica como fontes de antioxidantes eficazes, capazes de mitigar o estresse oxidativo. Na Tabela 1, observa-se a composição centesimal e outras propriedades de frutos *in natura* e após o processo de desidratação. Além disso, essas frutas desidratadas são compostas por ácidos orgânicos que, quando combinados com as fibras, contribuem para a manutenção da saúde do sistema digestivo (4). A presença de açúcares como glicose, frutose e sacarose desempenha um papel na reação de Maillard que acontece uma série complexa de reações químicas, e a representação específica pode variar dos aminoácidos e açúcares envolvidos, que provoca mudanças na coloração das frutas durante o processo de desidratação (5).

Tabela 1 - Composição centesimal e outras propriedades de frutos *in natura* e após o processo de desidratação

Fruto	Fruto <i>in natura</i>	Fruto desidratado	Condições de secagem	Referência
Cajá-manga	*Proteína: 1,3% Lipídeos: - Cinzas: 0,4% Fibra alimentar: 2,6% Carboidrato: 11,4%	Proteína: 3,91± 0,07% Lipídeos: 0,92± 0,02% Cinzas: 2,99± 0,06% Fibra alimentar: 3,89 ± 0,04% Carboidrato: 82,55± 1,04%	Temperatura: 60°C Tempo: 12h	(6)
Tomate	Proteína: 3,15±0,97 (g/100g); Lipídeos: 0,38±0,08 (g/100g); Cinzas: 2,27±0,38 (g/100g); Fibra alimentar: 1,77±0,72 (g/100g); Carboidrato: 8,310; Licopeno: ≈350mg/kg	Proteína: 6,62±0,025 g/100g Lipídeos: 18,51±0,460 g/100g Cinzas: 1,74±0,001 g/100g Fibra alimentar: 5,06±1,340 g/100g Carboidrato: 56,980 Licopeno: ≈ 350mg/kg	Temperatura: 90°C Tempo: 9h	(7)
Mamão Papaia	Açúcares Redutores (g glicose. 100.mL-1): 9,07 Vitamina C (% de ácido ascórbico): 37,36 Sólidos totais (%): 10,78	Açúcares Redutores (g glicose. 100.mL-1): 32,47; Vitamina C (% de ácido ascórbico): 29,75; Sólidos totais (%): 60,48	Temperatura: 25°C a 54°C Tempo: 0 a 200 segundos	(8)
Pêra	*Proteína: 0,6g/100g Fibra alimentar: 3,0g/100g Cinzas: 0,3g/100g	Proteína: 9,82% Fibra alimentar: 26,60% Cinzas: 1,27%	Temperatura: 60°C Tempo: -	(9)

*Dados retirados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) (10).

O processo de desidratação aumentou a quantidade de vários compostos dos produtos de origem vegetal, principalmente a quantidade de açúcares/carboidratos, onde há uma concentração destes.

Os benefícios associados ao consumo de frutas desidratadas são vastos e incluem a potencial redução do risco de doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, tumores, bem como a promoção do controle glicêmico, entre outros benefícios para a saúde. No entanto, é importante notar que existe uma contradição em relação a esses efeitos, uma vez que a evidência científica que comprova o impacto exato da ingestão desses frutos no funcionamento do organismo ainda é limitada (11).

Em termos de composição nutricional, as diferenças entre frutas frescas e desidratadas são mínimas, uma vez que apresentam semelhanças notáveis. No entanto, a desidratação resulta em um alimento mais concentrado devido à redução do teor de umidade nos frutos secos em comparação aos frescos, que passaram pelo processo de desidratação. Além disso, outra distinção fundamental entre essas duas formas está relacionada ao tamanho das porções, o que favorece a facilidade de armazenamento e distribuição, tornando esses alimentos disponíveis ao longo de todo o ano (5).

MÉTODOS DE DESIDRATAÇÃO

A secagem solar representa um método de desidratação com raízes antigas, empregando a energia radiante do sol para o processo de secagem de alimentos, notadamente frutas. Um secador solar representado no fluxograma da Figura 1 é composto por um sistema que envolve a circulação do ar, uma câmara de secagem e um dispositivo de aquecimento do ar. A circulação do ar pode ser realizada de forma natural, caracterizada como passiva, ou de forma ativa, por meio de um sistema forçado. Adicionalmente, é possível optar por um secador misto, o qual combina tanto elementos de um secador passivo quanto de um ativo [12].

Uma estufa de secagem representa um equipamento essencial, constituído por um forno de convecção ou um sistema de ar forçado operando a baixas temperaturas. Este aparato é composto por uma fonte de calor, um ventilador para promover a circulação de ar e múltiplas bandejas, permitindo a desidratação simultânea de diversas amostras alimentícias. A flexibilidade inerente a este método é notável, uma vez que se torna possível ajustar as temperaturas de secagem de acordo com as exigências específicas de cada análise, desse modo cada fruta tem sua temperatura e tempo de secagem [13].

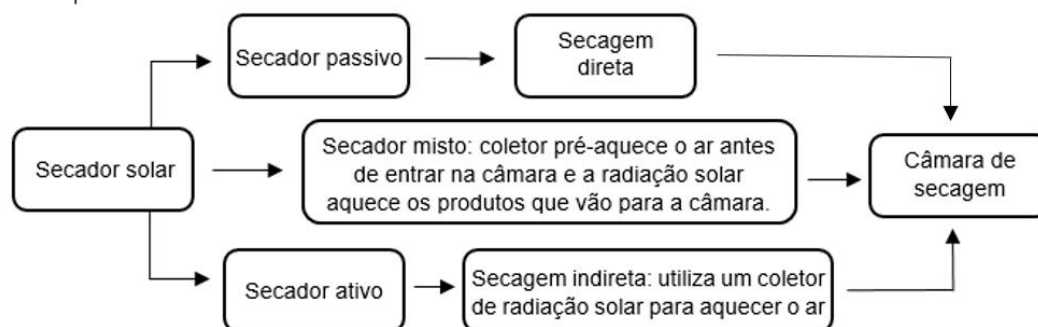


Figura 1. Fluxograma representado o funcionamento de secador solar. Adaptado [12].

Entre as técnicas de desidratação, a liofilização se destaca como uma das mais eficazes, particularmente quando se trata de frutas. Esse processo resulta em produtos finais de excepcional qualidade, caracterizados por uma inibição eficaz da atividade microbiana e consequente deterioração, graças às temperaturas extremamente baixas empregadas (14). Além disso, os produtos desidratados conservam sua integridade de tamanho, valor nutricional elevado, sabor e aroma intensos, e, adicionalmente, são facilmente reidratáveis, conforme destacado em (15).

A técnica de liofilização, envolve a eliminação da umidade contida nos alimentos por meio da sublimação, ou seja, essa técnica envolve a sublimação, que é a transformação líquida direta da água livre presente no alimento do estado sólido para o estado gasoso, sem passar pelo estado intermediário. Esta abordagem preserva a integridade da estrutura celular dos alimentos, mantendo suas características físicas e propriedades nutricionais, ao mesmo tempo em que estende significativamente o prazo de validade dos produtos [13]. A liofilização tem encontrado aplicação generalizada na produção de alimentos de origem vegetal, tornando possível a disponibilidade de produtos de alta qualidade durante períodos sazonais e aumentando a oferta para os consumidores. Isso ocorre devido à capacidade da técnica em conservar os atributos sensoriais e nutricionais dos produtos.

Além disso, é de suma importância mencionar que existem outros métodos de desidratação igualmente eficazes, embora menos difundidos, muitas vezes devido à relativa novidade ou custos mais elevados associados. Entre essas técnicas, a desidratação osmótica se destaca como uma opção reconhecida, podendo ser combinada com uma série de técnicas avançadas, como vácuo parcial, tratamento com CO₂ supercrítico, aplicação de pulsos de campo elétrico de alta intensidade, ou mesmo exposição a micro-ondas, entre outras possibilidades (14).

DESAFIOS NA PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE FRUTAS DESIDRATADAS

Apesar do crescente mercado de frutas desidratadas que atende tanto às necessidades dos consumidores diretos quanto à demanda industrial (16). Há desafios significativos a serem superados no processamento e armazenamento desses produtos, com foco principalmente no ambiente em que o produto final será transportado e armazenado, especialmente em relação à temperatura e umidade.

Um fator crítico a ser considerado é a temperatura de transição vítrea (T_g). Essa temperatura representa uma faixa na qual ocorre a formação de uma estrutura vítrea,

caracterizada por uma transição de fase. A T_g está diretamente relacionada ao aumento da mobilidade molecular e à diminuição do módulo de elasticidade. Essa propriedade desempenha um papel fundamental na conservação das frutas desidratadas, uma vez que acima da T_g , eventos adversos como a degradação da estrutura física, redução da viscosidade e cristalização das frutas podem ocorrer (17).

Nos processos de secagem de alimentos, é possível elevar a temperatura de transição vítrea (17), o que proporciona uma maior garantia de qualidade do produto final, principalmente quando o armazenamento ocorre em temperatura ambiente ou sob refrigeração. No entanto, surge uma preocupação significativa no transporte das frutas desidratadas para diferentes regiões, uma vez que variações abruptas de temperatura podem resultar na ultrapassagem da T_g , levando às consequências adversas mencionadas.

Além disso, a estabilidade das frutas desidratadas é afetada pelo fenômeno do escurecimento, que é resultado da Reação de Maillard. Esse processo de escurecimento é sensível a fatores como teor de água, temperatura/tempo de aquecimento e concentração dos reagentes. O escurecimento não apenas impacta a qualidade do produto, mas também resulta na diminuição da solubilidade, na mudança de cor e na perda de valor nutricional (18). É importante destacar que os efeitos adversos que ocorrem em temperaturas superiores à transição vítrea afetam a taxa de escurecimento (19).

Pode-se ressaltar que o teor de umidade desempenha um papel crítico no armazenamento de produtos desidratados (20), conforme destacado por Laverde LMA (18). Aumentar a umidade relativa (UR) está diretamente relacionado ao grau de colapso, demonstrando uma clara dependência em relação ao binômio tempo/temperatura. Além disso, a UR também influencia a viscosidade das frutas submetidas ao processo de desidratação. Portanto, é essencial considerar esses fatores ao planejar o processamento e o armazenamento de frutas desidratadas para garantir sua qualidade e estabilidade.

Nesse contexto, a tabela 2 representa uma análise comparativa dos benefícios e malefícios de algumas frutas em relação aos processos de desidratação e seus impactos nas propriedades nutricionais e sensoriais. Visto isso, a desidratação é um processo que oferece benefícios em termos de conservação e aumento da vida útil das frutas.

No entanto, a desidratação também pode ter impactos positivos e negativos nos atributos nutricionais, sensoriais e físicos das frutas, como observado para cada tipo de fruta listada na tabela. Os benefícios incluem uma maior atividade antioxidante, teor de nutrientes específicos, prolongação da vida útil e redução de custos de armazenamento e transporte. Por outro lado, os malefícios compreendem a perda de propriedades funcionais, alterações na cor, perda de compostos nutricionais essenciais, modificações sensoriais e perda de qualidade.

Tabela 2. Análise comparativa dos impactos da desidratação em frutas: benefícios e malefícios

FRUTA ANALISADA	BENEFÍCIOS	MALEFÍCIOS	REFERÊNCIA
Damasco	Aumento da atividade antioxidante, melhora no teor de β -caroteno e elevação da vida de prateleira do fruto.	Desvalorização das propriedades funcionais e características físicas, perda de cor, compostos fenólicos totais e vitamina C.	[21]
Uva	Alto teor de compostos fenólicos, alta capacidade antioxidante, bom custo-benefício.	Perda de qualidade nutricional e sensorial.	[22]
Figo	Inibição do metabolismo microbiano com consequente diminuição da atividade microbiológica e minimização de alterações físicas e químicas.	Encolhimento e endurecimento dos frutos, mudanças na cor e no aroma.	[23]
Mirtilo	Prolongação da vida útil em diferentes temperaturas do ambiente e consequente redução nos custos de armazenamento e transporte.	Modificação dos atributos físicos, texturais, sensoriais e funcionais dos frutos, degradação de antocianinas e diminuição da capacidade antioxidante.	[24]

PERSPECTIVAS FUTURAS E INOVAÇÕES NA PRODUÇÃO DE FRUTAS DESIDRATADAS

A indústria está gradualmente adotando algumas tecnologias emergentes para o processo de secagem de frutas. Estas incluem a secagem por radiação eletromagnética, a secagem por explosão, a secagem por bomba de calor, a secagem por vapor sobreaquecido a baixa pressão e a secagem por micro-ondas [25].

Dentre essas inovações, vale ressaltar a técnica de secagem por bomba de calor. Nesse método, o ar quente é utilizado para reduzir o consumo de energia, a necessidade de temperaturas elevadas e o tempo necessário para o processo, ao mesmo tempo em que permite a recuperação de calor durante a desumidificação do ar. Essa abordagem requer uma quantidade substancialmente menor de energia, tornando-a particularmente adequada para a secagem de alimentos de alta qualidade, muitas vezes combinando-se com outras técnicas. Ela demonstra ser especialmente valiosa na secagem de frutos silvestres sensíveis [25].

A secagem por bomba de calor representa uma evolução do sistema de secagem por convecção com refrigeração, que é empregado em outras abordagens de desidratação [26]. Nesse processo, a desidratação é realizada condensando o ar em um evaporador de compressão. Esse ar condensado é fornecido como ar quente e seco ao produto, aproveitando o calor latente de vaporização recuperado por condensação, que é reutilizado no reaquecimento do ar de secagem.

Um método relevante no cenário emergente é o uso da radiação eletromagnética, que pode assumir diversas formas, como micro-ondas, infravermelho, radiofrequência ou janela de refração. Esse processo permite a obtenção de produtos de alta qualidade, comparáveis à liofilização, mas com um tempo de secagem consideravelmente limitado [27].

A secagem por radiação eletromagnética destaca-se por sua eficiência energética, removendo a umidade de maneira rápida e eficaz, o que pode ajudar as frutas a manter suas qualidades naturais. Além disso, a indústria está focada no desenvolvimento de tecnologias emergentes de pré-tratamento térmico, como o branqueamento por impacto de ar quente com alta umidade. Essa técnica reduz significativamente o tempo de secagem, preservando pigmentos e vitaminas, intensificando a atividade antioxidante e melhorando a aparência dos produtos [27].

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), código de financiamento 001, por tornar este projeto possível. Além disso, nossos agradecimentos especiais à Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Laboratório de Inovação no Processamento de Alimentos (LIPA).

REFERÊNCIAS

- 1- SAGAR, V.R. ; SURESH, K.P. ; “Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review”, 2010, review article – J Food Sci Technol 47(1):15-26.
- 2- PEREZ, R.M et al. “Survey of quality indicators in commercial dehydrated fruits”, Elsevier, 2014. Vol 154- p.41-48.
- 3- OMOLOLA, A.O. et al. “Quality properties of fruits as affected by drying operation”, 2017, Critical Review in Food Science and Nutrition - vol 57, p.95-108.
- 4- CHONG, C.H. et al. “Colour, phenolic content and antioxidant capacity of some fruits dehydrated by a combination of different methods”, Elsevier – Food Chemistry, 2013, vol. 141, p.3889-3896.
- 5- CHANG, S.K. et al. “Review of dried fruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and healthy benefits”, Elsevier – Journal of Funcional Food, 2016, vol.21, p.113-132.
- 6- Almeida SR, Medeiros E, Souza LD de, Araújo LA de, Oliveira LN, Nunes GL. Efeito do processo de secagem sobre as características nutricionais de cajá-manga (*Spondias mombin* L.). Revista Referências em Saúde da Faculdade Estácio de Sá de Goiás. 2020; 3:33-36.
- 7- Santos HC dos, Sousa TG de, Delani TC de O, Souza HM de, Nascimento GN, Pittarelli BF da S, Barão CE, Marcolino VA. Características físico-químicas e aceitação sensorial de tomates secos adicionados de pimenta doce. Brazilian Journal of Development. 2020;6, 8617-8630.
- 8- Monteiro SS, Monteiro SS, Santos NC, Barros SL, Pereira EM. Desidratação osmótica de fatias de mamão (*Carica papaya* L.) Revista Verde. 2020; 15:183-192.
- 9- Carvalho IRA de, Silva LMGE da, Campos RP, Donadon JR. Desidratação osmótica de peras: compostos bioativos e avaliação sensorial. Multitemas. 2020; 25:27-44.
- 10- TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: UNI-CAMP/NEPA, 2011. 161 p. Disponível em:




- <https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf>. Acesso em: 27 out. 2023.
- 11- ALASALVAR, C. et al. “Dried Fruits: Bioactives, Effects on Gut Microbiota, and Possible Healthy Benefits – An Update”, MDPI, 2023, vol.15, ed.7
 - 12- SKARA, T. et al. “Drying of vegetables and root crops by solar, infrared, microwave, and ratio frequency as energy efficient methods: a review”, 2022 – Food Reviews International.
 - 13- TINGTING, Z. et al. “A review: extraction, phytochemicals, and biological activities of rambutan (*Nephelium lappaceum* L) peel extract”, 2022, Heliyon 8(11): e11314.
 - 14- SAGAR, V.R. ; SURESH, K.P. ; “Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review”, 2010, review article – J Food Sci Technol 47(1):15-26.
 - 15- OMOLOLA, A.O. et al. “Quality properties of fruits as affected by drying operation”, 2017, Critical Review in Food Science and Nutrition - vol 57, p.95-108.
 - 16- Perez RM, Santos JG, Soria AC, Villamiel M, Montilla A, et al. Survey of quality indicators in commercial dehydrated fruits. Food Chemistry. 2014;150:41-48.
 - 17- Nijhuis AH, Topping HM, Muresan S, Yuksel D, Leguijt C, Kloek C, et al. Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. T. F. Science & Technology. 1998;9:13-20.
 - 18- Laverde LMA, Acevedo NC, Schebor C , Buera MP, et al. Integrated approach for interpreting browning rate dependence with relative humidity in dehydrated fruits. LWT Food Science & Technology. 2011;44:963-968.
 - 19- Karmas R, Buera MP, Karel M, et al. Effect of glass transition on rates of nonenzymic browning in food systems. J. Agric. Food Chem. 1992;40:873–879.
 - 20- Anandharamakrishnan C, et al. Spray-Freeze-Drying of Coffee. T. S. of Beverages. 2019;8:337-366.
 - 21- Sakooei-Vayghan R, Peighambaroust S, Hesari J, Peressini D, et al. Effects of osmotic dehydration (with and without sonication) and pectin-based coating pretreatments on functional properties and color of hot-air dried apricot cubes. Food Chemistry. 2020;311:125978.
 - 22- Farias C, Moraes D, Lazzaretti M, Ferreira D, Zobot G, Barin J, et al. Microwave hydrodiffusion and gravity as pretreatment for grape dehydration with simultaneous obtaining of high phenolic grape extract. Food Chemistry. 2021;337:127723.

- 23- Şahin U, Öztürk H, et al. Effects of pulsed vacuum osmotic dehydration (PVOD) on drying kinetics of figs (*Ficus carica* L). *I. F. Science & Emerging Technologies*. 2016;36:104-111.
- 24- Farina O, Casanova V, Figueroa O, Benn A, Hen K, Montes J, et al. Bioaccessibility of phenolic compounds in fresh and dehydrated blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Food Chemistry Advances*. 2023;2:10017
- 25- Pateiro M, Ramella MV, Franco D, Cruz AG, Zengin G, Kumar M, Dhama K, et al. The role of emerging technologies in the dehydration of berries: Quality, bioactive compounds, and shelf life. *Food Chemistry: X*. 2022;16:100465.
- 26- Figiel A, Michalska A, et al. Overall quality of fruits and vegetables products affected by the drying processes with the assistance of vacuum-microwaves. *IJ of Molecular Sciences*. 2017;18.
- 27- Bassey EJ, Cheng JH, Sun DW, et al. Novel nonthermal and thermal pretreatments for enhancing drying performance and improving quality of fruits and vegetables. *TF Science & Technology*. 2021;112:137-148.

Capítulo 05

DOI: 10.53934/IIICBPAV-05

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE MACIEIRA MAXI GALA FERTIRRIGADA COM EXTRATO DE ALGAS PHYCOTERRA®, CULTIVADAS EM SÃO JOAQUIM-SC

Jenilton Gomes da Cunha¹; Euvaldo de Sousa Costa Junior^{2*}; Bruno Pirolli³
; Norton Machado⁴

¹Estudante do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias – *Campus* Profa Cinobelina Elvas – UFPI, e-mail: ; ²Estudante do Curso de Doutorado em Ciência do Solo – CAV – UDESC, E-mail: euvaldodesousacosta@hotmail.com; ³Mestre em Produção Vegetal – CAV – UDESC, E-mail: bpirelli@hotmail.com; ⁴Estudante do Curso de Doutorado em Ciência do Solo – CAV – UDESC; E-mail: norton.machado@gmail.com

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: euvaldodesousacosta@hotmail.com

Resumo: A utilização de extrato de algas na cultura da macieira, via fertirrigação, pode ser uma alternativa eficiente para incrementos de produtividade e qualidade dos frutos. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a produtividade e qualidade de frutos da cultivar de macieira ‘Maxi Gala’ submetida à doses do extrato de micro-algas PhycoTerra®, cultivada em São Joaquim-SC. O experimento foi realizado durante o ciclo produtivo de 2021/2022, no pomar da empresa Hiragami’s Fruit (Fazenda Boqueirão), localizada no município de São Joaquim- SC. Os tratamentos foram testemunha (sem utilização de PhycoTerra) e extrato de algas da espécie *Chrorella* sp. (PhycoTerra® na dose de 2,5 L/ha) para a cultivar de macieira Gala. Avaliou-se as características de qualidade e produtividade da cultura. O extrato de algas PhycoTerra® proporcionou um maior número de frutos, sendo observado diferenças para o tratamento testemunha. PhycoTerra® proporcionou uma coloração mais avermelhada da superfície dos frutos (entre 41 e 60%). Em relação à altura de plantas, observou-se que o tratamento com PhycoTerra foi superior à testemunha. A aplicação do extrato de micro-algas PhycoTerra via fertirrigação, pode ser recomendada para a cultura da macieira cultivar Maxi Gala, uma vez que proporcionou o incremento em variáveis de qualidade e produtividade de frutos.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh; índice de maturação; categoria EXTRA

Abstract: The use of seaweed extract in apple cultivation, through fertigation, can be an efficient alternative for increasing productivity and fruit quality. In this sense, the objective was to evaluate the productivity and fruit quality of the ‘Maxi Gala’ apple cultivar subjected to doses of the microalgae extract PhycoTerra®, cultivated in São Joaquim, SC. The experiment was carried out during the productive cycle of 2021/2022,

in the orchard of the company Hiragami's Fruit (Boqueirão Farm), located in the municipality of São Joaquim, SC. The treatments were a control group (without the use of Phycoterra) and an algae extract from the species *Chlorella* sp. (PhycoTerra® at a dose of 2.5 L/ha) for the Gala apple cultivar. The quality and productivity characteristics of the crop were evaluated. The PhycoTerra® seaweed extract resulted in a higher number of fruits, with differences observed compared to the control treatment. PhycoTerra® led to a more reddish coloration of the fruit surface (between 41 and 60%). Regarding plant height, it was observed that the PhycoTerra treatment was superior to the control. The application of the microalgae extract PhycoTerra through fertigation can be recommended for the cultivation of the 'Maxi Gala' apple, as it led to an increase in fruit quality and productivity variables.

Keywords: *Malus domestica* Borkh; ripening index; EXTRA category.

INTRODUÇÃO

O Brasil figura entre os principais produtores mundiais de frutas, com colheitas superiores a 40,0 milhões de toneladas anualmente. A base agrícola da cadeia produtiva das frutas abrange 2,3 milhões de hectares e gera 5,0 milhões de empregos diretos. A presença brasileira no mercado externo, com a oferta de frutas tropicais e de clima temperado durante boa parte do ano, é possível pela extensão territorial do país, posição geográfica e condições de clima e solo privilegiadas(1).

Dentre as frutas produzidas no Brasil a maçã tem papel socioeconômico importante para o país, uma vez que tem figurado como a nona fruta mais produzida no cenário nacional. Esta produção está calcada principalmente sobre as cultivares Gala, Fuji e seus clones, concentrando o pico de produção dos frutos entre os meses de fevereiro e abril. As cidades polo da produção nacional são Vacaria-RS, São Joaquim-SC e Fraiburgo-SC e Palmas-PR(2).

A cultura da macieira possui um elevado potencial produtivo, todavia para que isso seja alcançado é necessária implementação de técnicas e métodos que favoreçam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Dentre as tecnologias em alta para esse fim, está a utilização de tecnologias com base em recursos biológicos, incluindo bioestimulantes de plantas, os quais tem provado serem métodos eficazes para melhorar o desempenho das culturas. Para que essas tecnologias sejam consideradas eficazes, elas não podem apenas modificar os processos fisiológicos para otimizar a produtividade nas safras(3), mas devem aumentar a absorção de nutrientes, o que, em última análise, otimiza o consumo de fertilizantes e a eficiência do uso(4).

Sendo assim, objetivou-se avaliar a produtividade e qualidade de frutos da cultivar de macieira Maxi Gala submetida a doses do extrato de micro-algas PhycoTerra®, cultivada em São Joaquim-SC.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado durante o ciclo produtivo de 2021/2022, no pomar da empresa Hiragami's Fruit (Fazenda Boqueirão), localizada no município de São Joaquim-SC (28°26'49.25"S, 50° 4'16.53"O e 1360 m de altitude). Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Cfb temperado úmido com verões amenos.

TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Realizou-se os seguintes tratamentos: testemunha (sem utilização de Phycoterra) e extrato de algas da espécie *Chrorella* sp. (PhycoTerra® na dose de 2,5 L/ha) para a cultivar de macieira Gala. O produto foi aplicado via fertirrigação em 4 aplicações, iniciando-se na floração e seguindo até a fase em que os frutos estavam com 5 mm de diâmetro. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com dez blocos, cada bloco constituído de duas plantas, totalizando vinte parcelas experimentais.

AVALIAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS

No momento da colheita na cultura da maçã, foram realizadas as avaliações do tamanho da brindila e número de frutos/planta. Para avaliação de altura, diâmetro, peso, categoria, firmeza, teor de sólidos solúveis e amido dos frutos foram coletados 20 frutos por bloco, totalizando 200 frutos por dose para cada cultivar.

Para avaliação do tamanho das brindilas, em centímetros, utilizou-se uma fita métrica, a partir do ponto de inserção desta com o ramo da planta até o ápice meristemático. O número de frutos por planta (und) foi obtido através da contagem de todos os frutos de cada planta.

Uma amostra de 20 frutos por bloco de cada tratamento foi coletada para realização de análises dos parâmetros de qualidade, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis totais, diâmetro médio e comprimento médio dos frutos, peso, categoria e índice de maturação Iodo-Amido. Sendo que para o diâmetro e comprimento dos frutos, os mesmos foram colocados lado a lado, em uma calha de madeira em forma de "L", graduada em cm, possibilitando medir o diâmetro de dez maçãs e assim dividindo este valor pelo número total de frutas se obteve o diâmetro médio unitário em centímetros (cm). Para o comprimento foi feito o mesmo procedimento na régua, porém com os frutos dispostos com o sentido cálice-pedúnculo na horizontal a mesma régua.

Para realização do peso médio dos frutos, foi utilizada uma balança digital, sendo dado em quilogramas (kg). Os frutos foram categorizados em EXTRA, CAT 1, CAT 2, CAT 3, através de verificação de tamanho, cor e defeitos encontrados nos frutos.

A firmeza de polpa foi mensurada em Newtons (N) utilizando um penetrômetro analógico manual, com uma ponteira de 11mm. Foi retirada com auxílio de um “peeler” a camada superficial da epiderme do fruto e mensurado na zona equatorial dos dois lados dos frutos.

Para análise de sólidos solúveis totais (SST) o suco extraído de duas fatias de tamanhos semelhantes de cada fruto foi mensurado com auxílio de um refratômetro digital para açúcar modelo ITREFD-4, foi mensurado o teor de sólidos solúveis (SST), sendo os resultados expressos em °Brix. A concentração de sólidos solúveis (° Brix) foi determinada com refratômetro portátil digital de bancada, modelo RTD-45, marca Digital Refractometer, com correção de temperatura para 20 °C.

Para o índice de maturação Iodo-Amido aplicou-se a solução de iodeto de potássio em uma fatia da região equatorial dos frutos, utilizando uma escala de 1 a 9, onde 1 e 9 representam a mínima e a máxima degradação de amido, respectivamente, realizou-se a análise visual.

ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados foram submetidos à análise de variância para diagnóstico de efeitos significativos entre os diferentes tratamentos pelo teste “F” e pelo teste de Tukey para comparação das médias realizadas no programa computacional ASSISTAT versão 7.7 beta pt(5). Além disso, foi realizada percentagem de frutos de cada tratamento para algumas variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos dados obtidos na Fazenda Boqueirão em São Joaquim- SC (Tabela 1), observou-se que o uso de PhycoTerra® via fertirrigação proporcionou aumento do peso médio dos frutos, sendo que essa diferença foi de 3,0% (Fig.1). Como já mencionado anteriormente, o aumento no número de frutos por planta pode estar associado a substâncias hormonais presentes no extrato, principalmente as citocininas, que mobilizam de nutrientes para os frutos(6).

Tabela 3. Resultado da análise de variância para número de frutos por plantas (NFP, und), comprimento de brindila (CB, cm), firmeza de polpa (FP, N), teor de sólidos solúveis totais (° Brix), diâmetro de frutos (DM, cm) e comprimento de frutos (CMF, cm), peso de frutos (PMF, g) e altura de plantas (ALTP, m) e área da seção transversal do caule (ASTC, cm²); média das avaliações de categoria (EXTRA, CAT1, CAT2, CAT3, %), cor do fruto (CF 0-20, CF 21-40, CF 41-60, CF 61-80, CF 81-100, %), índice de maturação Iodo-Amido (IMIA 1, IMIA 2, IMIA 3, IMIA 4, IMIA 5, IMIA 6, IMIA 7, IMIA 8, IMIA 9, %), calibre de frutos (CAL 90, CAL 100,

CAL 110, CAL 120, CAL 135, CAL 150, CAL <150, %) de macieiras Fuji e Gala submetidas a dose de PhycoTerra.

Fonte de variação	NFP	CB	FP	° Brix	DM	CMF	PMF	ALTP	ASTC
Doses de PhycoTerra®	28.12 **	2.77 *	3.44 *	0.10 *	7.63 **	11.68 **	20.40 **	4.56 *	5.45 *
0 L/ha	73,2 a	20,5 a	67,3 a	11,6 a	7,20 a	6,95 a	183,00 b	2,81 b	86,04 b
2,5 L/ha	74,2 a	20,5 a	66,4 a	11,8 a	7,20 a	6,85 a	188,50 a	3,00 a	103,37 a
CV	13,75	11,78	7,17	6,01	3,48	3,99	7,48	3,70	14,76
Cultivar Gala	EXTRA		CAT 1		CAT 2		CAT 3		
0 L/ha	0,0		17,0		22,0		61,0		
2,5 L/ha	0,0		17,0		26,0		57,0		
Cultivar Gala	CF 0-20		CF 21-40		CF 41-60		CF 61-80		CF 81-100
0 L/ha	18,0		53,0		27,0		2,0		0,0
2,5 L/ha	15,0		43,0		37,0		5,0		0,0
Cultivar Gala	IMIA 1	IMIA 2	IMIA 3	IMIA 4	IMIA 5	IMIA 6	IMIA 7	IMIA 8	IMIA 9
0 L/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	14,0	78,0	0,0
2,5 L/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	10,0	84,0	0,0
Cultivar Gala	CAL > 90	CAL 90	CAL 100	CAL 110	CAL 120	CAL 135	CAL 150	CAL <150	
0 L/ha	0,0	5,0	10,5	9,0	41,0	15,0	12,0	7,5	
2,5 L/ha	0,0	5,0	15,5	13,0	34,0	21,0	7,5	4,0	

Fonte: os autores; CV (%) - coeficiente de variação; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ***médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si.

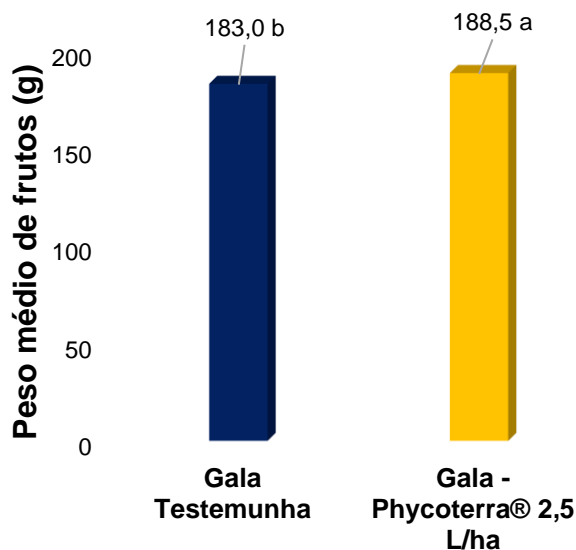


Figura 8. Peso médio de frutos (g) de macieira Maxi Gala submetida a doses do extrato de micro-algas Phycoterra®. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si na cultivar.

Foi verificado que os frutos das plantas tratadas com extrato de alga apresentaram coloração entre 41 e 60% da superfície do fruto recoberta por cor vermelha (37% dos frutos), sendo então percentual maior que dos frutos de plantas não tratadas, que também foram classificadas nessa mesma faixa de coloração (27%) (Fig. 2). A aplicação via solo de extrato de algas contendo hormônios, como o ácido abscísico e citocininas, podem levar a indução de biossíntese de antocianina, conseqüentemente o aumento da coloração dos frutos(7).

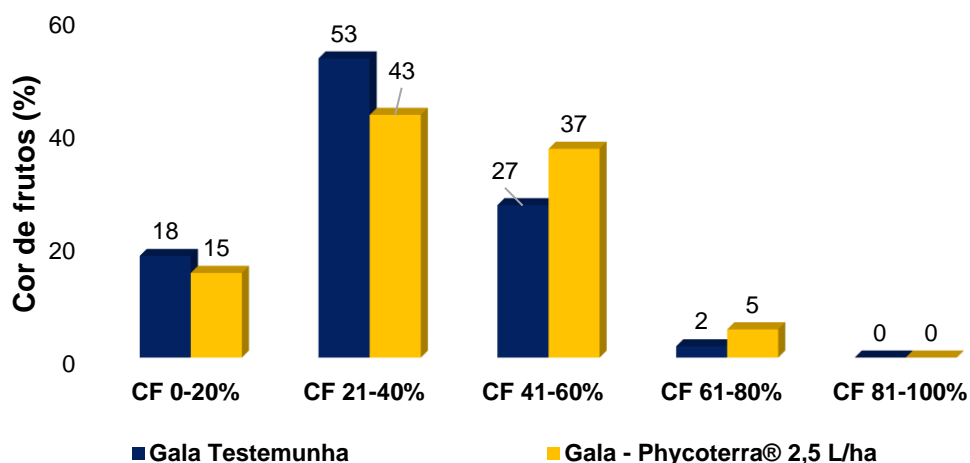


Figura 9. Cor de frutos da cultivar Maxi Gala submetida a doses do extrato de micro-algas Phycoterra®.

No que diz respeito ao índice de maturação iodo-amido, foi observado que o percentual de frutos com maior índice de maturação foi do PhycoTerra® (índice 9), em que o maior índice de maturação apresentado pelos frutos foi o 8 e a diferença de percentual de frutos maduros de neste índice foi 8% (Fig.3). Novamente, indicando frutos com maior índice de maturação.

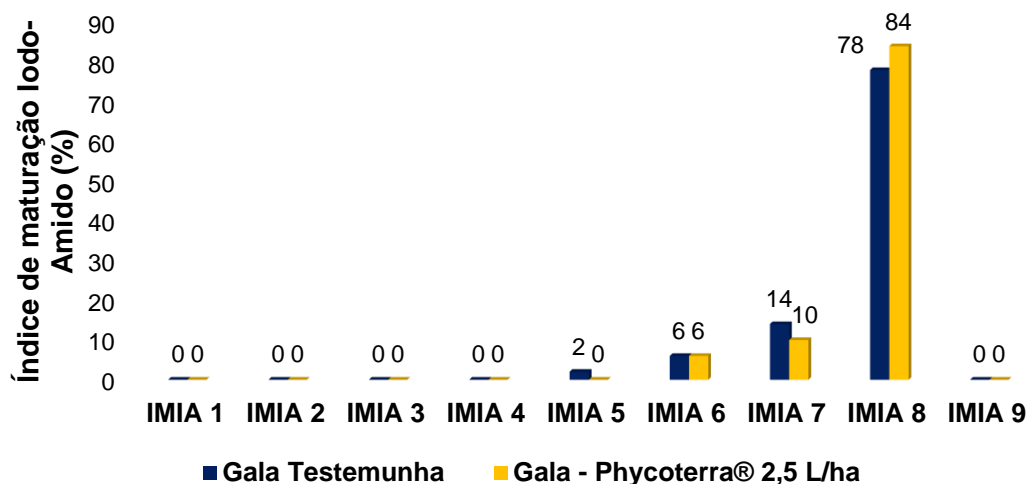


Figura 10. Índice de maturação iodo-amido de frutos de macieira cultivar Maxi Gala submetida a fertirrigação com e sem PhycoTerra®.

Em relação a categorização dos frutos, para categoria CAT1 em ambos os tratamentos a percentagem de frutos foi de 17%, enquanto 22% e 26% dos frutos da testemunha e do PhycoTerra, respectivamente foram categorizados como CAT2 e 61% dos frutos da testemunha como CAT3 e do Phycoterra para esta mesma categoria foram 57% dos frutos. Dos frutos que as plantas eram do tratamento testemunha, viu-se que as percentagens destes na categoria de menor qualidade (CAT3) foi maior que no tratamento com PhycoTerra (Fig.4A).

Em relação ao calibre de frutos foi observada a mesma tendência, sendo para o tratamento com PhycoTerra a percentagem de 33,5% dos frutos classificados com calibres de 90, 100 e 110 mm. Em contrapartida no tratamento testemunha a percentagem de frutos nessas categorias foi de 24,5% (Fig.4B).

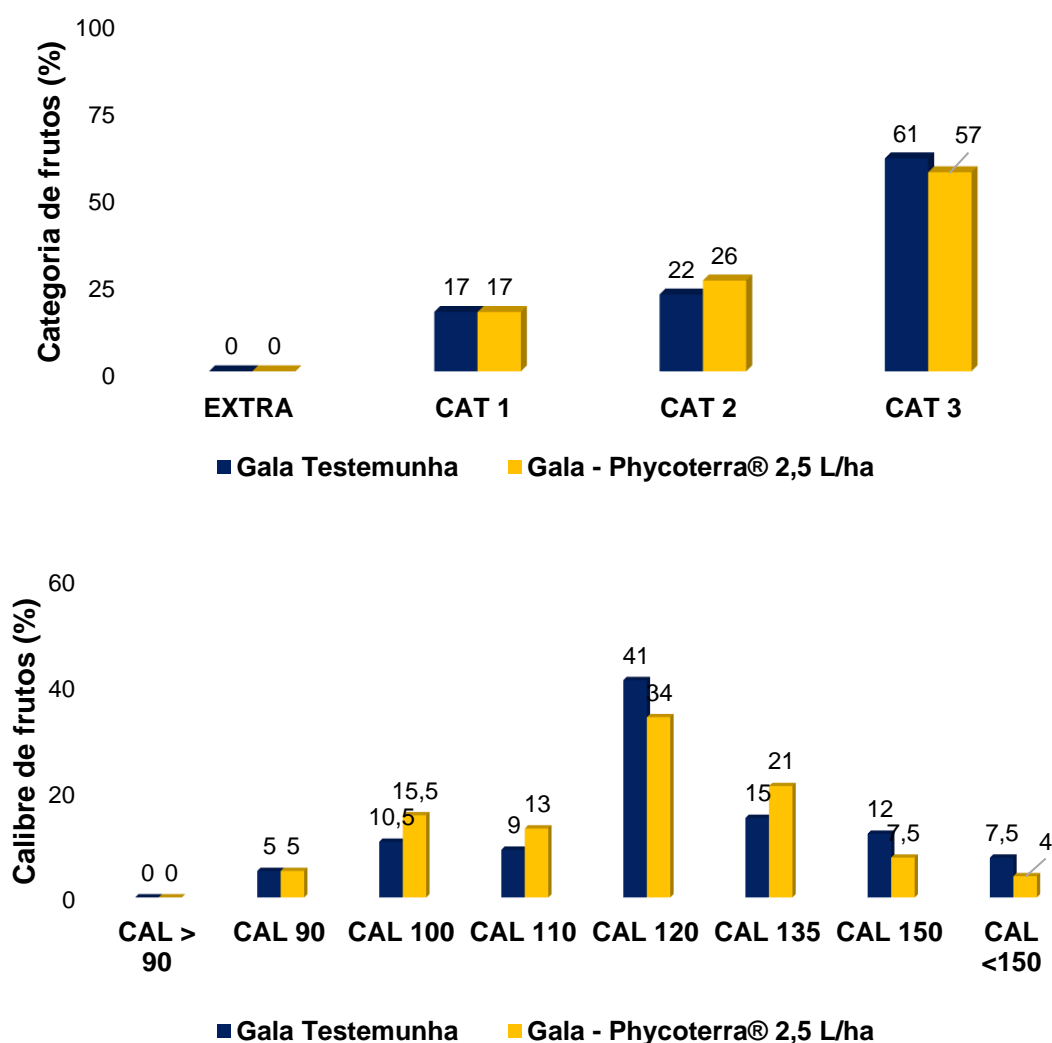


Figura 11. Categorização e calibre de frutos de macieiras cultivar Maxi Gala submetida a doses do extrato de micro-algas Phycoterra®.

Em relação à altura de plantas, observou-se que o tratamento com Phycoterra foi superior à testemunha (Fig. 5A). Para a área da seção transversal do caule, também as plantas tratadas com o extrato apresentaram área de caule maior que as plantas não tratadas, (Fig.5B). O aumento do tamanho de plantas pode estar relacionado com o fato que a aplicação de extratos de algas interfere nas propriedades químicas e físicas do solo, aumentando o teor de MO, facilitando a capacidade de troca catiônica (CTC), aumentando a retenção de água, promovendo a formação de agregados e melhorando a capacidade de tamponamento do solo, por meio da presença de polissacarídeos e substâncias mucilaginosas que fornecem a coesão para ligar as partículas minerais do solo e assim, ajudam na formação da estrutura do solo (8). Portanto, solo com condição favorável para o crescimento de plantas. Além disso, a atividade dos hormônios presentes produzidos pelas algas, tendem a promover o desenvolvimento e divisão celular das plantas.

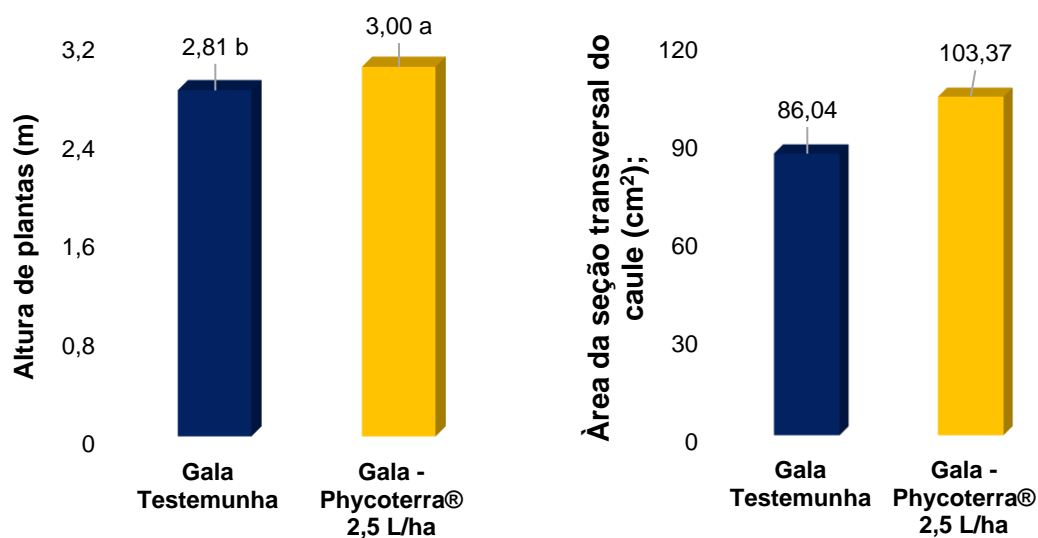


Figura 12. Altura de plantas (m) e área da seção transversal do caule (cm²) de plantas da cultivar Maxi Gala submetida a doses do extrato de micro-algas Phycoterra®.

CONCLUSÕES

A aplicação do extrato de micro-algas Phycoterra via fertirrigação, pode ser recomendada para a cultura da macieira cultivar Maxi Gala, uma vez que proporcionou o incremento na coloração dos frutos, índice de maturação iodo-amido e produtividade de frutos.

REFERÊNCIAS

1. Oliveira L da S, Lima JB de, Silva KL. IMPORTÂNCIAS ECONÔMICA E BOTÂNICA DAS PLANTAS EM VIVEIRO DE CUIABÁ, MATO GROSSO. BRASIL. Biodiversidade. 2018;17(2):80–93.
2. Petri JL, Leite GB, Couto M, Francescato P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. Rev Bras Frutic. 2011 Oct;33(spe1):48–56.
3. Yakhin OI, Lubyantov AA, Yakhin IA, Brown PH. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. Front Plant Sci. 2017 Jan 26;7.
4. Halpern M, Bar-Tal A, Ofek M, Minz D, Muller T, Yermiyahu U. The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake. In 2015. p. 141–74.
5. Francisco de AS e S, Carlos AV de A. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr J Agric Res. 2016 Sep 29;11(39):3733–40.

6. Di Vaio C, Testa A, Cirillo A, Conti S. Slow-release fertilization and *Trichoderma harzianum*-based biostimulant for the nursery production of young olive trees (*Olea Europaea* L.). *Agronomy Research*. 2021;19(3):1396–405.
7. Soppelsa S, Kelderer M, Casera C, Bassi M, Robatscher P, Andreotti C. Use of Biostimulants for Organic Apple Production: Effects on Tree Growth, Yield, and Fruit Quality at Harvest and During Storage. *Front Plant Sci*. 2018 Sep 20;9.
8. Ghosh, A. K. Functions and bio-functions of soil and its restoration. *Int J Res Anal Rev*, 2018;5(3): 672-677.

Capítulo 06

DOI: 10.53934/IIICBPAV-06

FARELOS DAS CASCAS DO CAULE E DA VAGEM DO JATOBÁ (*Hymenaea courbaril L.*): CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, TECNOLÓGICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.

Flávia Cosmo Guedes da Silva ¹; **Cristiani Viegas Brandão Grisi** ²; **Renê Pinto da Silva** ³; **Ângela Maria T.M. Cordeiro** ⁴

¹Estudante da Pós-graduação de Engenharia de Bioprocessos - UFCG; E-mail: flavia.cguedes@hotmail.com

²Pesquisadora da Pós-graduação em Tecnologia Agroalimentar – CCHSA/UFPB; E-mail: crisgrisi.gere@gmail.com

³Técnico do Departamento de Tecnologia de Alimentos -CTDR/UFPB; E-mail: rene-qi@hotmail.com

⁴Docente da Pós-graduação em Tecnologia Agroalimentar – CCHSA/UFPB; E-mail: atribuzycordeiro@gmail.com

Resumo - O jatobá é uma espécie arbórea de ampla distribuição geográfica, possui cerca de 30 espécies, sendo uma planta conhecida como um material vegetal medicinal para tratamentos de doenças além de possuir propriedades antimicrobianas e antioxidantes. O objetivo desse estudo foi obter farelos da casca do caule (CCJ) e da casca da vagem (CVJ) do jatobá (*Hymenaea courbaril L.*) e analisar quanto as propriedades físico-químicas e tecnológicas. Os farelos foram obtidos por secagem em estufa com circulação de ar por 24h à 40 °C. Além disto, foram obtidos extratos hidroalcolólicos das amostras CCJ e CVJ, e analisadas quanto ao teor de compostos fenólicos, atividade antioxidante pelos métodos sequestrador de radical livre – DPPH e pelo método redutor de ferro – FRAP. As amostras apresentaram um elevado valor de fibra bruta, com 39,79 g/100g em CVJ e 40,85 g/100g em CCJ. Os parâmetros de higroscopicidade (7,41 - 13,14g/100g) e solubilidade em água (58,46 – 73,83 g/100g) apresentaram diferenças significativas entre as amostras, com seus maiores valores em CVJ. O extrato com CCJ apresentou os maiores valores quanto teor de compostos fenólicos (197,52 mg EAG/g), e atividade antioxidante pelo método de FRAP, 152,43 mmol Fe2SO4/g. Portanto, CCJ pode ser recomendado como fonte para extração de compostos ativos, podendo ser usado como aditivo natural para indústria de alimentos. Além disto, CCJ pode ser usado como material de reforço para compósitos, devido ao alto teor de fibras insolúveis em água.

Palavras – chave: Antioxidante; Aditivo natural; Farelo; Jatobá

Abstract – Jatobá is a tree species with a wide geographic distribution, it has around 30 species, being a plant known as a medicinal plant material for treating diseases in addition to having antimicrobial and antioxidant properties. The objective of this study was to obtain bran from the stem peel (CCJ) and pod peel (CVJ) of the Jatobá (*Hymenaea courbaril L.*) and analyze the physical-chemical and technological properties. The brans were obtained by drying in an oven with air circulation for 24 hours at 40 °C. Furthermore, hydroalcoholic extracts were obtained from the CCJ and CVJ, and analyzed for the content of phenolic compounds and antioxidant activity using the free radical

scavenging method – DPPH and the iron reducing method – FRAP. The samples showed a high crude fiber value with 39.79 g/100g for CVJ and 40.85 g/100g for CCJ.. The parameters of hygroscopicity (7.41 - 13.14g/100g) and water solubility (58.46 - 73.83 g/100g) showed significant differences between the samples, with their highest values in CVJ. The extract with CCJ presented the highest values in terms of phenolic compound content (197.52 mg EAG/g), and antioxidant activity by the FRAP method, 152.43 mmol Fe₂SO₄/g. Therefore, CCJ can be recommended as a source for extracting active compounds and it can be used as a natural additive for the food industry. Furthermore, CCJ can be used as a reinforcing material for composites, due to the high content of water-insoluble fibers.

Key Word: Antioxidant; Natural additive; Bran; Jatobá

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com uma das maiores diversidade ecológica do mundo abrigando cerca de 25 % de toda biodiversidade mundial conhecida. Sendo esta diversidade biológica de grande importância para atividades de bioprospecção de novas espécies com aplicação em novas áreas tecnológicas (1). O jatobá é uma espécie arbórea de ampla distribuição geográfica, chegando a uma altura de 15 a 20m, é adaptável em solos arenosos, argilosos, continental e de alta várzea. A árvore possui folhas compostas por dois folíolos, inflorescência em panículas terminais e frutos em forma de vagens indeiscentes. As vagens são robustas, envoltas por uma farinha comestível conhecida como arilo, de grande valor nutritivo e cheiro característico do fruto (2,3).

De acordo com o conhecimento popular, as cascas do caule e folhas do jatobá possuem ação antifúngica, antibacteriana, antiespasmódica, antioxidante, descongestionante, anti-inflamatória, fortificante, vermífuga, expectorante, laxante, purgativo, sedativo, estimulante e tônico (4). Segundo Dias et. al. (2), estas atividades fitoquímica conhecidas pela medicina popular se deve pela elevada atividade antioxidante. Eles quantificaram a atividade antioxidante do jatobá pelo método de DPPH em torno de 22,19% na polpa do fruto e de 83,49% na semente, isso se deve a presença de compostos fenólicos em torno de 8,60 mg EAG/g para a polpa e 3,43 mg EAG/g para a semente.

Na literatura existem estudos sobre diversas partes da planta do jatobá, de acordo com da Silva et al. (5), que estudaram a caracterização físico-química do fruto de jatobá do cerrado, concluindo assim, que todas as partes do fruto possuir fonte consideráveis de nutrientes, possibilitando a sua utilização para novos produtos alimentícios. Veggi et al. (4) Discutiram a obtenção dos compostos fenólicos obtidos através da casca por extração de fluido supercrítico onde a extração rendeu 18% de extrato, com teor de compostos totais de 335 mgEAG/g e teor de taninos totais de 2,67 g / 100 g, confirmando um potencial antioxidante. (2) Estudaram as propriedades físico-químicas e bioativas da polpa e a fração lipídica da semente, e encontram um teor de lipídios em ambas as frações inferior a 6%, além disso observaram uma presença significativa de minerais, principalmente sódio, potássio e fósforo.

No entanto, não há estudos na literatura utilizando a casca do caule (CCJ) e a casca da vagem do jatobá (CVJ) para desenvolver um farelo que poderá ser utilizado como aditivo natural antioxidante. Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar as

propriedades físico-química e tecnológica dos farelos obtido da CCJ e da CVJ, além disto a avaliar a atividade antioxidante do extrato hidroalcoólico obtido dos farelos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

As cascas da vagem e do caule do jatobá (*Hymenaea courbaril L.*), foram adquiridos nos centros comerciais da Paraíba, Brasil. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico das marcas Sigma-Aldrich, Perkin-Elmer e NEON.

2.2 Métodos

2.2.1 Obtenção do farelo do jatobá

As cascas do caule e da vagem do jatobá foram quebradas manualmente e depois submetidas a secagem à 40°C em estufa com circulação forçada de ar por 24h. Em seguida, foram trituradas em moinho de facas industrial até a obtenção dos farelos, que foram armazenadas sob temperatura ambiente até o momento das análises físico-químicas e tecnológicas.

2.2.2 Composição proximal

As análises de composição proximal foram conduzidas de acordo com os métodos (6). As análises foram realizadas em triplicata. A umidade foi determinada por secagem em estufa a 105 °C sem circulação de ar; as cinzas foram quantificadas por incineração em mufla a 550 °C; as proteínas foram quantificadas pelo método de Kjeldahl utilizando fator de correção 5,75 para produtos de origem vegetal; os lipídios foram extraídos por Folch com clorofórmio, metanol e uma solução de sulfato de sódio 1,5%. O valor energético total foi expresso em quilocalorias por 100 gramas de amostra (kcal)/100g, estimado a partir dos fatores de conversão de Atwater: kcal = (4 x g proteína) + (4 x g carboidratos) + (9 x g lipídios). As fibras totais foram determinadas pelo método de Hennenberg com ácido sulfúrico 1,25%, hidróxido de sódio 1,25%, álcool etílico e éter etílico. Os carboidratos totais foram determinados por diferença (100g – gramas totais de umidade, proteína, lipídeos e cinzas).

2.2.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH das amostras foram determinados de forma direta através do potenciômetro digital CIENLAB-MPA-210-BRASIL, à 25 °C, previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0.

2.2.4 Densidades aparente e compacta

Na densidade aparente foi determinada pela pesagem da amostra em uma proveta graduada de 5 ml, sem compactação, para determinar a massa total ocupada neste volume. A densidade compactada foi determinada a partir da massa de amostra contida na proveta de 5ml depois de 50 batidas consecutivas sobre a superfície da bancada a uma altura de 10 cm, para determinar o volume ocupado. Estas densidades foram calculadas pela relação massa e volume em g/ml, de acordo com a metodologia de Achor et al. (7).

O índice de compressibilidade ou índice de Carr (IC) e fator de Hausner (FH) são utilizados para avaliar indiretamente as propriedades de fluxo de pós através da relação da densidade aparente (ρ_a) e da densidade compactada (ρ_c) do pó (8, 9).

2.2.5 Densidade real

A densidade real foi determinada pelo método de deslocamento de líquido utilizando o óleo como fluido imersor como descrito por (10). Inicialmente, pesou 1g da

amostra em uma proveta graduada de 10 mL. Em seguida, transferiu o óleo contido em uma bureta de 25 mL para a proveta até a quantidade de líquido necessária para completar as 10 mL na proveta, e fez a leitura da quantidade de óleo que sobrou na bureta. Deixou em repouso por 5 h e completou o volume deslocado pelo óleo. Então, obteve o volume total gasto na bureta. A densidade real foi obtida pela relação de massa do sólido em gramas e o volume gasto de óleo em milímetros subtraído do fator 10.

2.2.6 Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com o método proposto por Caparino et al. (11). Um total de 1 g de amostra foi pesado em recipiente hermético e colocado no dessecador com umidade relativa de 75% (em solução saturada de NaCl) à 25 °C. Após 7 dias de acondicionamento, a amostra foi pesada. O resultado foi calculado pela massa de água absorvida dividido pela massa inicial da amostra, multiplicado por 100.

2.2.7 Solubilidade em água

A solubilidade foi obtida conforme metodologia descrita por (12). Um total de 1 g de amostra foi pesado em erlenmeyer e adicionado 100 mL de água destilada a 25 °C. Em seguida, a amostra foi agitada durante 1 min. Após a agitação, as amostras foram filtradas em papel filtro, e o material retido foi seco em estufa a 105 °C por 24 h.

2.2.8 Índice de absorção de água e índice de absorção de óleo

O método de descrito por Drakos et al. (13), foi usado para determinar a capacidade de absorção de água e de óleo. Inicialmente, 10 mL de água destilada ou óleo de soja foram adicionados a 1 g da amostra em tubos de centrifuga. As suspensões foram homogeneizadas durante 3 min através de um agitador de tubos. Em seguida, as amostras foram deixadas em repouso por 30 min. Posteriormente, os tubos foram fechados e centrifugados por 10 min a 1624 G. O sedimento remanescente após a retirada do sobrenadante foi pesado e as capacidades de absorção da água e do óleo foram calculadas de acordo com as Equações 1 e 2, respectivamente:

$$\text{Capacidade de absorção em água} = \frac{\text{Massa do sedimento hidratado}}{\text{Massa seca}} \quad (1)$$

$$\text{Capacidade de absorção de óleo} = \frac{\text{Massa do sedimentado insolúvel}}{\text{Massa seca}} \quad (2)$$

2.2.9 Determinação do teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante dos extratos

2.2.9.1 Elaboração da extração vegetal

Os extratos foram obtidos pela metodologia de acordo com (14). Um total de 10 g do farelo obtido no item 2.2.1, foi dissolvido em uma mistura de 50 mL de etanol e 50 mL de água destilada (50/50%, v/v) na proporção (1:10, m/v). O tempo de extração utilizado foi de 2 h à 40 °C sob agitação constante. Em seguida, a solução foi filtrada sob pressão, e o extrato resultante foi concentrado em rota-evaporador a 60 °C por 10min. Os extratos concentrados foram armazenados ao abrigo da luz à 5°C até a realização das análises.

2.2.9.2 Compostos fenólicos

O teor de compostos fenólicos totais dos extratos foi determinado pelo método Folin-Ciocalteu descrito por (15). Uma alíquota de 150µL dos extratos foi transferida para tubo de ensaio, e adicionou 60µL do reagente Folin-Ciocalteu juntamente com 2610 µL de água destilada, agitando por 60 s. Em seguida, adicionou 180µL de uma solução de carbonato de sódio a 15% e agitou por mais 60 s. A mistura reacional foi deixada em repouso por 2 h na ausência de luz. A leitura da absorbância das amostras e do padrão foram medidas a 760 nm. Uma curva padrão com ácido gálico nas concentrações de 1 a 20 mg/L ($y = 0,098x + 0,01$, $R^2 0,99$) foi utilizada para calcular os resultados expressos em mg de EAG (equivalente de ácido gálico) por g do extrato.

2.2.9.3 Atividades antioxidantes

Método sequestrador de radical livre DPPH• (2,2- difenil-1-picril-hidrazil): foi utilizada a metodologia descrita por (16) . Um total de 150 µL da amostra foi transferida para um tubo de ensaio, adicionou 150 µL de etanol e completou o volume final até 3000 µL com solução de DPPH. Em seguida, a mistura foi incubada por 30 min à 25 °C. A leitura da absorbância foi realizada a 517nm, utilizando cela de quartzo com 1 cm de caminho óptico. Uma curva padrão de Trolox nas mesmas condições das amostras foi construída nas concentrações de 100 a 2000µmol/L. Uma curva padrão de Trolox ($y = -0,1367x + 0,6047$, $R^2 0,99$), nas concentrações de 100 a 2000µmol/L, foi utilizada para calcular os resultados expressos em mol de Trolox por g de extrato (mol ETx/g).

Método de redução do ferro (FRAP): foi utilizada a metodologia descrita por (17). O reagente FRAP foi preparado no momento da análise, através da mistura de 25 mL de tampão acetato (300 mmol/L, a pH 3,6), com 2,5 mL da solução TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil-1,3,5-triazina) (10 mmol/L) diluído em HCl (40 mmol/L) e 2,5 mL de solução aquosa de cloreto férrico (20 mmol/L). Um total de 90 µL da amostra foi transferida para tubo de ensaio, adicionou 270 µL de água destilada, e 2700 µL do reagente FRAP. O tubo foi homogeneizado e incubado a 37 °C em banho-maria por 30 min. As leituras das absorbâncias das amostras e do padrão foram realizadas a 595nm. Uma curva padrão de sulfato ferroso ($y = 0,0006x - 0,0235$, $R^2 0,99$), nas concentrações de 500 a 2000 mmol/L, foi utilizada para calcular os resultados expressos em mmol Fe₂SO₄ por g de extrato.

2.2.10 Espectroscopia na região do infravermelho

As análises foram realizadas no espectrofotômetro FTIR (Shimadzu, modelo IR Prestige-2). Os espectros foram obtidos no modo ATR na faixa de 4000 a 500 cm⁻¹, resolução de 4 cm⁻¹ e 40 de varreduras, de acordo com ASTM D5477-11 (18).

2.13 Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em média ± desvio padrão (n=3) e no formato de tabelas. Os resultados da caracterização dos farelos foram avaliados através do teste de t para identificar a existência das diferenças significativas com 95% de confiança ($p < 0,05$), utilizando um software Assistat 7.7.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros de composição proximal dos farelos apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre as amostras, exceto para umidade (Tabela 1). O

farelo da casca do caule do jatobá (CCJ) apresentou as maiores porcentagens de cinzas, proteínas e carboidratos. Já, o farelo da casca da vagem (CVJ) apresentaram os maiores teores de lipídeos, impactando no valor energético.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos dos farelos da casca do caule do jatobá (CCJ) e da casca da vagem do jatobá (CVJ)

Parâmetros	CCJ	CVJ
pH (à 25°C)	5,06±0,01 ^a	4,92±0,01 ^b
Acidez (g/100g)	1,13±0,01 ^a	0,43±0,01 ^b
Atividade de água (à 25°C)	0,46±0,00 ^a	0,57±0,00 ^a
Umidade (g/100g)	6,73±0,06 ^a	6,63±0,07 ^a
Cinzas (g/100g)	4,83±0,01 ^a	1,87±0,0 ^b
Proteínas (g/100g)	3,23±0,17 ^a	1,68±0,03 ^b
Lipídios (g/100g)	0,60±0,04 ^b	12,04±0,14 ^a
Fibras brutas (g/100g)	40,85±1,73 ^a	39,79±3,31 ^a
Carboidratos totais(g/100g)*	84,61	77,78
Valor energético (Kcal/100g)	356,76	426,20

A umidade, atividade de água, pH e acidez do produto são parâmetros relacionados a estabilidade e durabilidade, em termos de reações metabólicas e microbiológicas. As amostras apresentaram um caráter ácido, com pH variando de 5,06 e 4,92, e acidez variando de 0,43 a 1,13 g/100g. A amostra CCJ apresentou um valor maior que a CVJ para estes parâmetros, e diferiram estatisticamente ($p < 0,05$). A umidade e a atividade de água das amostras não diferiram ($p < 0,05$). A atividade de água das amostras apresentou valores abaixo de 0,60, sendo consideradas estáveis ao desenvolvimento microbiano (3). As umidades das amostras apresentaram valores abaixo de 7 g/100g, podendo ser classificadas como um produto seco e que atende a legislação brasileira da ANVISA, Resolução n. 263 [< 15 g /100 g para farelos] (19).

Os valores obtidos de cinzas do jatobá estão de acordo com a literatura variando 3,38% - 4,20% (20). Para os teores de proteína, da Silva et al. (17) encontraram valores aproximadamente de 2 vezes superior (7,07 g/100g) ao presente estudo, quando analisaram a polpa da vagem do jatobá, e valores próximos para casca da vagem do jatobá (2,08 g/100g), onde essa variação pode ser explicada pela origem da planta e principalmente, pelas condições climáticas. Quanto a fração lipídica das amostras, de Menezes Filho et al (3) encontraram valores 4 vezes menor para casca da vagem do jatobá (4,03 g/100g) quando comparados aos valores encontrados neste estudo, nesta mesma parte da planta.

As fibras brutas apresentaram valores significativos em ambas as amostras, sem diferença estatística significativa, podendo ser consideradas como fontes de fibras. (2) Estudarem a farinha da semente e da polpa do jatobá, obtendo valores de fibras de 50,02 g/100g e 72,14 g/100g, respectivamente. Os valores obtidos por estes autores são mais altos que os encontrados no presente estudo para CVJ e CCJ (40 g/100g), isto pode ser explicado por ter sido estudado diferentes partes da planta. Segundo da Silva et al. (5), essa diferença também pode estar relacionada ao estado de maturação, local de cultivo, dentre outras características.

As amostras CCJ e CVJ são ricos em carboidratos, principalmente fibras, fornecendo um valor energético total de 356,76 kcal/100g e 426,20 kcal/100g,

respectivamente, o que corresponde a aproximadamente 20% das necessidades calóricas de um adulto, com dieta de 2000 kcal (21).

3.2 Densidades, índice de Carr e fator de Hausner

Na tabela 2 foi observada diferença estatística significativas ($p < 0,05$) entre as amostras para densidade compactada, índice de Carr e fator de Hausner.

Tabela 2 – Densidade aparente, compacta e real, índice de Carr e ffator de Hausner.

Parâmetros	CCJ	CVJ
Densidade aparente (g/mL)	0,41±0,01 ^a	0,54±0,04 ^a
Densidade compacta (g/mL)	0,52±0,00 ^a	0,78±0,03 ^b
Densidade real (g/mL)	0,11±0,01 ^a	0,11±0,00 ^a
Índice de Carr	18,87±0,12 ^a	8,4±0,20 ^b
Fator de Hausner	1,23±0,00 ^a	1,09±0,00 ^b

A média da densidade aparente não apresentaram diferença significativa entre as amostras com ($p < 0,05$). (3) Estudaram a densidade aparente da farinha do jatobá e encontraram valores variando de 0,6 – 0,72 g/mL, para a casca do caule e semente do jatobá. A densidade compacta possui valores superiores aos valores da densidade aparente, isso se explica quando as partículas não oferecem resistência à compactação, resultando assim em um menor volume ocupado após a compactação. Este é um parâmetro importante para definição do processamento, da embalagem e do transporte dos farelos desenvolvidos.

O índice de Carr (IC) e o fator de Hausner (FH) são medidas indiretas das propriedades do fluxo de farelo. O FH é indicativo de atrito entre partículas, enquanto o índice de Carr ou de compressibilidade mostra a aptidão do material em diminuir volume. O fator de Hausner pode ser classificado: como excelente fluxo, quando o FH está entre 1,00 – 1,11, bom de 1,12 – 1,18, razoável de 1,19 – 1,25, aceitável de 1,26 – 1,34, difícil de 1,35 – 1,45, muito difícil de 1,46- 1,59, extremamente difícil $> 1,60$. Já, IC é classificado como: boa fluidez entre 15-20, pouca fluidez entre 20-35, fluidez ruim entre 35-45 e fluidez muito ruim $> 45\%$ (24). O FH ficou entre 1,09 – 1,23, sendo classificado com uma fluidez razoável, sendo importante para a definição dos parâmetros de processamento destes farelos. Enquanto, que o IC pode ser classificado como uma boa fluidez, com valores entre 8,40 e 18,87, confirmando a facilidade de diminuição de volume quando compactado.

3.3 Higroscopicidade, solubilidade, absorção em água e em óleo.

Na Tabela 3, estão expressos os resultados das propriedades de higroscopicidade, solubilidade, absorção em água e em óleo, onde higroscopicidade e a solubilidade apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Tabela 3 – Higroscopicidade, solubilidade, absorção em água e em óleo

Parâmetros	CCJ	CVJ
Higroscopicidade (g/100g)	7,41±5,17 ^b	13,14±0,87 ^a
Solubilidade (g/100g)	58,46±0,05 ^b	73,83±0,02 ^a
Absorção de água (gH ₂ O/100g)	3,14±0,32 ^a	2,90±0,06 ^a
Absorção de óleo (gÓleo/g)	2,80±0,53 ^a	2,34±0,28 ^a

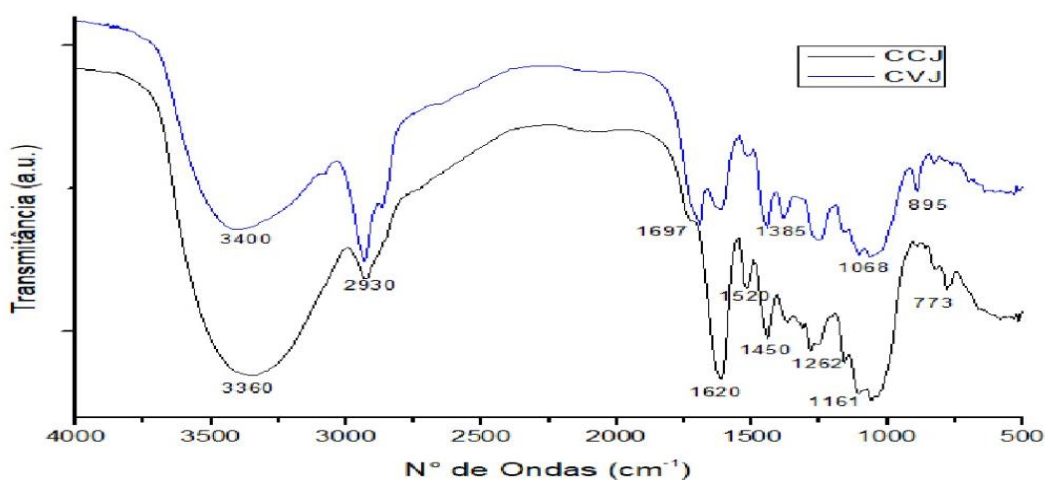
A higroscopicidade é um parâmetro que quantifica a água fixada espontaneamente na matriz, sendo influenciado pela densidade e solubilidade. Além disto, esta é uma das propriedades que pode ser influenciada pela quantidade e tipo de carboidratos presentes na amostra (10). A higroscopicidade da amostra CVJ (13,14 g/100g) foi maior que CCJ. Dos Santos et al. (24) ao estudarem farinha de amêndoas de manga obtiveram (11,46 g/100g) valores próximos aos observados nas amostras estudadas, e eles atribuíram ao elevado teor de carboidratos com caráter hidrofílico. As solubilidades das amostras tiveram o mesmo comportamento que a higroscopicidade, com o maior valor também apresentado na amostra CVJ. Essa diferença pode ser atribuída ao elevado teor de cinzas e fibras insolúveis em água da amostra CCJ, apesar de ter apresentado um maior teor de carboidrato quando comparado a CVJ.

Para os parâmetros de absorção de água e de óleo, não foram apresentadas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$), com valores variando de 2,90 – 3,14 gH₂O/100g para capacidade de absorção de água, e de 2,34 – 2,80 gÓleo/g para capacidade de absorção de óleo. Estes parâmetros são importantes para definição das aplicações destes farelos no processamento do alimento.

3.4 Espectros de FTIR

Na figura 1, foram representados os espectros da análise de FTIR-ATR das amostras CCJ e CVJ, onde pode ser observado um comportamento semelhante entre as bandas. Os espectros foram sobrepostos para proporcionar melhor a visualização das bandas entre 4000 e 500 cm⁻¹ apresentando os principais grupos constituídos em ambas as amostras.

Figura 1: Espectros do FTIR do CCJ e do CVJ



As bandas 3400 e 3360 cm⁻¹ são referentes ao grupo vibracional O-H, que pode ser atribuída a presença de água remanescente na amostra, apesar ser um produto seco, apresentaram uma umidade de aproximadamente 7 g/100g; ou presença de compostos fenólicos. A bandas 2930 cm⁻¹ de menor intensidade correspondente ao estiramento C-H da carbonila esterificada com açúcar e dos grupos metílicos (22). Os picos de 1697 cm⁻¹ e 1620 cm⁻¹ corresponde ao estiramento C=O de compostos ácidos (2).

Os picos 1161 cm⁻¹ e 1385 cm⁻¹ são correspondente a presença de celulose, sendo atribuídos ao estiramento assimétrico O-C-O e a curvatura de CH₂, respectivamente. O

pico 1262 cm^{-1} é o alongamento C-O atribuído a presença de pectina. O pico em 1050 cm^{-1} é atribuído ao estiramento C-O-C glicosídico da hemicelulose (23).

3.5 Teor de compostos fenólicos e atividades antioxidantes

Na Tabela 4, estão expressos os resultados de compostos fenólicos totais, e atividades antioxidantes, pelo método de captura de radical livre 2,2- difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) e redução de ferro (FRAP) dos extratos hidroalcolóico das amostras CCJ e CVJ. Em todos os parâmetros foram observadas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) para ambos os extratos estudados.

Tabela 4 – Compostos fenólicos e atividades antioxidantes dos extratos

Caracterização	Extrato com CCJ	Extrato com CVJ
Compostos fenólicos (mgEAG/g)	197,52±2,98 ^a	144,86±8,41 ^b
DPPH (% de inibição)	81,74±0,15 ^b	82,96±0,08 ^a
FRAP (mmol $\text{Fe}_2\text{SO}_4/\text{g}$)	152,43±5,01 ^a	50,83±2,04 ^b

Os compostos fenólicos dos extratos hidroalcolóicos são considerados alto, sendo o extrato com CCJ cerca de 35% mais rico em compostos fenólicos que o extrato com CVJ. A atividade antioxidante pelo método DPPH é bastante elevada com valores acima de 80% de inibição frente a radical livre. O elevado teor de compostos fenólicos, também proporcionou uma maior atividade antioxidante pelo método de redução de ferro (FRAP) para a amostra de extrato com CCJ, tendo valores 3 vezes maior do que o extrato com CVJ.

De acordo com Costa et al. (25), comparar valores de atividade antioxidante na literatura em diferentes extratos é praticamente impossível. Os principais motivos são: não existe um sistema de extração padrão para isolar todos os antioxidantes naturais ou a classe específica desejada, o tipo de solvente, a parte da planta, existem diversos mecanismos e por serem expressos de diversas formas, dentre tantos outros.

4 CONCLUSÃO

Os farelos são indicados para produtos que requerem baixa retenção de água e de gordura, para melhorar as características sensoriais e aumentar a sensação e a retenção do sabor do produto. Sugerindo um estudo avançado sobre os desenvolvimentos de novos produtos à base desses farelos.

Além disso, poder ser constatado que é possível a extração de compostos bioativos das cascas do jatobá de ambas as partes da planta, mostrando uma ótima eficiência no teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Os farelos possuem fatores que podem ser utilizados com um aditivo natural, com função antioxidante, ou seja, de retardar os processos oxidativos dos alimentos.

Pesquisas realizadas sobre o teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante presentes em plantas nativas na região nordeste podem promover o reconhecimento de alimentos nativos ricos em compostos fenólicos com ótima atividade antioxidante, aumentar o consumo de alimentos provenientes dessas matérias-primas.

REFERÊNCIAS

(1) De Freitas, S. T. F., Benvindo-Souza, M., Teodoro, L. O., Goulart, M. M. P., Pinto, T. F. E., Azevedo, M. O. et al. Aspectos taxonômicos da bioprospecção no Brasil: tendência científica. *ecologia Australis*, 2020; 24(4), 780.

(2) Dias L.S, Luzia D.M.M, Jorge N. Propriedades físico-químicas e bioativas da polpa e fração lipídica da semente de *Hymenaea courbaril* L. *Culturas e Produtos Industriais*. 2013 v. 49, p. 610-618.

(3) De Menezes Filho A.C.P., Silvia M.A., Perreira A.V., Oliveira Filho J. G. , Castro C.F.S. Parâmetros físico-químicos, tecnológicos, atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais e carotenóides das farinhas dos frutos do jatobá-do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne). *Multi-Science Journal*. 2019; v.2, n 1 ,93-100.

(4) Veggi P.C, Prado J.M., Bataglion G.A., Eberlin M.N., Meireles A.A.. Obtaining phenolic compounds from jatoba (*Hymenaea courbaril* L.) bark by supercritical fluid extraction. *The journal of supercritical Fluids*. 2014; v. 89, 68-77.

(5) Silvia, E.F., Batista, E.M., Almeida, E.J.N., Lemos, M.R., Barcelos, S.C., Souza, P.A. Physical, physicochemical and centesimal characterization of jatobá-do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). *Editora verde CVAA*. 2020; 15:2; 139-145.

(6) Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020.

(7) Achor, M., Oyeniya, J.Y., Musa, M., Gwarzo, M.S. Physicochemical Properties of Cassava Starch Retrograded in Alcohol. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2015; v. 5, n. 10, p. 126–131.

(8) Jinapong, N.; Suphantharika, M.; Jamnong, P. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 2008; v. 84, n. 1, p. 194–205.

(9) Hausner, H.H., Friction conditions in a mass of metal powder. *Powder Metall*, 1967; v.3, p.7-13.

(10) Pragati, S., Genitha I., Ravish K. Comparative Study of Ripe and Unripe Banana Flour during Storage. *Journal of Food Processing & Technology*, 2014; v. 5, n. 11, p. 1–6.

- (11) Caparino, O.A., Tang, J., Nindo, C.I., Sablani, S.S., Powers, J.R., Fellman, J.K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine “Carabao” var.) powder. *Journal of Food Engineering*. 2012; v. 111, n. 1, p. 135–148.
- (12) Dacanal G.C., Menegalli F.C., Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. *Powder Technology*. 2009; v. 188, n. 3, p. 187–194.
- (13) Drakos, A., Kyriakakis, G., Evageliou, V., Protonotariou, S., Mandala, I., Ritzoulis, C. Influence of jet milling and particle size on the composition, physicochemical and mechanical properties of barley and rye flours. *Food Chemistry*. 2017; v. 215, n. 1, p. 326–332.
- (14) Crisi, C. V. B., *Libidibia ferrea (JUCÁ): Produção de farinha, bioaditivo e embalagem ativa antioxidante*. Tese (doutorado em engenharia química)- Universidade Federal de Campina Grande. 2019.
- (15) Rossi, J. A. J.; Singleton, V. L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 1965; v. 16, p. 144–158.
- (16) Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*. 1995;v. 28, n.1, p.25-30.
- (17) Rufino, M. D. S. M., Alves, R. E., de Brito, E. S., de Moraes, S. M., Sampaio, C. D. G., Pérez-Jimenez, J., Saura-Calixto, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. 2007.
- (18) Astm - American Society For Testing And Materials. ASTM D5477-11 Standard Practice for Identification of Polymer Layers or Inclusions by Fourier Transform Infrared Microspectroscopy (FT-IR), 2011.
- (19) Brasil - Ministério Da Saúde. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC N° 263, de 22 de setembro de 2005 Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelo. 2005, p. 6.

(20) Cohen, K.O. Jatobá-do-cerrado: composição nutricional e beneficiamento dos frutos. Documentos/Embrapa cerrados.2010; 2176-5021; 280.

(21) Munhoz, C.L., Guimarães, R., Nozaki, V.T., Sanjinez-Argandoña, E.J., Macedo, M.L.R. Composição química e fatores antinutricionais do fruto da bocaiuva. *Ambiência*, 2018; 14 (1), 212-224.

(22) JACOB, J., GOPI, S. Isolation and physicochemical characterization of biopolymers. 2021; 45-79. Elsevier. doi.org/10.1016/B978-0-12-8192405.00003-1

(23) Resende, L M.; Oliveira, Leandro S.O.; Franca, A. S. Characterization of jabuticaba (*Plinia cauliflora*) peel flours and prediction of compounds by FTIR analysis. *Lwt* , 2020; v. 110135.

(24) Dos Santos Caetano, K., Lopes, N.A., Costa, T.M.H., Brandelli, A., Rodrigues, E., Flôres, S.H., Cladera-Olivera, F. Characterization of active biodegradable films based on cassava starch and natural compounds. *Food packaging and shelf life*. 2018; 16 , 138-147.

(25) Costa, A. B., Oliveira, A. M. C. de, Silva, A. M. de O. e, Mancini-Filho, J. L., & Lima, A. de. Atividade antioxidante da polpa, casca e sementes do Noni (*Morinda citrifolia* Linn). *Rev. Bras. Frutic*, 2013; 345–354. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.104>

Capítulo 07

DOI: 10.53934/IIICBPAV-07

SUPLEMENTAÇÃO DE BOVINOS NOS PERÍODOS DE TRANSIÇÃO

Luana Milena Pereira ; Gustavo Rodrigues Lisboa ; Keylla Cristina de Almeida ; Simara Sá Costa ; Yuri de Oliveira Souza ; Carlos Eduardo Avelino Cabral ; Carla Heloisa Avelino Cabral 

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carla.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: O pasto é a principal fonte da dieta nos sistemas de produção de carne no Brasil, esse se destaca por possuir um custo de produção reduzido quando comparado a demais fontes de nutrientes, todavia, no decorrer do ano, a produção de forragem fica comprometida devido às alterações na característica pluviométrica, o que promove a sazonalidade do pasto, e pode levar os animais a apresentarem deficiências nutricionais múltiplas. Uma forma de elevar o desempenho animal a pasto e a capacidade de suporte das pastagens deriva de uma estratégia de oferta de suplementos. Com isso, o objetivo da presente revisão foi analisar diferentes alternativas de suplementação de bovinos nos períodos de transição seca-águas e águas-seca. Na transição seca-águas intensifica-se a emissão de folhas novas com alto teor de proteína solúvel e deve-se suspender o fornecimento dos suplementos minerais com ureia e suplementos minerais proteicos que possuem a maior proporção da PB advinda de NNP. No período de transição águas-seca ocorre redução drástica do crescimento forrageiro que marca o início de uma época de escassez, em que se pode considerar a proteína como principal limitante da atividade ruminal. Assim, o déficit nutricional básico em pastagens tropicais em manejo tradicional é a proteína bruta. No período de transição seca-águas deve-se aumentar a relação PB:NNP do suplemento. No período de transição águas-seca deve-se ficar atento à massa de forragem que definirá o tipo de suplemento a ser utilizado. A suplementação deve ser preconizada para ajustar a relação de proteína e energia da dieta.

Palavras-chave: desempenho; fibra; ganho de peso; suplemento

Abstract: Pasture is the main source of diet in meat production systems in Brazil, it stands out for having a reduced production cost when compared to other sources of nutrients, however, throughout the year, forage production is compromised due to changes in rainfall characteristics, which promotes pasture seasonality. and can lead to multiple nutritional deficiencies. One way to increase the animal performance on pasture and the carrying capacity of pastures derives from a strategy of offering supplements. Thus, the objective of the present review was to analyze different alternatives for cattle supplementation in the dry-water and rainy-dry transition periods. In the dry-water transition, the emission of new leaves with high soluble protein content is intensified and the supply of mineral supplements with urea and protein mineral supplements that have

the highest proportion of CP from NPN should be suspended. In the rainy-dry transition period, there is a drastic reduction in forage growth, which marks the beginning of a lean season, in which protein can be considered as the main limiting factor of rumen activity. Thus, the basic nutritional deficit in tropical pastures under traditional management is crude protein. In the dry-water transition period, the CP:NPN ratio of the supplement should be increased. In the rainy-dry transition period, attention should be paid to the foraging mass that will define the type of supplement to be used. Supplementation should be recommended to adjust the protein and energy ratio of the diet.

Key word: performance; fiber; weight gain; supplement

INTRODUÇÃO

O clima e espaço territorial do Brasil favorecem a produção de forragem, e devido ao interesse econômico, este alimento é fornecido a um rebanho de bovinos estimado em 218,15 milhões de cabeças, sendo Mato Grosso o maior estado produtor, com 32,70 milhões de bovinos. (1)

Desta forma, o pasto é a principal fonte da dieta nos sistemas de produção de carne no Brasil, esse se destaca por possuir um custo de produção reduzido quando comparado a demais fontes de nutrientes, além de possuir uma alta praticidade no que tange ao próprio animal ser responsável pela coleta da forragem durante a atividade de pastejo. Todavia, no decorrer do ano, a produção de forragem fica comprometida devido às alterações na característica pluviométrica, o que promove a sazonalidade do pasto, e pode levar os animais a apresentarem deficiências nutricionais múltiplas. (2). Portanto, uma forma de elevar o desempenho animal a pasto e a capacidade de suporte das pastagens deriva de uma estratégia de manejo da pastagem através da adubação, pastejo diferido, ajuste na taxa de lotação (3,4) e oferta de suplementos.

Durante o ano existe a estação das águas, momento em que se concentra as chuvas e a produção forrageira, assim, na estação seca ocorre o oposto, sendo necessárias estratégias que minimizem esta escassez. Destaca-se que entre estes dois períodos (águas e seca) ocorrem oscilações gradativas das características produtivas e qualitativas do pasto, sendo estes momentos denominados de transições.

Ao longo dos períodos de transições o crescimento vegetal vai se alterando, fazendo com que a interação do animal com a massa disponível sofra alterações no tocante a qualidade do material ingerido. No período de transição seca-águas as forragens passam a exibir altas proporções de nitrogênio não proteico (NNP) na proteína bruta (PB) após as primeiras chuvas, além de apresentar elevada digestibilidade da matéria orgânica (MO). Gramíneas tropicais tendem a não exibir déficit em relação ao nitrogênio, apresentando teores de PB próximos a 100g/kg de matéria seca (MS) (5). Embora as deficiências nutricionais estejam interligadas principalmente à proteína, durante a transição seca-águas altera-se o enfoque desta deficiência, alterando-a de dietética em metabólica (6).

Durante o período de transição águas-seca ocorre uma diminuição progressiva da produtividade e do valor nutritivo do pasto (7). Neste período, observa-se a oportunidade de pastejo seletivo. Conforme as plantas vão amadurecendo, os teores de nutrientes diminuem rapidamente e, conseqüentemente, há deficiência na dieta (8). Isto se deve à baixa concentração de proteína e menor disponibilidade de energia nas pastagens, o que leva ao baixo desempenho animal (9).

Portanto, objetivou-se com essa revisão analisar diferentes tipos de suplementação nos períodos de transição seca-águas e águas-seca.

CARACTERÍSTICAS DO PASTO

A estacionalidade da produção de plantas forrageiras é um desafio, visto que um dos principais conceitos que conduzem a tomada de decisões nos sistemas de produções pecuárias é ajustar o suprimento em relação à demanda por alimentos durante o ano (10). A estacionalidade refere-se à diminuição de produção das pastagens em períodos que ocorrem redução na disponibilidade de luz, queda na temperatura média e diminuição drástica na pluviosidade, impedindo o crescimento uniforme da forragem durante o ano e favorecendo o crescimento vigoroso dessa forragem na época das águas (11).

Estes diferentes períodos ocasionam mudanças na planta, acarretando em menor qualidade nos períodos onde se tem precipitação mais baixa. Ademais, grande parte das forrageiras tropicais contêm elevada porcentagem de parede celular e baixo conteúdo celular (12). O conteúdo celular, expresso pela fração solúvel, apresenta cerca de 100% de digestibilidade. A parede celular, expressa pela fração insolúvel, abrange um potencial de degradação menor, possuindo resistência ao ataque de enzimas do trato gastrointestinal de ruminantes (13).

De acordo com Lazzarini et. al. (14), as gramíneas tropicais possuem valor nutritivo débil e teor de proteína inferior ao teor mínimo de 7,0%, valor este indubitável para as condições de utilização dos substratos da forragem ingerida pelo animal, por parte dos microrganismos. Devido ao desempenho animal ser prejudicado, tornando-se insatisfatório, nessas pastagens, se faz essencial o fornecimento de suplementos concentrados, sempre levando-se em consideração o ponto de vista técnico-econômico.

Na transição seca-águas ocorre o início do rebrotamento, onde os brotos possuem maiores quantidades de NNP e são mais tenros, carecendo de melhor manejo animal antes desse período, para que o material senescente seja consumido, pois com a rebrota os animais possuem a preferência de consumir apenas o material novo, deixando de ingerir o material velho, dificultando o restabelecimento da planta (15).

No período de transição águas-seca a pastagem possui características diferentes. Esta transição apresenta redução das chuvas, temperatura e luminosidade, impactando a taxa de crescimento do capim. Como o pasto se apresenta na pré-transição impacta diretamente na resposta produtiva, o que pode ser visto em condições de baixa oferta e estrutura ruim (menor relação folha/colmo).

Outro fator que influencia são as condições climáticas que agem sobre o florescimento da planta e, aliado ao aumento da senescência foliar, diminui a qualidade nutricional da forrageira. Todas essas variações influenciam o teor de proteína, diminuindo-o, e aumentando a fibra (concentração de fibra em detergente neutro

indigestível (FDNi)) da pastagem (16). Ou seja, à medida que a forragem vai amadurecendo e aumentando a quantidade de material senescente e morto, os animais tendem a diminuir o consumo, com consequente redução no ganho de peso (15).

O período águas-seca sucede com o fim da lactação das matrizes, quando a oferta de leite já está diminuindo; além de que esta fase precede aos desmames do sistema de produção (8). Por isso, suplementar utilizando concentrados pode representar uma estratégia inteligente para reduzir os impactos no desempenho dos bezerros e matrizes na estação seguinte.

A suplementação visa manter um padrão de qualidade na bovinocultura, principalmente durante a estiagem, visto que no Brasil há uma engorda dos animais em período chuvoso e emagrecimento durante a estiagem, ocasionando o efeito sanfona (17).

Alternâncias no consumo e utilização do pasto podem ocorrer na produção animal em razão de interações presentes entre o suplemento, a forragem e a fase de produção durante as diferentes épocas do ano. Mas ainda há questionamentos relacionados à viabilidade e o nível mais adequado de suplementação concentrada a ser empregue nas diferentes épocas do ano e fases de vida dos animais, além da resposta produtiva capaz de ser obtida. Indaga-se também a respeito do efeito que a suplementação concentrada em certa fase é capaz de existir sobre a suplementação nas fases subsequentes do sistema produtivo (18).

SUPLEMENTAÇÃO

A bovinocultura de corte no Brasil tem como objetivo buscar a ampliação da capacidade de produção. Práticas adequadas de manejo devem ser utilizadas nas diferentes épocas do ano, visando propiciar aos animais ganho de peso adequado mesmo durante as épocas em que a forragem disponível apresentar menor qualidade e quantidade.

Uma das estratégias para otimização da eficiência produtiva da bovinocultura de corte é a utilização de suplementos múltiplos para os animais criados em pastagens (18). A suplementação constitui o ato de fornecer uma fonte de nutrientes adicionais para o sistema, e isso seria refletido em mudanças no consumo de forragens, concentrações de nutrientes, disponibilidade de energia dietética, magnitude dos pools de precursores bioquímicos do metabolismo e desempenho animal (19).

Ao longo do ano, nos sistemas de produção de bovinos a pasto deve-se considerar as variações sazonais inerentes aos trópicos que alteram os aspectos fenológicos das plantas forrageiras, a suplementação concentrada constitui a melhor alternativa para sincronização das necessidades de pastejo, considerando a variação quantitativa e qualitativa normal da forragem (8). Paulino et. al. e Euclides (9) concordam que uso da suplementação estratégica nos trópicos tem a principal finalidade de corrigir possíveis deficiências específicas da pastagem, ou seja, prover uma mistura equilibrada de nutrientes para potencializar a fermentação microbiana ruminal da fração digestível da parede celular vegetal, reduzir tempo de permanência da fração indigestível no trato gastrointestinal, aumentar o consumo e, conseqüentemente, o desempenho (20).

Diferentes autores afirmam que a melhor estratégia de suplementação seria aquela destinada a maximizar o consumo e a digestibilidade da forragem disponível. Os déficits

nutricionais do pasto corrigidos via suplementação concedem melhores desempenhos e torna possível a diminuição do ciclo de produção e idade de abate dos animais. A utilização de suplementos propicia o ganho de peso e a utilização de uma taxa de lotação mais alta ou um menor uso de oferta de forragem, fazendo com que, de forma simultânea, maior número de fêmeas estejam aptas ao acasalamento (21), ou maior número de animais prontos para o abate.

Na transição seca-águas, o processo de crescimento da forragem se inicia de forma rápida e se caracteriza por ampla emissão de folhas novas, e a relação folha:colmo e o teor de PB se elevam rapidamente. Devido ao alto teor de proteína solúvel nas folhas recém-emissas, a suplementação neste período pode causar diarreias nos animais. Fato este, que foi observado por Barros et al. (18), e que pode ter comprometido o ganho de peso dos animais, pois apesar da suplementação múltipla ter promovido maior desempenho comparativamente à suplementação mineral, o ganho médio diário neste trabalho foi considerado baixo.

Neste período outro fator que deve ser considerado é que os suplementos fornecidos a estes animais são característicos do período seco do ano, desta forma, naturalmente possuem uma inclusão alta de ureia, fonte de NNP que não é desejável o fornecimento durante as primeiras chuvas, com o aparecimento das brotações. Neste contexto, no período de transição seca-águas deve-se suspender o fornecimento dos suplementos minerais com ureia e suplementos minerais proteicos que possuem a maior proporção da PB advinda de NNP.

Entretanto, não deve-se confundir a alteração da característica da PB do pasto durante as primeiras chuvas com a ideia de excesso deste nutriente neste período. O trabalho de Figueiras et. al. (22) durante o período de transição seca-águas demonstra que a utilização de suplementos proteicos para bovinos em pastagens tropicais provoca maior ganho e melhor eficiência de uso dos nutrientes. Destaca-se que foi utilizado um produto com 340 g/kg de PB, sendo que aproximadamente 20% era NNP. Em conformidade com Souza et al. (23), o qual exprimem o suplemento com compostos nitrogenados como meta prioritária na ampliação do aproveitamento da forragem tropical de baixa qualidade.

Assim, a associação de fontes energéticas de rápida degradação ruminal aos compostos nitrogenados suplementares, em níveis nos quais não haja restrições significativas sobre o consumo voluntário de forragem, podem incrementar o desempenho animal por prover maior quantidade de proteína metabolizável resultante de incremento na assimilação de nitrogênio no rúmen (23), o que corrobora com o trabalho feito por Ortega (24), onde não foram encontrados efeitos de substituição ou adição sobre o consumo de forragem para nenhuma quantidade de suplemento avaliada.

O consumo voluntário da matéria seca de forragens por ruminantes é limitado pelo fluxo de digesta através do trato gastrointestinal, relativo ao efeito de repleção ruminal (25). Alta parcela deste efeito em forragens tropicais é atribuído à fração FDNi (26). A suplementação múltipla de novilhas nesse período aumenta o consumo de nutrientes e melhora o desempenho produtivo, e isso é atribuído ao maior consumo de PB, já que implica em um efeito benéfico sobre o ambiente ruminal, incrementando o crescimento microbiano sobre os carboidratos fibrosos, propiciando dessa forma, melhor aproveitamento da forragem consumida.

Esses aspectos são semelhantes aos encontrados por Silva et al. (27) e por Ortega (28), que atribuíram o maior ganho diário de novilhas suplementadas ao maior consumo de compostos nitrogenados. O mesmo efeito também é observado para novilhas prenhes, em que o maior ganho médio diário pré-parto é encontrado nos animais que são suplementados nesse período, como notado por Moreno (29), que relaciona o melhor desempenho à otimização da adequação energia:proteína.

No período de transição águas-seca ocorre uma transição importante no ambiente forrageiro, que marca o início de uma época de escassez, em que se pode considerar a proteína como principal limitante da atividade ruminal, o que por sua vez afeta a digestibilidade e o consumo da forragem, e conseqüentemente limita o processo produtivo animal (30). Sendo assim, uma das técnicas mais adotadas nos sistemas de produção é a suplementação proteica de bovinos a pasto, com o objetivo de suprir as deficiências de nutrientes e melhorar o crescimento animal, o que geralmente faz com que o desempenho animal melhore, aumentando a capacidade suporte das pastagens, e no caso de novilhas, também ajuda na redução da idade ao primeiro parto (31).

Durante o período de transição águas-secas, à medida que se aproxima a estação de seca o consumo de matéria seca e de PB de novilhas em recria exclusivamente a pasto tende a diminuir, assim como o de fibra em detergente neutro (FDN), em contrapartida a ingestão de fibra em detergente neutro indigestível (FDNI) aumenta conforme o avanço da estação seca, isso reforça a ideia de que a fração indigerível da parede celular vegetal das forrageiras tropicais constitui-se no principal componente causador da repleção ruminal e, conseqüentemente, da redução do consumo e do desempenho, isso se deve provavelmente a variação na qualidade da pastagem ao longo do tempo. Com a suplementação proteica o consumo de matéria seca total pode ser ampliado, com redução de consumo da matéria seca do pasto, esse efeito é conhecido como efeito substitutivo, porém o uso do suplemento proporciona efeitos complementares aditivos, expresso pelo ganho de peso (32).

Novilhas recebendo suplementação proteica durante a transição águas-secas, tendem a apresentar maior ganho de peso vivo quando comparadas com novilhas em dieta a base apenas de pastagem e suplemento mineral, mesmo quando o consumo de forragem entre os dois tratamentos é semelhante, assim como o ganho de peso, isso pode ser explicado pelo comportamento aditivo no consumo de matéria seca, quando se faz uso da suplementação (32).

Dados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (33) que também avaliando a suplementação de novilhas no período de transição águas-seca e seca observaram maiores ganhos para os animais que receberam suplemento mineral proteico em relação aos do tratamento controle. Os autores também relatam que os animais tiveram menores ganhos diários no período de seca, em comparação com o período de transição, o que ressalta a importância do pasto na dieta.

Contudo, nem sempre os maiores valores de PB na dieta garantem o melhor desempenho dos animais. A utilização de suplementos múltiplos com diferentes níveis de proteína complementares à oferta de pasto, visando alcançar valores maiores do que das exigências nutricionais de PDR para novilhas não proporcionaram melhorias no desempenho produtivo dos animais, isso pode ser motivado pelo efeito negativo da suplementação com excesso de PDR sobre a eficiência de síntese microbiana (34).

O ganho de peso corporal médio diário (GMD) de novilhas suplementadas com diferentes quantidades do mesmo suplemento demonstrou um efeito quadrático segundo Cabral et al. (35), com ganho máximo de 489,4 g no fornecimento de 1,0 kg de suplemento por dia. Neste trabalho destaca-se a importância da relação proteína e energia, pois observou-se uma redução do incremento do ganho com o aumento do fornecimento do suplemento. Santos et al. (36) recomendam para sistemas de produção que possuem como princípio aproveitar de forma primária o pasto, suplementos com baixa energia (340 g NDT.animal.d⁻¹ (alta relação PB:NDT) por promover eficiência de uso de nitrogênio. Para Lima et al. (37) a suplementação de novilhos machos no período de transição águas-secas podem ser utilizados níveis de suplementação de 0.3% a 0.5% do peso vivo para otimização do uso do suplemento assim como da pastagem.

Em resumo, deve-se compreender a escolha de suplementos para bovinos em pastejo como ajuste de dieta, sendo os alimentos componentes, o pasto e o suplemento. Adicionalmente compreender que o ajuste desta dieta é mais sensível, pois, o pasto, como parte viva, altera sua composição à medida que o ambiente muda.

CONCLUSÃO

O déficit nutricional básico em pastagens tropicais em manejo tradicional é a proteína bruta. No período de transição seca-águas deve-se aumentar a relação PB:NNP do suplemento. No período de transição águas-seca deve-se ficar atento à massa de forragem que definirá o tipo de suplemento a ser utilizado. A suplementação deve ser preconizada para ajustar a relação de proteína e energia da dieta.

REFERÊNCIAS

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rebanhos de bovinos (bois e vacas) [Internet]. [acesso em 8 Set 2022]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br>
2. Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC. Suplementação animal em pasto: energética ou proteica? 2006;359-392.
3. Cecato U, Pereira LAF, Galbeiro S, Santos GT, Damasceno JC, Machado AO. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada sobre a produção e características da rebrota do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu. 2004;26:399-407.
4. Cecato U, Skrobot VD, Fakir GB, Branco AF, Galbeiro S, Gomes JAN. Perfilamento e características estruturais do capim- Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo. 2008;30:1-7.
5. Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. 2010;7:191-240.
6. Detmann E, Paulino MF, Cecon PR, Filho SCV, Zervoudakis JT, Cabral LS, et al. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos durante o

- período de transição seca/águas: consumo voluntário e trânsito de partículas. 2005;34:1371-1379.
7. Paulino MF, Zervoudakis JT, Moraes EHBK, Detmann E, Valadares Filho S. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. 2002;3:153-196.
 8. Couto VRM. Estratégias de suplementação para vacas e para novilhas de corte dos quatro aos dezoito meses de idade [tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2011.
 9. Euclides VPB. Estratégias de suplementação em pasto: uma visão crítica 2002;3:437-469.
 10. Silva SC e Pedreira CGS. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: Ecossistema de pastagens, 3, 1997, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: UNESP, 1997. p.1-62.
 11. Costa KAP, Rosa B, Oliveira, IP, Custódio DP, Silva DC. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Ciência Animal Brasileira*, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005
 12. Prado RM. Manual de nutrição de plantas. FUNEP: Jaboticabal, SP. 2007, 500p.
 13. Silva DJ e Queiroz AC. Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p
 14. Lazzarini I, Detmann E, Sampaio CB, Paulino MF, Valadares Filho SC, Souza MA, et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009;38:2021-2030.
 15. Fernandes GA, Assis JR, Mousquer CJ, Olini LMG, Silva JF, Morales RL, et al. *Zootecnia: pesquisa e práticas contemporâneas - volume 1. Científica digital*; 2021.
 16. Seixas A. 11 Dicas para não passar aperto no período de transição água-seca [Internet]. [Acesso em 20 set 2022]. Disponível em: <https://www.comprerural.com/11-dicas-para-nao-passar-aperto-no-periodo-de-transicao-agua-seca/>.
 17. Silva Júnior JS. Suplementação de bovinos de corte em período de estiagem: revisão de literatura [dissertação]. Palmas: Centro Universitário Luterano de Palmas; 2010.
 18. Barros LV, Paulino MF, Moraes EHBK, Detmann E, Almeida DM, Martins LS, et al. Desempenho produtivo e nutricional de novilhas de corte em pastejo








- suplementadas no período da seca e/ou no período de transição seca-águas. 2014;35:2655-2672.
19. Paulino MF, Figueiredo DM, Moraes EHTB, Porto MO, Sales MFL, Acido TS, et al. Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica. 2004;4:93-139.
 20. Ribeiro MD, Pereira JC, Vieira RAM, Pacheco BM, Leonel FP. Consumo e desempenho de novilhas em pastagem recebendo suplementos com diferentes níveis de proteína não-degradável no rúmen. 2005;34:2486-2495.
 21. Pötter L, Rocha MG, Roso D, Costa VG, Glienke CL, Rosa AN. Suplementação com concentrado para novilhas de corte mantidas em pastagens cultivadas de estação fria. Revista Brasileira de Zootecnia. 2010;39:992-1001.
 22. Figueiras JF, Detman E, Filho SCV, Paulino MF, Batista ED, Rufino LMA, et al. Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período de transição seca-águas recebendo suplementação proteica. Archivos de Zootecnia. 2015;64:247-271.
 23. Souza MA, Detmann E, Paulino MF, Sampaio CB, Lazzarini I, Filho SPC. Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. 2010;42:1299-1310.
 24. Ortega RM, Paulino MF, Detmann E, Rennó LN, Silva AG, Marquez DC, et al. Quantities of supplements for grazing beef heifers in the dry-rainy transition season. 2016;37:461-472.
 25. Allen MS. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. 1996;66:2959-2964.
 26. Vieira RAM, Pereira JC, Malafaia PAM, Queiroz AG. The influence of elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. 1997;67:151-161.
 27. Silva LCR, Zervoudakis JT, Cabral LDS, Zervoudakis LKH, Marques RPDS, Koscheck JFW, et al. Desempenho produtivo e econômico de novilhas Nelore suplementadas no período de transição seca-águas. 2015;36:2235-2245.
 28. Ortega REM. Estratégias de suplementação para novilhas de corte em pastejo nos períodos de seca e transição seca-águas [dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2013.
 29. Moreno DPS. Suplementação múltipla para novilhas de corte em pastejo no pré e pós-parto sobre o desempenho produtivo [dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2015.

30. Machado PAS, Valadares Filho SC, Valadares RFD, Paulino MF, Pina DS, Paixão ML. Parâmetros nutricionais e produtivos em bovinos de corte a pasto alimentados com diferentes quantidades de suplemento. 2011;40:1303-1312.
31. Sousa MG. Proteína degradável no rúmen em suplementos múltiplos para novilhas girolandas à pasto [dissertação]. Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Murici; 2018.
32. Bertipaglia LMA. Suplementação protéica associada a monensina sódica e *Saccharomyces cerevisiae* na dieta de novilhas mantidas em pastagem de capim-Marandu [tese]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2008.
33. Oliveira AP, Bertipaglia LMA, Melo GMP, Berchielli TT, Ruggieri AC, Casagrande DR, et al. Performance of supplemented heifers on Marandu grass pastures in the wet-to-dry transition and dry seasons. 2012;41:2255-2262.
34. Sousa MG. Proteína degradável no rúmen em suplementos múltiplos para novilhas girolandas à pasto [dissertação]. Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Murici; 2018.
35. Cabral CHA, Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC, Barros LV, Valente ÉEL, Bauer MO, Cabral CEA. Levels of Supplementation for Grazing Beef Heifers. 2014;27:806-817.
36. Santos ARM, Cabral CHA, Cabral CEA, Barros LV, Pires DF, Rosa AS, Alves GR, Coutinho MPS. Energy supplementation as strategy of pasture management. 2022; 44:e55761.
37. Lima JBMP, Rodríguez NM, Martha Júnior GB, Guimarães Júnior R, Vilela L, Graça DS, et al. Suplementação de novilhos Nelore sob pastejo, no período de transição águas-seca. 2012;64:943-952.

Capítulo 08

DOI: 10.53934/IIICBPAV-08

A TENDÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA - REVISÃO

Thaís da Silva Araújo *; Anders Teixeira Gomes ; Danúbia Joanes Rosa Guerra ; Vanessa Caroline de Oliveira ; Caroline Woelffel Silva ; Arthur Vinicius de Abreu Oliveira ; Érica Nascif Rufino Vieira 

*Thaís da Silva Araújo – Email: thais.d.araujo@ufv.br

Resumo: A entomofagia, prática alimentar do consumo de insetos, está enraizada em diversas culturas do mundo. Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), cerca de dois bilhões de pessoas em todo o mundo, se alimentam de insetos. Sendo uma prática amplamente difundida em regiões da América Latina, Ásia e África, com ampla variedade no consumo de insetos, como grilos, formigas, gafanhotos, escorpiões e larvas. Estudos atuais têm relacionado esta prática ancestral, como uma das formas de superação dos desafios atuais de segurança alimentar e sustentabilidade. Deste modo, a indústria alimentícia realiza a implementação destes animais como produtores de produtos alimentícios e produtos alimentícios. Assim, são utilizadas abelhas para a produção do mel, que possui ampla aplicação na indústria como adoçante natural e suplemento energético. Além disso, também são utilizadas mundialmente as cochonilhas (*Dactylopius coccus*), que historicamente são aplicadas como corantes naturais. Esse trabalho tem como objetivo abordar uma variedade de fatores relacionados ao consumo de insetos na alimentação, com base em fontes da literatura científicas, bem como suas evidências relevantes por meio de aspectos históricos e culturais de países que consomem insetos, uma vez que essa prática está profundamente enraizada em tradições alimentares. Ademais, também será analisado o consumo de insetos no Brasil a partir de fatores como, aceitação, benefícios nutricionais, segurança e risco associados a esta prática.

Palavras-chave: entomofagia, alimentação humana, insetos.

Abstract: Entomophagy, the dietary practice of eating insects, is rooted in many cultures around the world. According to the FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), around two billion people around the world eat insects. This practice is widespread in regions of Latin America, Asia and Africa, with a wide variety of insects consumed, such as crickets, ants, grasshoppers, scorpions and larvae. Current studies have linked this ancestral practice as one of the ways of overcoming the current challenges of food security and sustainability. In this way, the food industry is implementing these animals as producers of food and food products. Bees are used to produce honey, which is widely used in the industry as a natural sweetener and energy supplement. In addition,

mealybugs (*Dactylopius coccus*), which have historically been used as natural dyes, are also used worldwide. This work aims to address a variety of factors related to the consumption of insects in food, based on scientific literature sources, as well as their relevant evidence through historical and cultural aspects of countries that consume insects, since this practice is deeply rooted in food traditions. In addition, the consumption of insects in Brazil will also be analyzed based on factors such as acceptance, nutritional benefits, safety and risk associated with this practice.

Key Word: entomophagy, human food, insects.

INTRODUÇÃO

Segundo a FAO – (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) a prática de consumo de insetos por seres humanos é denominada de Entomofagia. O consumo de insetos é uma prática amplamente difundida, particularmente em regiões da Ásia, África e América Latina. A FAO também aponta que aproximadamente dois bilhões de pessoas em todo o mundo incorporam regularmente insetos em suas refeições. O consumo desses animais é proveniente de uma tradição alimentar enraizada, onde uma grande variedade de insetos, como grilos, gafanhotos, formigas, larvas, e escorpiões são consumidos como parte da dieta diária (1). A prática desse consumo tem raízes históricas de fontes ancestrais que evidenciam a longa relação entre a humanidade e a entomofagia, que se torna cada vez mais relevante em face dos desafios atuais de segurança alimentar e sustentabilidade ambiental.

A utilização de insetos perpassa por uma diversidade de aplicações, demonstrando sua importância em várias esferas na ciência e na indústria. Na medicina, pesquisas recentes exploraram o potencial dos insetos para desenvolver novos medicamentos e terapias, como o uso de venenos de aranhas na criação de analgésicos (2,3). Na perícia forense, os insetos auxiliam na investigação criminal na determinação do intervalo post mortem (4,5,6). Em ecologia, os insetos são fundamentais para a polinização de plantas e para manter ecossistemas equilibrados entre a flora e fauna (7). Os insetos também participam da indústria têxtil (6;8). Na indústria farmacêutica o própolis é utilizado pelo seu potencial terapêutico, devido às atividades antiinflamatória, antimicrobiana, antineoplásica e antioxidante (9).

Quanto à indústria alimentícia, insetos são utilizados de variadas formas, tanto como produtores de produtos alimentícios quanto como produtos alimentícios. Atualmente são comumente utilizadas as abelhas e as cochonilhas. A abelha é produtora do mel, produto multifuncional que pode ser utilizado como adoçante natural (10), revestimento para alimentos (11), em marinadas (12) e também como suplemento energético (13). Além disso, também são mundialmente utilizadas as cochonilhas (*Dactylopius coccus*). Esses insetos são historicamente utilizados como corantes naturais. Essa propriedade se dá devido à produção de ácido carmínico, composto responsável pela coloração avermelhada da parte interior do animal (14). Esses animais são utilizados

como corantes naturais em: Bebidas lácteas e não lácteas (15), confeitaria (16), panificação (17), produção de sorvetes, geleias e compotas (14). A diversidade de aplicações e formas de utilização de insetos demonstra o papel multifacetado dos insetos para a indústria alimentícia.

Outras formas de consumo de insetos também se fazem possíveis e interessantes uma vez que o aumento constante da população mundial e os desafios associados à escassez de terras agrícolas, água e nutrientes representam uma ameaça significativa à segurança alimentar a nível global (18). Devido esse contexto, a entofagia surge como uma alternativa sustentável, uma vez que a produção de insetos requer muito menos espaço e recursos hídricos em comparação com a produção de gado convencional, contribuindo assim para reduzir a pressão sobre o meio ambiente (19). Além disso, os insetos são fontes de proteína, nutrientes e apresentam ciclos de vida curtos, tornando-se uma opção atraente para enfrentar o desafio da escassez alimentar global (20,21). Sendo assim, o consumo de insetos é considerado uma alternativa sustentável para enfrentar desafios de escassez alimentar.

No entanto, é necessário considerar os riscos associados ao consumo de insetos. Faz-se necessário avaliar e monitorar cuidadosamente a qualidade microbiológica e a presença de potenciais alérgenos em insetos comestíveis, a fim de garantir a segurança alimentar (22). É essencial educar produtores e consumidores sobre as práticas adequadas de criação, processamento e preparo de insetos, a fim de minimizar riscos para a saúde (23)

Esse trabalho prevê abordar uma variedade de fatores relacionados ao consumo de insetos na alimentação, com base em fontes científicas, bem como suas evidências relevantes por meio de aspectos históricos e culturais de países que consomem insetos, uma vez que essa prática está profundamente enraizada em tradições alimentares. Também será examinado o consumo de insetos no Brasil, avaliando a aceitação, os benefícios nutricionais e para a saúde associados a essa prática. Além de analisar questões de segurança e riscos relacionados ao consumo de insetos.

TÓPICOS

1 - Países que consomem insetos em sua alimentação de base

O consumo de insetos como parte da alimentação humana é uma prática cotidiana em várias partes do mundo, enraizada em contextos históricos e culturais que se estendem por gerações. Estudos relatam que cerca de 2111 espécies de insetos são consumidos pelo mundo, e cerca de 140 praticam a entomofagia. Essa prática faz parte da história e cultura de diversos povos. Uma tradição que transcende barreiras geográficas e culturais, demonstrando a importância da entomofagia em diversas sociedades ao longo da história (24). Os países que apresentam histórico dessa prática estão situados em continentes distintos, as informações detalhadas exemplificando sobre essa distribuição geográfica são encontradas na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição geográfica de insetos que são consumidos ao redor do mundo.

Continente	País	Insetos consumidos	Referência
Ásia	Tailândia, China, Camboja, Vietnã, Laos, Filipinas	Grilos, gafanhotos, larvas de bambu, escorpiões	(25) (26)
América Latina	México, Colômbia, Peru, Brasil	Chapulins, gafanhotos, larvas de mariposa, besouros	(27)
África	África do Sul, Nigéria, Uganda	Larvas de cupim, térmitas, gafanhotos	(28)
Oceania	Austrália, Papua-Nova Guiné	Larvas de sagu e grilos	(29)
Europa	Países nórdicos (culturas indígenas)	Larvas de formiga, larvas de besouro	(30)
América do Norte	Estados Unidos (culturas indígenas)	Larvas de formiga, larvas de abelha	(31)

A entomofagia está distribuída pelo mundo fazendo parte de diferentes tipos de cultura, havendo exemplares de consumo populacional em massa em algumas regiões. Esse consumo se dá devido a valiosa fonte nutritiva que os insetos se mostram ser (32). Existem registros de consumo de insetos na alimentação pelos homínídeos, que datam do Plio-Pleistoceno, quando os insetos preenchiam uma parte significativa de sua dieta (33). Atualmente o consumo de insetos é oriundo de um contexto histórico e cultural.

1.1 Aspecto histórico

O consumo de insetos na alimentação humana possui um contexto histórico profundo e antigo, sendo encontrado registros pré-históricos dessa prática. A entomofagia foi uma parte essencial da dieta em muitas culturas ao longo da história da humanidade (34).

Em civilizações antigas, como por exemplo os maias, astecas, e egípcios, o consumo de insetos era uma prática não só comum como era algo reverenciado. Os astecas tinham uma predileção pelo consumo, particularmente, de Chapulines (gafanhotos) e cochonilha, como fonte de corante carmim. No Egito antigo, o consumo de gafanhotos e besouros era considerado uma fonte de proteína valiosa (357).

O consumo de insetos na alimentação humana era influenciado não apenas pela disponibilidade de alimentos, mas também por considerações culturais e religiosas (36). Entretanto, à medida que a urbanização e a industrialização iam progredindo, foi havendo uma diminuição do consumo de insetos em muitas sociedades, sobretudo as ocidentais, que passaram a valorizar fontes de proteína animal como o gado e frango (37).

1.2 Aspecto cultural

O consumo de insetos na alimentação humana em um contexto cultural é uma prática que remonta a séculos, sendo valorizada em várias culturas ao redor do mundo (38). A entomofagia é profundamente influenciada pelas tradições culturais e é considerada parte da identidade alimentar por muitas comunidades (39).

É importante notar que o consumo de insetos também pode variar dentro de um mesmo país, dependendo das tradições regionais (40). Cada cultura rege suas preferências em relação a tipos específicos de insetos a serem consumidos, formas de preparo e pratos tradicionais que incluem esses ingredientes únicos (41).

Embora a entomofagia tenha perdido popularidade em sociedades ocidentais devido à industrialização e urbanização, temáticas como sustentabilidade, segurança alimentar e nutrição estão levando ao ressurgimento do interesse no consumo de insetos (36). A valorização de insetos como fonte de proteína sustentável tem seu papel na preservação de tradições culturais (42).

2.0 Consumo de insetos no Brasil

O consumo de insetos na alimentação (entomofagia) é uma prática difundida em muitos países, inclusive no Brasil.

A alimentação humana à base de insetos pode acontecer de forma indireta, através dos produtos obtidos pela excreção ou elaboração deles, como: mel, cera, pólen, óleos, corantes, remédios, chás, infusões e farinhas ou de forma direta, através do uso dos

diferentes estágios de desenvolvimento dos insetos, tais como: ovos, larvas, pupas e insetos adultos, porém, o consumo maior é na forma de larva ou pupa (43, 44)

Alguns fatos importantes justificam a utilização dos insetos na alimentação humana: eles possuem uma alta taxa de fecundidade, menor consumo de água, ocupam menos espaço, são mais facilmente convertidos em resíduos orgânicos quando comparados com outros tipos de fontes de alimentos, como por exemplo as fontes animais de corte tradicionais (45, 47).

Essa necessidade de substituição das proteínas de origem de carne bovina por fontes alternativas ocorre porque torna-se necessário cada vez mais atender uma demanda crescente do mercado consumidor e por diminuir os impactos ambientais ocasionados pelo desmatamento de florestas inteiras para dar lugar a pastos de criação de bovinos de corte (43).

Outros pontos também justificam a utilização dos insetos como uma fonte alimentar, alguns deles contêm aminoácidos essenciais e são portanto fonte de proteínas de alta qualidade, são também fontes de vitaminas e minerais, ácidos graxos poliinsaturados e ácidos graxos do tipo ômega 3 e 6 e possuem baixo teor de colesterol (45, 46, 47).

Essa combinação do alto valor nutritivo associado ao baixo custo de produção e os menores impactos ambientais são fatores que contribuem para que gradativamente os insetos sejam adicionados à alimentação (48).

Ao observar atentamente algumas tradições da culinária brasileira é possível identificar que em algumas regiões do país o uso de insetos já é bastante apreciado.

De acordo com dados da FAPESP (49) são conhecidas cerca de 135 espécies de insetos comestíveis no Brasil, sendo os mais consumidos: himenópteros (ordem das formigas) 63%, coleópteros (besouros) 16% e os ortópteros (gafanhotos e grilos) 7%.

As formigas, popularmente conhecidas como tanajura (içá ou bitú), são consumidas juntamente com uma farofa, e é um tipo de prato bastante comum em Minas Gerais (43) na região do Vale do Paraíba (49), em São Paulo (49) e no Nordeste do Brasil (43). Esse tipo de iguaria é vendido sazonalmente em feiras na região serrana do Ceará porque a tanajura aparece com maior abundância nas épocas de chuva. Após a remoção das asas, do ferrão e das patas, as tanajuras são servidas fritas ou misturadas com os ingredientes de uma farofa (43). No sertão pernambucano a tanajura também pode ser encontrada nos bares como tira-gosto entre os meses de abril e maio, época da revoada do inseto (49). Além do seu alto valor nutritivo as formigas possuem elevado teor de proteínas, especula-se sobre sua ação como antibiótico natural e são consideradas também como afrodisíacas (43).

Na ilha de Marajó no norte do Brasil, por influência da tradição indígena, é comum o consumo do “bicho do tucumã”, que é uma larva da espécie de besouro *Speciomerus ruficornis* que se instala nas sementes do tucumã, podendo ser ingerida *in natura* ou em substituição à manteiga para uso em pães e frituras como ovos e carnes (49).

Um outro exemplo é a larva do besouro *Pachymerus nucleorum* conhecida como bicho-do-coco, que é comumente consumida na zona rural de Minas Gerais e parte do Norte e Nordeste brasileiro. O bicho-do-coco se desenvolve no interior do fruto do coqueiro, babaçu e carnaúba, é servido frito, com farofa ou misturado com arroz (43, 49).

No Parque nacional do Xingu, os insetos são utilizados como fonte de alimentos por diversas etnias indígenas. As espécies de formigas como a saúva e a tanajura (ambas do gênero *Atta*) além de cigarras, cupins e gafanhotos, todos com alto teor de proteínas (43, 49).

Apesar da tradição do consumo de insetos em diferentes regiões no país, sua popularização nos centros urbanos ainda enfrenta muitos obstáculos e também muito preconceito, e a maioria dos brasileiros tem aversão a esse tipo de alimento. Apesar disso, o Brasil pode se tornar um dos grandes produtores globais de insetos, principalmente com foco no mercado externo, afirmam alguns especialistas (49).

Um dos grandes desafios para a ciência de alimentos está em desenvolver estratégias de inovação para produzir alimentos a partir de fontes pouco conhecidas ou até mesmo inexploradas, bem como introduzir novos compostos em alimentos que não são comuns ou que ainda são pouco explorados (50). Na busca por essa inovação, pesquisadores, organizações governamentais e não governamentais bem como da indústria de alimentos têm voltado sua atenção para a produção alimentos à base de proteínas em fontes alternativas como os insetos (49).

O tema tem ganhado espaço nas discussões e pesquisas acadêmicas e no ano de 2019 aconteceu no Campus da UFMG em Montes Claros-MG o I Insetec, I Congresso Brasileiro de Insetos Alimentícios e Tecnologias Associadas e o II Simpósio Brasileiro de Antropoentomofagia, entre os dias 6 a 8 de novembro de 2019, o evento teve como principal objetivo reunir os principais agentes e entusiastas desse emergente mercado, como cientistas, estudantes, empresas, autoridades governamentais e imprensa para debaterem sobre temas relacionados ao consumo de insetos na alimentação humana (51). A segunda edição do congresso acontecerá entre os dias 16 a 18 de outubro de 2023.

O consumo de insetos vem se tornando uma forma alternativa na alimentação humana, a combinação das características: alto valor nutricional, menor impacto ambiental e baixos custos sustentam essa hipótese como fonte sustentável de proteína animal e o Brasil tem um grande potencial para se tornar um dos grandes exportadores de produtos alimentícios à base de insetos.

3.0 Impacto socioeconômico e benefícios nutricionais do consumo de insetos

O crescimento da população de forma exponencial, acentua os debates centrados na escassez de alimentos. Deste modo, estudos têm sido conduzidos em diversos países a fim de buscar soluções para o enfrentamento e superação da fome que ameaça a segurança alimentar e nutricional em âmbito mundial (52). Visto que os recursos naturais, como água, terras agricultáveis e fontes de energias renováveis têm se tornado cada vez mais escassos, a entomofagia, que consiste na prática de comer insetos, pode ser uma alternativa sustentável para melhorar os aspectos qualitativos da dieta humana (53, 54).

A composição nutricional destes animais, em sua maioria, apresenta elevados teores de proteínas, minerais e ácidos graxos essenciais (55, 56). O teor proteico dos insetos pode variar de 20% a 70% em matéria seca, a depender do modo de criação, alimentação que recebem e fase de desenvolvimento. Assim, algumas espécies podem conter mais proteínas do que as plantas, carnes de aves e ovos (57). Além disso, destaca-se a digestibilidade da proteína dos insetos, que varia em média de 76 a 98%, sendo superior ao amendoim e lentilhas, mas inferior à da carne de boi ou da clara de ovo (58). No entanto, é importante ressaltar que o mesmo pode não ocorrer ao consumir insetos com exoesqueleto, visto que estes possuem elevada quantidade de quitina, uma fibra insolúvel, que contribui para a redução da digestibilidade (59).

Quanto ao teor de gordura, este é maior em insetos comestíveis adultos e menor quando estes ainda estão nos estágios de larva e pupa. A quantidade de gordura pode variar de 10% a 50%, contendo também os ácidos graxos mono e poliinsaturados essenciais, como os ácidos linoleico e linolênico, que atuam na prevenção de doenças cardiovasculares (60, 61). Ademais, entre os insetos permitidos para o consumo, destacam-se o grilo doméstico (*Acheta domesticus* L.) e o verme-búfalo (*Alphitobius diaperinus*), ambos com reduzido teor de carboidratos e elevado conteúdo de fibras, vitaminas do complexo B C e E, além de minerais como selênio, zinco e potássio (62).

O consumo de insetos, pode ser feito de formas variadas a partir da ingestão de seus ovos, larvas, pupas, bem como do animal adulto. O modo de preparo se dá de forma versátil, sendo que os insetos comestíveis podem ser consumidos crus, ou preparados assados, cozidos e fritos. Em novas tendências para o consumo, estes também podem ser ingredientes em receitas de pães, biscoitos e barra de proteínas (Tabela 2) (63, 64). Dentre os insetos mais populares destaca-se a larva da farinha (*Tenebrio molitor* L.), que pode ser utilizada para fazer concentrados proteicos e adicionada em produtos de panificação. Outra forma de insetos larvas da larva da farinha podem ser usadas como substituto de carne em formulações de hambúrguer (65) ou na formulação de pães (66).

Tabela 2. Aplicações dos insetos na alimentação humana.

Nome popular - Espécie	Matéria-prima	Aplicações	Referência
Larvas de farinha (<i>Tenebrio molitor</i> L.)	Farinhas do inseto	Bifes de Hambúrguer	(57)
Grilo (<i>A. domesticus</i>)	Farinha de inseto	Barras proteicas	(64)
Grilo (<i>A. domesticus</i>)	Farinha de inseto	Biscoitos	(65)
Larvas de farinha (<i>Tenebrio molitor</i> L.), verme de búfalo (<i>Alphitobius</i> <i>Diaperinus</i>) ou grilo (<i>A.</i> <i>domesticus</i>)	Farinhas dos insetos	Ingrediente na suplementação de pães de trigo	(58)

A introdução de insetos na alimentação e em formulações como ingredientes é uma realidade e contribui para novas perspectivas nas áreas de alimentos e nutrição. A entomofagia, ainda é uma prática recente em alguns países, mas parece ser bastante promissora por associar sustentabilidade e qualidade nutricional. Ademais, é fundamental verificar a viabilidade da substituição total ou parcial das fontes proteicas convencionais, por fontes alternativas como os insetos comestíveis. No entanto, isso demanda cautela, pois o consumo de insetos podem trazer riscos químicos, devido ao contato dos animais com pesticidas, metais pesados, e toxinas.

3.0 - Segurança e riscos

A emersão de insetos como fonte de alimento para a população humana coloca em xeque o fator da segurança alimentar e da nutrição. Desta forma, faz-se necessário analisar os benefícios potenciais e os riscos inerentes ao consumo de insetos como parte da dieta humana. Embora os insetos se destaquem por sua riqueza em nutrientes e pelas vantagens que podem oferecer à saúde, é imperativo reconhecer que a sua incorporação na dieta cotidiana também levanta questões críticas de segurança alimentar (67, 70). Dentre os principais desafios a serem enfrentados, destacam-se preocupações relacionadas a microorganismos patogênicos, alérgenos e potenciais fatores de

toxicidade. (68). Vale destacar que o problema microbiológico citado é passível de resolução com aplicação das Boas Práticas de Fabricação na produção em caso de produtos processados e das Boas Práticas Agropecuárias para o consumo da matéria prima.

Frente ao exposto, pode-se salientar que, microrganismos, reações alérgicas e toxicidade representam algumas das principais áreas de preocupação. Os intestinos dos insetos são considerados um *habitat* primordial para microrganismos, e suas superfícies corporais e partes bucais também podem contribuir para questões relacionadas à segurança microbiológica. A detecção de potenciais alérgenos desconhecidos em insetos comestíveis é outra área de preocupação significativa, uma vez que apenas alguns estudos foram conduzidos para avaliar as reações alérgicas que podem ser desencadeadas. (67). Tanto insetos vivos quanto mortos podem acarretar riscos, uma vez que alguns insetos podem transmitir doenças, causar intoxicações, alergias e lesões físicas. A seleção tradicional de insetos comestíveis é um processo complexo, influenciado por tentativa e erro, além de fatores culturais. O inseto comestível considerado ideal é aquele que é abundante, tem um tamanho considerável e não apresenta toxicidade. A garantia da segurança alimentar é predominantemente alcançada por meio de procedimentos de aquecimento, tais como cozimento, assamento ou fritura. No entanto, é importante observar que alguns insetos também são consumidos tradicionalmente crus, enquanto outros necessitam de preparo térmico (69).

Existem ainda fatores de segurança capazes de afetar a qualidade e equidade alimentar como os fatores antinutricionais. Além disso, semelhante a outras fontes de alimentos, os insetos comestíveis podem estar sujeitos à exposição a pesticidas, metais pesados e micotoxinas, o que pode representar riscos à saúde caso estejam presentes em quantidades significativas. Portanto, a atenção à presença desses contaminantes é essencial para garantir a segurança alimentar ao consumir insetos comestíveis. (70, 71).

Desse modo, para que haja o consumo de insetos seja seguro ao consumidor e preciso da aplicação de uma rede de cuidados, assim como qualquer outra matéria prima animal, bem como o conhecimento específico do local de obtenção. Aqueles que forem reproduzidos em cativeiro e de fonte recreativa para consumo alimentar expressaram um grau menor riscos, haja vista que o controle sanitário poderá melhor ser aplicado.

CONCLUSÕES

A entomofagia é uma alternativa para a alimentação humana por conter um alto valor nutricional, menor impacto ambiental e baixos custos. Deste modo, os insetos destacam-se por ser uma fonte proteica sustentável, quando comparada à proteína animal. No entanto, ainda são necessários estudos sobre possíveis reações alérgicas e toxicidade, a fim de se estabelecer uma maior segurança microbiológica para o consumo destes animais na alimentação humana, uma vez que estudos nesta temática ainda são escassos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

1. FAO 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and agriculture organization of the United Nations, 2013.
2. Asiri YI, Hassan MZ. An Overview of Ion Channels Therapeutics in the Treatment of Pain. *Arabian Journal of Chemistry*. 2023;105180.
3. Hwang S-M, Jo Y-Y, Cohen CF, Kim Y-H, Berta T, Park C-K. Venom Peptide Toxins Targeting the Outer Pore Region of Transient Receptor Potential Vanilloid 1 in Pain: Implications for Analgesic Drug Development. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; 23:5772, 2022.
4. Singh R, Kumawat RK, Singh G, Jangir SS, Kushwaha P, Rana M. Forensic entomology: a novel approach in crime investigation. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. 2022; 19:165-174.
5. Arshad T, Naeem M. Forensic entomology as an advanced tool in crime investigation. *Forensic Insights*. 2023;17-21.
6. Schoeser M. *Têxteis mundiais*. Tâmis e Hudson, 2022.
7. Verma RC et al. The Role of Insects in Ecosystems, an in-depth Review of Entomological Research. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023; 13:4340-4348.
8. Bucciarelli A, Motta A. Use of Bombyx mori silk fibroin in tissue engineering: From cocoons to medical devices, challenges, and future perspectives. *Biomaterials Advances*. 2022; 139:212982, 2022.
9. Menezes H. Propolis: A review of the recent studies of its pharmacological properties. *Arquivos do Instituto Biológico*. 2022; 72:405-411.
10. SAHA, Suvro. Honey-he natural sweetener become a promising alternative therapeutic: a review. 2015.
11. Santagata G et al. Pectin-honey coating as novel dehydrating bioactive agent for cut fruit: Enhancement of the functional properties of coated dried fruits. *Food chemistry*. 2018;258:104-110.
12. BATT, Peter J.; LIU, Aijun. Consumer behaviour towards honey products in Western Australia. *British Food Journal*, v. 114, n. 2, p. 285-297, 2012.
13. TANG, Huaming et al. Honey on Basketball Players' Physical Recovery and Nutritional Supplement. *Computational Intelligence and Neuroscience*, v. 2022, 2022.
14. BARANYOVITS, FLC Carmim de cochonilha: um corante antigo com um papel moderno. *Endeavour*, v. 2, pág. 85-92, 1978.

15. MARUYAMA, Sara; STRELETSKAYA, Nadia A.; LIM, Juyun. Clean label: Why this ingredient but not that one?. *Food Quality and Preference*, v. 87, p. 104062, 2021.
16. LIM, Ho-Soo et al. Quantitative determination of carmine in foods by high-performance liquid chromatography. *Food chemistry*, v. 158, p. 521-526, 2014.
17. DICELLO, Michael C. et al. Anaphylaxis after ingestion of carmine colored foods: two case reports and a review of the literature. In: *Allergy and asthma proceedings*. OceanSide Publications, 1999. p. 377.
18. GELEZAGLO, Ana Paula. Insetos na alimentação humana. *B. APAMVET*, p. 13-15, 2021.
19. OOSTING, Simon et al. Farmed animal production in tropical circular food systems. *Food Security*, v. 14, n. 1, p. 273-292, 2022.
20. CADINU, Lorenzo A. et al. Insect rearing: Potential, challenges, and circularity. *Sustainability*, v. 12, n. 11, p. 4567, 2020.
21. HAWKEY, Kerensa J. et al. Insects: a potential source of protein and other nutrients for feed and food. *Annual review of animal biosciences*, v. 9, p. 333-354, 2021.
22. GAROFALO, Cristiana et al. Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. *Food Research International*, v. 125, p. 108527, 2019.
23. RUMPOLD, Birgit A.; SCHLÜTER, Oliver K. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 17, p. 1-11, 2013.
24. GONÇALVES, Cristina; CHAVEZ, Karla; JORGE, Rui. Entomofagia–consumo atual e potencial de futuro. 2021.
25. CHANTAWANNAKUL, Panuwan. From entomophagy to entomotherapy. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, v. 25, n. 1, p. 179-200, 2020.
26. AYDOĞAN, Zeynep. Anthro-entomophagy: quantitatively chemical assessment of some edible arthropods, bought from an e-shop. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 12, p. 15462-15470, 2021.
27. GAHUKAR, R. T. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science*, v. 31, n. 3, p. 129-144, 2011.
28. RAMOS-ELORDUY, Julieta. Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological research*, v. 39, n. 5, p. 271-288, 2009.
29. OLIVADESE, Marianna; DINDO, Maria Luisa. Edible Insects: A Historical and Cultural Perspective on Entomophagy with a Focus on Western Societies. *Insects*, v. 14, n. 8, p. 690, 2023.
30. SVANBERG, Ingvar; BERGGREN, Åsa. Os insectos como alimento do passado e do futuro na Europa entomofóbica. *Alimentação, Cultura & Sociedade*, v. 24, n. 5, pág. 624-638, 2021.
31. LESNIK, Julie J. The colonial/imperial history of insect food avoidance in the United States. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 112, n. 6, p. 560-565, 2019.
32. ROOS, Nanna. Insects and human nutrition. *Edible insects in sustainable food systems*, p. 83-91, 2018.
33. MACEDO, Indira Maria Estolano et al. Entomophagy in different food cultures| Entomofagia em diferentes culturas alimentares. *Revista Geama*, p. 58-62, 2017.

34. COSTA-NETO, Eraldo Medeiros; DUNKEL, F. V. Insects as food: history, culture, and modern use around the world. In: *Insects as sustainable food ingredients*. Academic Press, 2016. p. 29-60.
35. HOGUE, Charles L. Cultural entomology. *Annual Review of Entomology*, v. 32, n. 1, p. 181-199, 1987.
36. BATAT, Wided; PETER, Paula. The healthy and sustainable bugs appetite: Factors affecting entomophagy acceptance and adoption in Western food cultures. *Journal of Consumer Marketing*, v. 37, n. 3, p. 291-303, 2020.
37. SMIL, Vaclav. *Should we eat meat?: Evolution and consequences of modern carnivory*. John Wiley & Sons, 2013.
38. HLONGWANE, Zabentungwa T.; SLOTOW, Rob; MUNYAI, Thinandavha C. Indigenous knowledge about consumption of edible insects in South Africa. *Insects*, v. 12, n. 1, p. 22, 2021.
39. HAZARIKA, Arup Kumar et al. Diversity of edible insects in a Natural World Heritage Site of India: entomophagy attitudes and implications for food security in the region. *PeerJ*, v. 8, p. e10248, 2020.
40. GOVORUSHKO, Sergey. Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 91, p. 436-445, 2019.
41. TAN, Hui Shan Grace et al. Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance. *Food quality and preference*, v. 42, p. 78-89, 2015.
42. DOSSEY, Aaron T.; MORALES-RAMOS, Juan A.; ROJAS, M. Guadalupe (Ed.). *Insects as sustainable food ingredients: production, processing and food applications*. Academic Press, 2016.
43. ROMEIRO, E.T.; OLIVEIRA, I. D.; CARVALHO, E. F. Insetos como alternativa alimentar: artigo de revisão. *Contextos da Alimentação. Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade*, v. 4, n.1, setembro, 2015.
44. COSTA NETO, E.M. Insetos como fonte de alimento para o homem: valoração de recursos considerados repugnantes. *Interciência*, v.28, n.3; 2003. p.136-140
45. BISCONSIN, J.A.; JANUARIO, L.; NETTO, F.; MARIUTTI, L. Composição de insetos comestíveis. Conferência: 36º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, CBCTA. Belém, PA, Agosto; 2018.
46. RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, n. 57(2013. p. 802-823.
47. OONINCX, D.G.A.B.; van BROEKHOVEN, S; van HUIS A; van LOON, J.J.A. (2019) Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PlosOne* 14(10); 2019. e0222043. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222043> Acesso em 11/10/2023.
48. van HUIS, A.; ITTERBEECK, Joost Van; KLUNDER, Harmke; MERTENS, Esther; HALLORAN, Afton; MUIR, Giulia et al. Edible insects-future prospects for food and feed security. *FAO Forest paper*, n.171. Rome; 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf> Acesso em 11/10/2023
49. TUNES, Suzel. Insetos comestíveis. *Pesquisa FAPESP* 290. Abril, 2020.
50. GRANATO, D.; BARBA, F.J.; BURSAC, K. D.; LORENZO, J.M.; CRUZ, A.G.; PUTNIK, P. Functional Foods: Product Development, Technological Trends,








- Efficacy Testing, and Safety. Annual review of food science and technology, v. 11; 2020. p. 93-118. doi:10.1146/annurev-food-032519-051708
51. I INSETEC. I Congresso Brasileiro de Insetos Alimentícios. Tecnologias Associadas e o II Simpósio Brasileiro de Antropoentomofagia. UFMG, Campus Montes Claros, Montes Claros-MG, 2019. Disponível em <https://ufmg.br/comunicacao/eventos/i-congresso-brasileiro-de-insetos-alimenticios-e-tecnologias-associadas> Acesso em 11/10/2023.
 52. FAO 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and agriculture organization of the United Nations, 2013.
 53. COSTA-NETO, Eraldo Medeiros. Insetos como fontes de alimentos para o homem: valoração de recursos considerados repugnantes. *Interciencia*, v. 28, n. 3, p. 136-140, 2003.
 54. VAN HUIS, Arnold. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, v. 6, n. 1, p. 27-44, 2019.
 55. GONZÁLEZ, Cristina M.; GARZÓN, Raquel; ROSELL, Cristina M. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 51, p. 205-210, 2019.
 56. SKOTNICKA, Magdalena et al. Possibilities of the development of edible insect-based foods in Europe. *Foods*, v. 10, n. 4, p. 766, 2021.
 57. MEGIDO, Rudy Caparros et al. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food quality and preference*, v. 52, p. 237-243, 2016.
 58. KOWALSKI, Stanisław et al. Wheat bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical composition on nutritional and technological aspects. *LWT*, v. 159, p. 113220, 2022.
 59. FOSCHI, Martina et al. Future foods protection: Supervised chemometric approaches for the determination of adulterated insects' flours for human consumption by means of ATR-FTIR spectroscopy. *Microchemical Journal*, v. 183, p. 108021, 2022.
 60. GAHUKAR, R. T. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science*, v. 31, n. 3, p. 129-144, 2011.
 61. JONAS-LEVI, Adi; MARTINEZ, Jean-Jacques Itzhak. The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 62, p. 184-188, 2017.
 62. GRAVEL, Alexia; DOYEN, Alain. The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 59, p. 102272, 2020.
 63. GAHUKAR, R. T. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science*, v. 31, n. 3, p. 129-144, 2011.
 64. ADÁMEK, Martin et al. Acceptability and sensory evaluation of energy bars and protein bars enriched with edible insect. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2018.
 65. BIRÓ, Barbara et al. Cricket-enriched oat biscuit: Technological analysis and sensory evaluation. *Foods*, v. 9, n. 11, p. 1561, 2020.
 66. KIM, T.-K., YONG, H. I., KIM, Y.-B., KIM, H.-W., & CHOI, Y.-S. (2019). Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing

- technology, and research trends. *Food Science of Animal Resources*, 39(4), 521–540. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e53>
67. AGUILAR-TOALÁ, J. E., CRUZ-MONTERROSA, R. G., & LICEAGA, A. M. (2022). Beyond human nutrition of edible insects: Health benefits and safety aspects. *Insects*, 13(11), 1007. <https://doi.org/10.3390/insects13111007>
68. GRABOWSKI, Nils Th., et al. “Review: Insects—a Source of Safe and Sustainable Food?— “Jein” (Yes and No).” *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 5, 14 Jan. 2022, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.701797>.
69. IMATHIU, S. “Benefits and Food Safety Concerns Associated with Consumption of Edible Insects.” *NFS Journal*, vol. 18, Mar. 2020, pp. 1–11, <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>.
70. TANG, CHUFEI, et al. “Edible Insects as a Food Source: A Review.” *Food Production, Processing and Nutrition*, vol. 1, no. 1, 21 Nov. 2019, <https://doi.org/10.1186/s43014-019-0008-1>.

Capítulo 09

DOI: 10.53934/IIICBPAV-09

COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE POLPA DE MANGA CV *KEITT* COM ADIÇÃO DE MALTODEXTRINA

Larissa Monique de Sousa Rodrigues ; Laíze Gisele da Cruz Fernandes ;
Yaroslávia Ferreira Paiva ; Francislaine Suelia dos Santos ; Henrique
Valentim Moura ; Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo ; Alexandre José de
Melo Queiroz* 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: alexandrejmq@gmail.com

Resumo: Um problema comum na cadeia produtiva de frutas são as elevadas perdas decorrentes da sua perecibilidade característica. As secagens de polpas com altos teores de açúcares envolvem dificuldades relacionadas a caramelização e adesão às paredes dos secadores por aspersão, obstáculos que exigem a utilização de agentes adjuvantes de secagem, constituídos em grande parte por amidos modificados. Sua incorporação, no entanto, promove alterações no comportamento reológico das polpas, afetando desde a linha de bombeamento até a formação das gotículas na câmara de secagem. Deste modo, objetivou-se analisar o comportamento reológico de polpa de manga cv. Keitt integral e de polpas formuladas com maltodextrinas com dextroses equivalentes DE-10 e DE-20, adicionadas à polpa nas proporções de 30, 35 e 40%, nas temperaturas de 30, 35 e 40° C. Os dados reológicos de tensão de cisalhamento e taxa de deformação da polpa de manga integral e das formulações foram determinados em viscosímetro Brookfield RV DV-II+ Pro. Os modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle (Lei da potência), Casson, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk foram ajustados aos dados experimentais. O modelo reológico de Mizrahi-Berk foi o que apresentou os melhores ajustes para a maioria das amostras, com coeficientes de determinação superiores a 0,87 e desvios percentuais médios inferiores a 10%. A polpa de manga Keitt integral e as formulações preparadas com adição de maltodextrina em diferentes concentrações e dextroses equivalentes apresentaram comportamento pseudoplástico.

Palavras-chave: fluidos; *Mangifera indica*; modelos reológicos; Mizrahi-Berk

Abstract: A common problem in the fruit production chain is the high losses resulting from their characteristic perishability. Drying pulps with high sugar content involves difficulties related to caramelization and adhesion to the walls of spray dryers, obstacles that require the use of drying aids, most of which are modified starches. Their incorporation, however, promotes changes in the rheological behavior of the pulps, affecting everything from the pumping line to the formation of droplets in the drying chamber. The aim of this study was to analyze the rheological behavior of whole Keitt

mango pulp and pulps formulated with maltodextrins with equivalent dextroses DE-10, DE-20 and DE-30, added to the pulp in proportions of 30, 35 and 40%, at temperatures of 30, 35 and 40°C. The rheological data of shear stress and strain rate of the whole mango pulp and the formulations were determined using a Brookfield RV DV-II+ Pro viscometer. The Ostwald-de-Waele (power law), Casson, Herschel-Bulkley and Mizrahi-Berk rheological models were fitted to the experimental data. The Mizrahi-Berk rheological model was the one with the best fits for most of the samples, with coefficients of determination greater than 0.87 and average percentage deviations of less than 10%. The whole Keitt mango pulp and the formulations prepared with the addition of maltodextrin in different concentrations were analyzed.

Key Word: fluids; *Mangifera indica*; rheological models; Mizrahi-Berk

INTRODUÇÃO

O consumo da manga é geralmente realizado *in natura* e, por ser uma fruta muito perecível, acaba gerando um alto índice de perdas (1). O processamento da fruta para obtenção da polpa é uma solução comumente utilizada pelas indústrias alimentícias a fim de prolongar a vida útil dessas matérias-primas e agregar valor ao produto final (2).

A secagem de polpas de frutas e a sua conversão em pó dá origem a todo um segmento de produtos, que inclui a própria polpa reconstituível e uma diversidade de formulações, incluindo com iogurtes e sorvetes. Devido aos altos teores de açúcares, a secagem desses materiais envolve dificuldades tecnológicas que envolvem, entre outras, caramelização e adesão a superfícies. Para reduzir esses efeitos, são utilizados aditivos promotores de secagem. Existe uma variedade de produtos de amidos e dextrinas que podem ser usados como adjuvantes da secagem de polpas de frutas, como a maltodextrina. A larga utilização da maltodextrina é justificada por fatores como baixo custo, auxílio na secagem de alimentos difíceis de desidratar, baixa higroscopicidade, propriedades antioxidantes e retenção de compostos voláteis. A maltodextrina é um dos principais aditivos utilizados no auxílio da secagem por aspersão de polpa de frutas, no entanto, conforme Souza et al. (3), sua adição à polpa influencia a viscosidade da mistura de forma direta.

A reologia está relacionada à diferentes propriedades associadas à deformação da matéria (4) e, conforme Pelegrine et al. (5), abrange diferentes propriedades associadas à deformação como elasticidade, fluidez, extrusibilidade, ductibilidade, compressibilidade, espalhabilidade e viscosidade. Os parâmetros reológicos no decorrer do tempo e a variação da taxa de cisalhamento são essenciais para o monitoramento e controle de operações unitárias, além de serem importantes para o controle de qualidade do produto final (6).

A secagem de polpas de frutas utilizando aquecimento faz com que o estudo da influência da temperatura e da concentração de sólidos solúveis sobre o comportamento das propriedades reológicas de polpas seja imprescindível para a melhor condução do processo, o que explica, conforme Quek et al. (7), a quantidade de estudos científicos publicados sobre o tema. No caso da secagem por aspersão, a adição de adjuvantes de

secagem é indispensável para viabilizar o processo, mas influencia o comportamento reológico do fluido desde o bombeamento até a formação das gotículas.

Ante o exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento reológico da polpa de manga cv. Keitt integral e de polpas formuladas com adição de maltodextrinas DE – 10 e 20 em três concentrações em temperaturas de 20 a 30° C.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Campina Grande, PB.

Foram utilizadas, como matéria-prima, mangas da variedade Keitt, em estágio de maturação maduro, e maltodextrinas com três dextroses equivalentes: DE-10 e DE-20. As mangas foram selecionadas, lavadas, sanitizadas (solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm) e despolpadas. Em seguida, as polpas foram embaladas em sacos de polietileno de baixa densidade de 1 kg, congeladas por imersão em nitrogênio líquido (–196 °C) e armazenadas em freezer até a utilização nos ensaios experimentais.

As formulações das polpas de manga foram preparadas com as maltodextrinas DE-10 e 20, em nas concentrações de 30, 35 e 40%. Após preparadas as formulações das polpas, determinou-se os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) em refratômetro.

Determinou-se nas amostras as tensões de cisalhamento e as taxas de deformação, em triplicata, da polpa de manga integral e das formulações elaboradas com as três concentrações de maltodextrinas com as três dextroses equivalentes, utilizando-se um viscosímetro Brookfield, modelo RV DV-II+ Pro, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories (EUA), em diferentes velocidades de rotação, nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C.

Com os valores obtidos no viscosímetro, foram realizados ajustes com os modelos reológicos apresentados na Tabela 1. Os modelos de Ostwald-de-Waelle ou Lei da potência (Equação 1), Mizrahi–Berk (Equação 2), Herschel–Bulkley (Equação 3) e Casson (Equação 4) foram ajustados utilizando-se o programa computacional Statistica aos dados da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação.

Tabela 1 – Modelos reológicos utilizados para predição dos dados

Modelos Reológicos	Equações
Ostwald-de-Waelle ou Lei da potência	$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$ (1)
Mizrahi–Berk	$\tau^{0,5} = K_{OM} + K_M \cdot \dot{\gamma}^{n_M}$ (2)
Herschel–Bulkley	$\tau = \tau_{OH} + K_H \cdot \dot{\gamma}^{n_H}$ (3)
Casson	$\tau^{0,5} = K_{OC} + K_C \dot{\gamma}^{0,5}$ (4)

Legenda: τ - tensão de cisalhamento (Pa); $\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s^{-1}); K, K_M , K_H - índices de consistência ($Pa\ s^n$); n, n_M , n_H - índices de comportamento do fluido (adimensional); K_{0M} - tensão de cisalhamento inicial (Pa); τ_{0H} - tensão de cisalhamento inicial (Pa); $K_{0C}^2 = \tau_{0C}$ - tensão de cisalhamento inicial (Pa); K_C - viscosidade plástica de Casson (Pa s).

Foram utilizados como critérios para a determinação dos melhores ajustes o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado conforme a Equação 5.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{exp} - X_{teor})|}{X_{exp}} \quad (5)$$

em que: P - desvio percentual médio (%); X_{exp} - valores obtidos experimentalmente; X_{teor} - valores preditos pelo modelo; n - número de dados experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tem-se na Tabela 2 os valores médios dos sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) da polpa de manga cv. Keitt integral e das formulações elaboradas com polpa de manga e maltodextrinas com dextroses equivalentes (DE) 10 e 20, adicionadas nas concentrações de 30, 35 e 40%. Verificam-se aumentos no teor de sólidos solúveis totais com as adições de maltodextrina e os aumentos foram maiores nas maltodextrinas com mais elevados DE, refletindo os maiores percentuais de glicose livre.

Tabela 2 – Sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) da polpa de manga cv. Keitt integral e das formulações de polpa com concentrações crescentes de maltodextrina e dextroses equivalente (DE) 10 e 20.

Polpa	Maltodextrina - DE 10			Maltodextrina - DE 20		
Integral	30%	35%	40%	30%	35%	40%
13,80	29,93	30,60	32,33	31,50	35,00	36,00

Nas Tabelas 3 a 12 tem-se os parâmetros dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Casson e Mizrahi-Berk, os coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) para a polpa de manga Keitt integral e para as diferentes formulações nas temperaturas de 20, 25 e 30 $^{\circ}$ C.

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros dos modelos reológicos para a polpa integral nas temperaturas de 20, 25 e 30 $^{\circ}$ C, os coeficientes de determinação (R^2), e os desvios percentuais médios (P). Verifica-se que os coeficientes de determinação (R^2) foram superiores a 0,87 para todos os modelos testados, e os desvios percentuais médios inferiores a 4%, podendo ser utilizados na estimativa do comportamento reológico da polpa de manga Keitt integral nas temperaturas de 20, 25 e 30 $^{\circ}$ C.

Dentre os modelos testados, o modelo de Mizrahi-Berk foi o que apresentou os melhores ajustes, com os maiores coeficientes de determinação (R^2), todos superiores a 0,95 e os menores desvios percentuais médios todos inferiores a 1,4%. Sousa et al. (2017)

ao trabalharem com polpas de noni nas temperaturas de 5, 15, 25, 35, 45, 55, 65 °C obtiveram melhor ajuste com o modelo de Mizrahi-Berk, com $R^2 \geq 0,8219$.

Observa-se para o modelo Lei da Potência que o índice de comportamento do fluido (n) diminuiu com o aumento da temperatura, e apresentou valores inferiores a 1 (um) em todas as temperaturas, significando que a polpa de manga Keitt integral se classifica como um fluido não-newtoniano, também foi verificado comportamento pseudoplástico: Figueroa-Florez et al. (8) encontraram para a polpa de manga (cv. *Magdalena River*) integral nas temperaturas de 10 a 50°C, índices n de 0,33 e 0,23, respectivamente, e coeficientes de determinação (R^2) iguais a 0,997; Silva Filho et al. (9) verificaram para a polpa de manga (cv. Haden) índices de comportamento do fluido (n) dos modelos Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk inferiores a 1 (um) e que aumentaram com o aumento da temperatura.

Tabela 3 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos para a polpa de manga Keitt integral em diferentes temperaturas

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waele	20	13,1508	0,2621		0,9802	3,13
	25	12,5404	0,2596		0,9812	2,90
	30	17,0613	0,1888		0,8711	3,28
	Temp. (°C)	K_{OC}	K_c	R^2	P (%)	
Casson	20	3,7246	0,3447		0,9893	0,95
	25	3,6381	0,3324		0,9916	0,94
	30	3,9904	0,2760		0,9031	2,02
	Temp. (°C)	τ_{OH}	K_H	n_H	R^2	P (%)
Herschel-Bulkley	20	11,9667	3,6880	0,4939	0,9936	1,65
	25	11,7021	3,2985	0,5040	0,9958	1,28
	30	-6541,79	6549,72	0,0010	0,9587	2,51
	Temp. (°C)	K_{OM}	K_M	n_M	R^2	P (%)
Mizrahi-Berk	20	3,2096	0,7235	0,3554	0,9942	0,79
	25	3,1736	0,6722	0,3622	0,9960	0,60
	30	-555,81	559,15	0,0012	0,9547	1,34

Na Tabela 4 observa-se para a formulação da polpa de manga Keitt com 30% de maltodextrina (DE 10) que todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,95 e desvios percentuais médios inferiores a 2,2%, adequados, portanto, para prever os reogramas da polpa de manga Keitt com 30% de maltodextrina (DE 10) a 20, 25 e 30 °C. Dentre os modelos testados, o modelo de Mizrahi-Berk foi o que apresentou os melhores ajustes, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 e os menores desvios percentuais médios, inferiores a 0,5%. Almeida et al. (10), ao avaliarem o comportamento reológico de polpa de jabuticaba com diferentes concentrações de goma arábica, encontraram para o modelo de Mizrahi-Berk, coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 e qui-quadrados inferiores a 0,12.

Para os modelos de Ostwald-de-Waelle, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk observa-se que os índices de comportamento do fluido (n , n_H e n_M) foram inferiores a 1 (um), em todas as temperaturas, indicando que a polpa de manga Keitt com 30% de maltodextrina (DE 10) se classifica como um fluido não-newtoniano com características pseudoplásticas. Sousa et al. (11) verificaram que as polpas de pequi em diferentes concentrações (6, 8, 10, 12 °Brix), nas temperaturas de 25, 30, 35, 40, 45 e 50 °C, também apresentaram comportamento pseudoplástico.

Tabela 4 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos para a polpa de manga Keitt com 30% de maltodextrina (DE 10) em diferentes temperaturas

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waelle	20	59,3056	0,2331		0,9975	0,79
	25	52,6008	0,2386		0,9989	0,59
	30	14,9920	0,2991		0,9942	1,29
Casson	Temp. (°C)	K_{OC}	K_C		R^2	P (%)
	20	7,7458	0,6688		0,9621	1,90
	25	7,2819	0,6506		0,9575	2,10
	30	4,1931	0,4031		0,9981	0,31
Herschel-Bulkley	Temp. (°C)	τ_{OH}	K_H	n_H	R^2	P (%)
	20	6,7120	53,2583	0,2492	0,9975	0,82
	25	-7,7524	59,6456	0,2203	0,9990	0,55
	30	15,5447	4,2442	0,5285	0,9997	0,31
Mizrahi-Berk	Temp. (°C)	K_{OH}	K_M	n_M	R^2	P (%)
	20	0,9728	6,7599	0,1287	0,9974	0,40

25	-1,5494	8,7603	0,1029	0,9992	0,27
30	3,6194	0,7767	0,3765	0,9997	0,14

Na Tabela 5 tem-se os ajustes dos modelos para a polpa de manga Keitt com 35% de maltodextrina (DE 10), constatando-se que todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,9 e desvios percentuais médios (P) inferiores a 5%, podendo ser indicados para prever os dados experimentais, destacando-se com melhores parâmetros o modelo de Herschel-Bulkley. Melo et al. (12), ao estudarem o comportamento reológico da polpa integral e concentrada de cupuaçu, também verificaram que o modelo de Herschel-Bulkley se ajustou melhor aos dados experimentais, com valores para R^2 de 0,9967 e 0,9991 para a polpa e para o concentrado, respectivamente.

Verifica-se que os índices de comportamento do fluido (n , n_H e n_M) foram inferiores a 1 (um), em todas as temperaturas, indicando que a polpa de manga Keitt com 35% de maltodextrina (DE 10) é um fluido não-newtoniano pseudoplástico. Moura et al. (13), ao analisarem produtos à base de frutas nas temperaturas de 25, 50 e 90 °C, também verificaram comportamento de fluidos pseudoplásticos.

Tabela 5 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos para a polpa de manga Keitt com 35% de maltodextrina (DE 10) em diferentes temperaturas

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waele	20	124,9425	0,1701		0,9167	4,12
	25	86,9055	0,2329		0,9857	2,53
	30	74,1052	0,2446		0,9972	0,86
Casson	Temp. (°C)	K_{OC}	K_c		R^2	P (%)
	20	10,9352	0,7779		0,9649	1,17
	25	9,4329	0,7977		0,9911	0,82
	30	8,9577	0,7361		0,9714	1,49
Herschel-Bulkley	Temp. (°C)	τ_{OH}	K_H	n_H	R^2	P (%)
	20	134,6909	7,0732	0,7785	0,9720	2,23
	25	72,1121	26,2848	0,4445	0,9977	0,80
	30	-1,5287	75,4365	0,2420	0,9972	0,86
Mizrahi-Berk	Temp. (°C)	K_{OH}	K_M	n_M	R^2	P (%)

20	11,4983	0,3826	0,6766	0,9693	1,12
25	9,6346	0,5110	0,6512	0,9753	1,41
30	1,0625	7,5884	0,1344	0,9970	0,43

Constata-se na Tabela 6, para a polpa de manga com 40% de maltodextrina (DE 10) nas três temperaturas, que os valores obtidos dos coeficientes de determinação (R^2) foram todos superiores a 0,9 e os desvios percentuais médios inferiores a 13%, recomendando-se o uso de todos os modelos, exceto o de Ostwald-de-Waelle na temperatura de 20 °C ($P > 10\%$). Dentre os modelos testados, o de Mizrahi-Berk apresentou os melhores ajustes, com os maiores R^2 , superiores a 0,99, e os menores P, inferiores a 2%. O mesmo resultado foi observado por Barros et al. (14) ao analisarem as propriedades reológicas de polpa de manga da variedade Espada nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, em que observaram que o modelo de Mizrahi-Berk representou melhor o comportamento das amostras

Augusto et al. (15) concluíram que a polpa de seriguela, a 20 °C, tem alta consistência baseados nos valores da tensão de cisalhamento inicial ($\tau_{OH} = 13,3$ Pa) e do índice de consistência ($K_H = 15,2$ Pa sⁿ) encontrados com o modelo de Herschel-Bulkley com $R^2 > 0,98$. Comparativamente, a polpa de manga Keitt com 40% de maltodextrina (DE 10), avaliada nas temperaturas de 20 a 30° C, trata-se de um produto muito mais consistente do que a polpa de seriguela.

Tabela 6 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos para a polpa de manga Keitt com 40% de maltodextrina (DE 10) em diferentes temperaturas

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waelle	20	128,3908	0,5698		0,9134	12,58
	25	120,5380	0,5072		0,9608	7,94
	30	99,4678	0,3378		0,9908	2,00
Casson	Temp. (°C)	K_{oc}	K_c		R^2	P (%)
	20	4,0368	7,1392		0,9520	3,32
	25	4,1181	7,0228		0,9929	1,33
	30	4,2235	7,4795		0,9835	1,86
Herschel-Bulkley	Temp. (°C)	τ_{OH}	K_H	n_H	R^2	P (%)
	20	34,7225	110,6305	1,2778	0,9973	2,05
	25	28,1136	102,1284	0,9249	0,9967	2,23

	Temp. (°C)	K_{OH}	K_M	n	R^2	P (%)
	30	33,9610	114,8994	1,0633	0,9942	3,21
Mizrahi-Berk	20	5,6495	6,4208	0,9547	0,9977	0,73
	25	4,8743	6,5148	0,6440	0,9975	0,81
	30	5,3921	6,7533	0,7403	0,9954	1,20

Na Tabela 7, observa-se para a polpa de manga Keitt com 30% de maltodextrina (DE 20), nas diferentes temperaturas, que todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,99 e desvios percentuais médios inferiores a 1%, sendo todos considerados satisfatórios para a estimativa do comportamento reológico da amostra, com algum destaque para os modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk. Braga et al. (16) verificaram que o modelo de Mizrahi-Berk foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais de suco de abacaxi da variedade Pérola, nas temperaturas de 10, 25, 50 e 65 °C, com $R^2 > 0,99$.

A polpa de manga Keitt com 30% de maltodextrina (DE 20) também é um fluido pseudoplástico em todas as temperaturas avaliadas ($n < 1$) e apresentou-se menos viscosa do que as polpas com 30% de maltodextrina (DE 10).

Tabela 7 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos para a polpa de manga Keitt com 30% de maltodextrina (DE 20) em diferentes temperaturas

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waelle	20	12,4047	0,3126		0,9997	0,22
	25	11,5117	0,3146		0,9992	0,28
	30	10,8831	0,3154		0,9996	0,22
Casson	Temp. (°C)	K_{OC}	K_c	R^2	P (%)	
	20	3,9653	0,3645	0,9958	0,43	
	25	3,8734	0,3456	0,9933	0,47	
	30	3,8136	0,3294	0,9945	0,40	
Herschel-Bulkley	Temp. (°C)	τ_{OH}	K_H	n_H	R^2	P (%)
	20	5,0949	8,7797	0,3687	0,9998	0,19
	25	-9,9080	19,2061	0,2406	0,9994	0,24
	30	-15,9235	23,4922	0,2089	0,9999	0,08

	Temp. (°C)	K _{OH}	K _M	n _M	R ²	P (%)
Mizrahi-Berk	20	1,6006	2,1050	0,2159	0,9998	0,09
	25	-4,2408	7,3896	0,0901	0,9995	0,12
	30	-14,7339	17,5838	0,0434	0,9999	0,04

Na Tabela 8, nota-se para a polpa de manga Keitt com 35% de maltodextrina (DE 20), nas diferentes temperaturas, que todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,99, e desvios percentuais médios inferiores a 1%, ficando demonstrado que todos os modelos se ajustaram adequadamente aos dados experimentais. Sousa et al. (11) observaram para a polpa de pequi, nas concentrações de 6, 8, 10 e 12 ° Brix e nas temperaturas de 25, 30, 35, 40, 45 e 50 °C, coeficientes de determinação (R²) superiores a 0,93, para o modelo de Mizrahi-Berk, sendo este o modelo que melhor descreveu o comportamento das amostras estudadas pelos autores.

A polpa de manga Keitt com 35% de maltodextrina (DE 20) é um fluido pseudoplástico ($n < 1$) e apresentou tendência de aumento da viscosidade com o aumento da concentração de maltodextrina quando confrontada com os valores de K da polpa com 30% de maltodextrina (DE 20). De acordo com Feitosa et al. (17), em estudo sobre o comportamento da polpa de murta, o aumento da concentração de maltodextrina provoca aumento da viscosidade aparente.

Tabela 8 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R²) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos para a polpa de manga Keitt com 35% de maltodextrina (DE 20) em diferentes temperaturas

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros		R ²	P (%)
		K	n		
Ostwald-de-Waelle	20	14,2317	0,2945	0,9978	0,81
	25	12,2955	0,3178	0,9997	0,22
	30	10,8241	0,3344	0,9994	0,27

	Temp. (°C)	K _{OC}	K _C	R ²	P (%)
	25	3,9492	0,3722	0,9948	0,48
	30	3,7647	0,3683	0,9925	0,54

	Temp. (°C)	τ _{OH}	K _H	n _H	R ²	P (%)
	25	2,9876	10,1478	0,3486	0,9997	0,19

	Temp. (°C)	K_{OH}	K_M	n_M	R^2	P (%)
	30	-17,8974	24,8894	0,2153	0,9999	0,07
Mizrahi-Berk	20	2,8962	1,2213	0,2934	0,9999	0,05
	25	0,7917	2,7961	0,1839	0,9998	0,09
	30	-4,6289	7,6430	0,0918	0,9998	0,08

Na Tabela 9, verifica-se para a polpa com 40% de maltodextrina (DE 20) que todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,96 e desvios percentuais médios inferiores a 3%, indicando que podem ser usados com boa precisão para a estimativa dos reogramas desta formulação. Dentre os modelos testados, o de Herschel-Bulkley foi o que apresentou os melhores ajustes, com os maiores coeficientes de determinação (R^2), superiores a 0,99. Somaris et al. (18), ao estudaram o comportamento da polpa de mamão papaya nas temperaturas de 5, 15, 25, 40, 60 e 80 °C, observaram que o aquecimento influenciou o comportamento da polpa, induzindo redução nos índices de pseudoplasticidade.

Tabela 9 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos para a polpa de manga Keitt com 40% de maltodextrina (DE 20) em diferentes temperaturas

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waelle	20	16,9441	0,5507		0,9990	1,57
	25	14,8834	0,5343		0,9991	1,10
	30	13,3066	0,5107		0,9956	2,76
	Temp. (°C)	K_{OC}	K_c	R^2	P (%)	
Casson	20	1,1904	3,1031	0,9810	2,83	
	25	1,1940	2,8186	0,9849	2,52	
	30	1,2319	2,5493	0,9846	2,26	
	Temp. (°C)	τ_{OH}	K_H	n_H	R^2	P (%)
Herschel-Bulkley	20	-0,5298	17,3717	0,5185	0,9993	1,25
	25	0,0572	14,8377	0,5384	0,9992	1,10
	30	0,8100	12,6713	0,5789	0,9967	2,85
Mizrahi-Berk	Temp. (°C)	K_{OH}	K_M	n_M	R^2	P (%)

20	0,6439	3,8002	0,4048	0,9829	1,93
25	0,8015	3,3685	0,4285	0,9786	1,71
30	0,9549	2,9832	0,4497	0,9682	2,70

A Tabela 9 demonstra que os modelos reológicos aplicados à polpa de manga Keitt com 40% de maltodextrina (DE 20) proporcionam um excelente ajuste, evidenciado por altos coeficientes de determinação e baixos desvios percentuais, com o modelo de Herschel-Bulkley se destacando, ressaltando a relevância desses resultados para aplicações industriais.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados e análises apresentados nesta pesquisa, pode-se concluir que a adição de maltodextrina à polpa de manga Keitt modifica significativamente suas propriedades reológicas, conferindo um comportamento pseudoplástico a todas as amostras testadas. Esta característica é de grande importância para o processamento e manipulação industrial, influenciando diretamente a textura e a consistência dos produtos finais. O estudo ressalta a eficácia do modelo de Mizrahi-Berk na predição do comportamento reológico para a maioria das amostras, com o modelo de Herschel-Bulkley apresentando melhor desempenho em casos específicos. Estes dados oferecem contribuições valiosas para a indústria de alimentos, especialmente no desenvolvimento de novas formulações de produtos à base de frutas, otimizando características como estabilidade, textura e facilidade de processamento. Além disso, a pesquisa fornece direções claras para futuras investigações visando a melhoria contínua na produção e qualidade de alimentos processados.

REFERÊNCIAS

1. Bitencourt, E, Almeida, KM, Ferreira, JC., Pereira, GM, Júnior, AP. Potencial do endocarpo da manga (*Mangifera indica* L.) como adubo orgânico. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 2020; 11(7): 619-629.
2. Feitosa, RC, Souza, ACP, Texteira, SA, Medeiros, SRA. Avaliação da rotulagem da qualidade microbiológica e físico-química de polpas de frutas comercializadas em Picos – PI. Revinter, 2017; 10(2): 62-72.
3. Souza, ALR, Rodrigues, FM, Silva, GV, Santos, RR. Microencapsulação de sucos e polpas de frutas por spray drying: uma revisão. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, 2015; 17(3): 327-338.

4. Vriesmann, L. C. Extração, caracterização e aspectos reológicos de polissacarídeos da polpa dos frutos de *Theobroma grandiflorum* (Cupuaçu). 118f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
5. Pelegrine, DHG, Aguiar, LFS, Lodelis, A. Iogurte de goiaba enriquecido com cereais: correlação da textura com os parâmetros sensoriais. *Revista de Ciência & Tecnologia*, 2015; 18(36): 25-40.
6. Barros, S, Santos, N, Almeida, R, Silva, V, Almeida, R, Nascimento, A. Comportamento reológico e perfil de textura de iogurte integral com polpa de achachairu (*Garcinia humilis*). *Revista Principia*, 2019; 1(47): 145-152.
7. Quek, MC, Chin, NL, Yusof, YA. Modelling of rheological behaviours of soursop juice concentrates using shear rate- temperature-concentration superposition. *Journal of Food Engineering*, 2013; 118(4): 380-386.
8. Figueroa-Flórez, JA, Barragán-Viloria, K, Salcedo-Mendoza, JG. Comportamiento reológico en pulpa edulcorada de mango (*Mangifera indica* L. cv. Magdalena river). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 2017; 18(3): 615-627.
9. Silva Filho, ED, Figueirêdo, RMF, Queiroz, AJM, Brasileiro, JLO. Variáveis físicas, químicas e reológicas da polpa integral da manga cv. *Haden*. *Revista Engenharia na Agricultura-reveng*, 2015; 23(5): 397-405.
10. Almeida, RL, Santos, NC, Pereira, TS, Silva, VMA, Ribeiro, VHA, Silva, LN, Monteiro, YG. Estudo reológico da polpa de Jaboticaba com diferentes concentrações de goma arábica. *Research, Society and Development*, 2020; 9(3): 2511.
11. Sousa, EPD, Queiroz, AJDM, Figueirêdo, RMFD, Lemos, DM. Comportamento reológico e efeito da temperatura da polpa de pequi em diferentes concentrações. *Brazilian Journal of Food Technology*, 2014; 17(3): 226-235.
12. Melo, FS, Okaneku, BM, Cardoso, DNP, Santos, WG. Avaliação reológica da polpa e concentrado de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum schum*). *Brazilian Journal of Development*, 2020; 6(7): 45182-45192.
13. Moura, SCSRD, Vissotto, FZ, Ruffi, CRG, Alves Júnior, P. Propriedades físicas e reológicas de produtos à base de frutas. *Brazilian Journal of Food Technology*, 2016; 19(1).

14. Barros, ACF, Cordeiro, FC, Silva, CKF, Silva, ZE. Rheological properties estimation of mango pulp by inverse methods. *International Journal of Food Properties*, 2017; 20(1): 366-376.
15. Augusto, PED, Cristianini, M, Ibarz, A. Effect of temperature on dynamic and steady-state shear rheological properties of siriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp. *Journal of Food Engineering*, 2012; 108(1): 283–289.
16. Braga, ACC, Rodrigues, AMC, Silva, LHM, Araújo, LA. Avaliação da influência da temperatura e do tratamento enzimático no comportamento reológico do suco de abacaxi pérola (*Ananas Comosus* L. merr). *Revista Brasileira. Fruticultura*, 2013; 35: 226-237.
17. Feitosa, RM, Figueirêdo, RMF, Queiroz, AJM, Oliveira, ENA. Comportamento reológico da polpa de murta com maltodextrina. *Revista Engenharia na Agricultura*, 2018; 26(5): 391-398.
18. Somaris, E., Granados, Q. C., García-Zapateiro, L. A. Propiedades Reológicas de la pulpa de papaya (*Carica papaya*). *Información tecnológica*, 2017; 28(4): 11-16.

Capítulo 10

DOI: 10.53934/IIICBPAV-10

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELEIA DE UMBU-CAJÁ FORMULADA COM QUIABO EM PÓ EM SUBSTITUIÇÃO DA PECTINA COMERCIAL

Thalis Leandro Bezerra de Lima *; Francislaine Suelia dos Santos 
Yaroslávia Ferreira Paiva ; Henrique Valentim Moura ; Rossana Maria
Feitosa de Figueirêdo ; Alexandre José de Melo Queiroz ; Laíza Soliely Costa
Gonçalves 

* Autor correspondente (Corresponding author) – Email: tthallisma@gmail.com

Resumo: O umbu-cajá é uma fruta muito popular e apreciada pelo seu sabor ácido e aroma marcante, sendo consumido principalmente na forma de sucos e doces. O quiabo é uma hortaliça que se destaca por apresentar considerável valor alimentício e nutritivo, ainda sem processamento agroindustrial em larga escala. Assim, este trabalho objetivou elaborar e caracterizar físico-quimicamente geleias do tipo extra de umbu-cajá com adição de quiabo em pó em diferentes concentrações em substituição da pectina comercial. Inicialmente, foi obtido o pó do quiabo integral por meio de liofilização; em seguida, as geleias foram elaboradas com a proporção de 1:1 (polpa:sacarose) com diferentes formulações: FP - polpa de umbu-cajá + pectina comercial; F0 - polpa de umbu-cajá; F1 - polpa de umbu-cajá + 0,3% de pó de quiabo; F2 - polpa de umbu-cajá + 0,5% de pó de quiabo; F3 - polpa de umbu-cajá + 0,7% de pó de quiabo. As geleias foram avaliadas quanto as suas propriedades físico-químicas (teor de água, atividade de água, acidez total titulável, pH, cinzas, açúcares totais e redutores, ácido ascórbico e cor). A polpa do umbu-cajá se mostrou como alternativa explorável para seu uso na fabricação de geleias, observou-se que com o aumento da concentração do pó de quiabo houve a diminuição da acidez e aumento do teor de ácido ascórbico e açúcares totais. Observando-se que o incremento do pó de quiabo as geleias proporcionaram o enriquecimento nutricional da mesma, assim como, a substituição total da pectina comercial no seu preparo.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus*; composição físico-química; processamento de alimentos; *Spondias* spp.

Abstract: The umbu-cajá is a very popular fruit, appreciated for its acidic flavor and striking aroma, and is mainly consumed in the form of juices and sweets. Okra is a vegetable that stands out for its considerable food and nutritional value, although it has yet to be processed on a large scale. The aim of this study was to produce and physically and chemically characterize extra umbu-cajá jellies with the addition of okra powder in different concentrations to replace commercial pectin. Firstly, whole okra powder was obtained by freeze-drying; then the jellies were made with a 1:1 ratio (pulp:sucrose) with

different formulations: FP - umbu-cajá pulp + commercial pectin; F0 - umbu-cajá pulp; F1 - umbu-cajá pulp + 0.3% okra powder; F2 - umbu-cajá pulp + 0.5% okra powder; F3 - umbu-cajá pulp + 0.7% okra powder. The jellies were evaluated for their physicochemical properties (water content, water activity, total titratable acidity, pH, ash, total and reducing sugars, ascorbic acid and color). The pulp of the umbu-cajá proved to be an exploitable alternative for use in the manufacture of jellies. It was observed that with the increase in the concentration of okra powder there was a decrease in acidity and an increase in the content of ascorbic acid and total sugars. It was observed that adding okra powder to the jams provided nutritional enrichment, as well as the total replacement of commercial pectin in its preparation.

Key Word: *Abelmoschus esculentus*; physico-chemical composition; food processing; *Spondias* spp.

INTRODUÇÃO

Da família *Anacardeaceae*, o gênero *Spondias* inclui cerca de 20 espécies de árvores frutíferas. Os frutos dessas espécies são característicos pela presença de um endocarpo fibroso na sua maioria. No território brasileiro tem-se a ocorrência de seis espécies deste gênero, entre os quais a umbu-cajazeira (*Spondias* spp.) é considerada nativa do nordeste brasileiro, cujos frutos são encontrados nos mercados locais, e consumidos principalmente *in natura* nas épocas de safra (1).

O fruto do umbu-cajá é adaptada às irregularidades climáticas, apresenta aroma marcante e sabor muito apreciado. Apesar de também ser consumida *in natura*, é apropriada para extração da polpa, cujo rendimento médio, conforme Melo et al. (2), varia entre 55 e 65%, apresentando em sua composição açúcares, fibras, vitamina C, cálcio, ferro, potássio, sódio, fósforo, além de compostos bioativos como compostos fenólicos totais, flavonoides e taninos, podendo contribuir com o aporte de compostos antioxidantes dietéticos.

O quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), pertencente à família da *Malvaceae* é uma planta nativa da África, com importância comercial e expansão de cultivo em praticamente todas as áreas tropicais e subtropicais, destaca-se por apresentar ciclo vegetativo rápido, de alto rendimento, com baixos custos de produção, alto valor nutritivo (3). É um fruto de caráter fibroso semelhante a uma vagem comprida, seu valor se dá pela riqueza nutricional como fibras, proteínas, vitaminas A e C, cálcio, ferro, niacina, além de possuir propriedades medicinais, as sementes são boas fontes de óleo, proteínas, gorduras, fibras e açúcares (4,5). É uma rica fonte de mucilagem, apresentando considerável teor de pectina e lignina (6).

Colhidos e consumidos quando estão parcialmente desenvolvido e fisiologicamente imaturo, apresenta alta perecibilidade, com conservação limitada a um período curto, uma vez que o seu metabolismo respiratório continua ativo, com transformações químicas que ocorrem até que chegue ou ultrapasse a fase de

amadurecimento. Resultando na perda de valor comercial e desinteresse por parte do consumidor, justificando o uso de medidas e técnicas que possam aumentar o tempo de vida útil em condições de transporte e armazenamento (7).

A desidratação é um dos mais importantes procedimentos utilizados no processamento de produtos agrícolas uma vez que aumenta o tempo de vida, mantendo consideravelmente as propriedades nutricionais. Dentre os vários métodos de secagem disponíveis, a liofilização se destaca por manter em maior nível os componentes nutricionais sensíveis a altas temperaturas de secagem, caracterizando-se pela secagem em baixas temperaturas (8). Conforme o autor, o produto na forma de pó obtido por este método possui alto valor agregado, dando origem a novos produtos, que podem ser usados reconstituídos ou em formulações de alimentos.

Frutas nativas são muito procuradas pelo mercado consumidor, na forma fresca ou em produtos processados, já que muitas frutas possuem época de safra e produção limitada a alguns meses do ano. Entre os muitos tipos de processamentos de frutas, a transformação em geleias é uma das alternativas mais buscadas, tanto pelo consumidor doméstico como pelas indústrias de processamento, já que esse tipo de elaboração permite aumentar o tempo útil de vida dos produtos derivados, agregando valor à matéria-prima principalmente nas épocas que o fruto se encontra escasso ou indisponível devido às safras limitadas (9).

De acordo com a Resolução n.º 272, de 22 de setembro de 2005 (10), geleias são os produtos elaborados a partir de fruta(s), inteira(s) ou em parte(s), e/ou semente(s), obtidos por cocção e/ou concentração, e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos, podendo ser apresentados com ou sem líquido de cobertura e adicionados de açúcar, sal, tempero, especiaria e/ou outro ingrediente, desde que não descaracterize o produto. Entretanto, outros ingredientes podem ser acrescentados ao produto, como pós e prebióticos, os quais são componentes alimentares não digeríveis que afetam benéficamente a saúde.

O umbu-cajá apresenta grande potencial de produção, principalmente no nordeste brasileiro, com muitas opções de transformação, dentre estas a formulação de geleias, graças ao alto teor de ácidos orgânicos da polpa. Assim como o quiabo, beneficiado pelo clima, encontra condições ideais de cultivo na região. Devido ao teor de pectina, presta-se igualmente, pela capacidade gelificante, como ingrediente para geleias. Logo, diante do exposto a presente pesquisa tem por objetivo elaborar geleias do tipo extra de umbu-cajá com adição de quiabo em pó em diferentes concentrações em substituição da pectina comercial e avalia-las quanto as suas propriedades físico-químicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Matérias-primas e processamento

As matérias-primas utilizadas foram o quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) cilíndrico do subgrupo verde da variedade Santa Cruz, em estágio de maturação verde, advindos da região de Caturité, PB. E o umbu-cajá (*Spondias* spp.) advindos do município de Assú, RN.

No Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas da UFCG, os quiabos e os umbu-cajá foram selecionados manualmente, de forma a eliminar os que apresentaram danos físicos, aspecto de podridão ou em outro estágio de maturação; em seguida, foram submetidos a uma lavagem em água corrente e logo após, realizada a sanitização, imergindo em recipiente contendo solução de hipoclorito de sódio com concentração de 50 ppm, durante 15 minutos, e por fim enxaguados em água corrente.

Os frutos de umbu-cajá foram despulpados em despulpadeira mecânica, em seguida a polpa foram acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade em freezer a -18°C , até sua utilização.

Os quiabos para obtenção do pó, foram cortados em fatias com espessura padronizada de 2 mm, congelados em freezer a -18°C por 48 h e levados ao liofilizador de bancada (Liobras, modelo L101, Brasil), por um período de 72 h. Após a liofilização as fatias secas foram trituradas em moinho de facas, em seguida, foram peneirados em peneiras de aço inoxidável com malha de 32 mesh e acondicionados em embalagens laminadas até o momento das análises.

Produção da geleia

Foram produzidas cinco formulações de geleias utilizando-se os ingredientes e proporções descritos na Tabela 1; FP - geleia padrão, utilizando pectina comercial de alta metoxilação; F0 - geleia sem a adição de pectina e nem do pó do quiabo, apenas com a pectina já presente na polpa; F1 contendo a polpa de umbu-cajá e 0,3% de pó de quiabo; F2 contendo a polpa de umbu-cajá e 0,5% de pó de quiabo; e F3 formulada com a polpa de umbu-cajá e 0,7% de pó de quiabo. Foi utilizado carbonato de sódio para o ajuste do pH na faixa de 3,0 - 3,4.

Tabela 1 – Ingredientes utilizados nas formulações da geleia de umbu-cajá

Formulações	Polpa (g)	Açúcar (g)	Ingredientes			Água (g)
			Pectina (%)	Pó do quiabo (%)	Bicarbonato de sódio (g)	
FP	300	300	1,0	-	1	240
F0	300	300	-	-	1	240
F1	300	300	-	0,3	1	240
F2	300	300	-	0,5	1	240
F3	300	300	-	0,7	1	240

FP - polpa de umbu-cajá + pectina comercial; F0 - polpa de umbu-cajá; F1 - polpa de umbu-cajá + 0,3% de pó de quiabo; F2 - polpa de umbu-cajá + 0,5% de pó de quiabo; F3 - polpa de umbu-cajá + 0,7% de pó de quiabo.

A cocção das geleias foram preparadas em equipamentos e utensílios de aço inoxidável não industriais, a mesma foi realizada, pelo método de concentração a pressão atmosférica com agitação manual, mantendo-se a cozimento até atingir o ponto desejado em torno de 65 °Brix. Após a cocção as geleias foram retiradas do fogo e envasadas em embalagens de vidro com capacidade de 200 g com tampa metálica, esterilizadas; as geleias foram acondicionadas quentes nos recipientes, fechadas e invertidas para o contato do produto com a tampa.

Caracterização físico-química

Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método padrão em estufa a vácuo a 105 °C até massa constante descrito no manual do Instituto Adolfo Lutz (11).

Atividade de água

A atividade de água foi determinada na temperatura de 25 °C, através de leitura direta em higrômetro Aqualab (Modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices).

Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada através do método acidimétrico do manual do Instituto Adolfo Lutz (11), usando solução de hidróxido de sódio 0,1 M, com os resultados expressos em percentagem de ácido cítrico.

pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com o medidor de pH (Tecnal, modelo TEC-2), previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

Cinzas

As cinzas foram determinadas através do método do manual do Instituto Adolfo Lutz (11), por calcinação da amostra em mufla a 550 °C.

Açúcares totais

Os açúcares totais foram determinados pela metodologia descrita por Yemm e Willis (12), em que as amostras foram submetidas à análise em espectrofotômetro a 620 nm e a quantificação dos açúcares baseadas na curva padrão de glicose.

Açúcares redutores

Os açúcares redutores foram determinados pela metodologia de Miller (13), utilizando o ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) como agente oxidante, com leituras em espectrofotômetro a 540 nm.

Ácido ascórbico

A determinação do ácido ascórbico foi realizada segundo a metodologia da AOAC (14), que utiliza como solução extratora, o ácido oxálico e se baseia na titulação da amostra, empregando-se o 2,6 diclorofenolindofenol sódio que dá cor azul em solução alcalina e cor rosa, em solução ácida. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g da amostra.

Cor

Os parâmetros de cor foram determinados por leitura direta utilizando-se o espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, no sistema de cor Cielab, com padrão de iluminação D65/10° e calibrado com placa branca padrão (X = 80,5; Y = 85,3; Z = 90,0), conforme instrução do fabricante. Foram determinados os seguintes parâmetros: L* - luminosidade; a* - transição da cor verde (-a*) para o vermelho (+a*); e b* - transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

A partir dos valores de a* e b* foram calculados os valores de croma (C*) (Equação 1) e ângulo de tonalidade (h) (Equação 2):

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

$$h = \tan^{-1} a^*/b^* \quad (2)$$

Análise estatística dos dados

Os dados experimentais obtidos na caracterização das geleias foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa computacional ASSISTAT versão 7.5 Beta (15) seguindo o delineamento inteiramente casualizado com a comparação entre médias feita aplicando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estão dispostos na Tabela 2 os valores médios dos teores de água, atividade de água e cinzas das geleias de umbu-cajá formuladas.

Tabela 2 - Resultados médios dos teores de água, atividade de água e cinzas das geleias de umbu-cajá formuladas

Formulação	Teor de água (% b.u.)	Atividade de água (a_w)	Cinzas (%)
FP	24,97 ± 1,92 a	0,792 ± 0,001 d	0,34 ± 0,01 c
F0	25,77 ± 0,94 a	0,795 ± 0,002 c	0,34 ± 0,01 c
F1	26,40 ± 0,91 a	0,812 ± 0,001 b	0,37 ± 0,01 bc
F2	27,26 ± 0,44 a	0,829 ± 0,001 a	0,39 ± 0,01 ab
F3	27,61 ± 0,70 a	0,828 ± 0,001 a	0,41 ± 0,02 a

FP - polpa de umbu-cajá + pectina comercial; F0 - polpa de umbu-cajá; F1 - polpa de umbu-cajá + 0,3% de pó de quiabo; F2 - polpa de umbu-cajá + 0,5% de pó de quiabo; F3 - polpa de umbu-cajá + 0,7% de pó de quiabo. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Percebeu-se que todas as geleias apresentaram-se em conformidade com a legislação brasileira (10), com teor de água abaixo do máximo recomendado, que é de 35%. Os teores de água não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$). Entretanto, observou-se uma tendência de maiores conteúdos de água nas amostras com adições de quiabo em pó, provavelmente relacionados ao aprisionamento da água na estrutura geleificada, que por sua vez culminaram na alteração estatisticamente significativa ($p < 0,05$) dos valores de atividade de água, que foram mais elevados nas geleias F2 e F3. Souza et al. (16), ao processarem geleias de tamarindo com e sem a adição de pectina, reportaram maior conteúdo de água no produto contendo o geleificante.

A atividade de água, que variou de 0,792 a 0,829, encontra-se na faixa susceptível ao desenvolvimento de bolores e leveduras (17), exigindo cuidados específicos durante o envase e estocagem. Ao processarem geleias convencionais de umbu-cajá adicionadas de 0,5% de pectina cítrica, Viana et al. (18) encontraram teores de água de 26,74 e 28,75%, semelhantes ao deste trabalho. Por outro lado, os dados de atividade de água foram ligeiramente inferiores aos relatados por Oliveira et al. (19), que encontraram valores de 0,828 a 0,850.

As adições de pectina e de 0,3% de quiabo em pó (F1) não alteraram significativamente ($p > 0,05$) o conteúdo de cinzas, mas a partir da concentração de 0,5% (F2), o teor de cinzas aumentou gradativamente, com elevação de 20,59% na geleia F3 em relação a FP. Essas modificações se devem ao teor de minerais que é mais elevado no quiabo em comparação a polpa de umbu-cajá. De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (20), o quiabo *in natura* apresenta 0,8% de cinzas. Considerando-se que o quiabo foi desidratado, houve concentração dos minerais; logo, a sua adição na forma de pó, ainda que em proporções pequenas, promoveu incrementos no conteúdo de cinzas das geleias, com valores variando de 0,34 a 0,41%. Viana et al. (21) reportaram conteúdos de cinzas inferiores ao elaborarem geleias mistas de mamão e araçá boi, com valores de 0,25 a 0,32%.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios de acidez total titulável (ATT), pH e ácido ascórbico das geleias de umbu-cajá formuladas.

Tabela 3 - Resultados médios dos teores de acidez total titulável (ATT), pH e ácido ascórbico das geleias de umbu-cajá formuladas

Formulação	Acidez total titulável (%)	pH	Ácido ascórbico (mg/100 g)
FP	0,540 ± 0,006 a	3,31 ± 0,01 b	6,13 ± 0,15 b
F0	0,531 ± 0,006 ab	3,29 ± 0,01 c	5,05 ± 0,31 c
F1	0,521 ± 0,007 abc	3,31 ± 0,00 b	6,93 ± 0,28 a
F2	0,520 ± 0,012 bc	3,33 ± 0,01 a	7,13 ± 0,15 a
F3	0,509 ± 0,003 c	3,33 ± 0,00 a	7,15 ± 0,12 a

FP - polpa de umbu-cajá + pectina comercial; F0 - polpa de umbu-cajá; F1 - polpa de umbu-cajá + 0,3% de pó de quiabo; F2 - polpa de umbu-cajá + 0,5% de pó de quiabo; F3 - polpa de umbu-cajá + 0,7% de pó de quiabo. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A ATT reduziu-se à medida em que a concentração de quiabo em pó aumentava, podendo estar relacionado a diluição dos ácidos orgânicos da polpa de umbu-cajá devido a adição de ingrediente menos ácido ou devido a degradação dos ácidos orgânicos da polpa. Todas as amostras apresentaram ATT inferior a 0,8%, limite recomendado por Jackix (22) para geleias de frutas. Oliveira et al. (19) reportaram, ao processarem geleias de umbu-cajá variando-se as concentrações de açúcar e de pectina, valores de ATT compreendidos entre 0,39 a 0,55%, próximas às deste trabalho. A geleia F0 deteve o menor valor de pH, enquanto que as elaboradas com pectina e quiabo em pó apresentaram resultados ligeiramente superiores. Apesar de alterações bastante expressivas na ATT, percebeu-se que o pH foi menos afetado por incrementos de geleificantes, o que pode indicar a presença de possíveis substâncias tamponantes nas geleias.

Todas as amostras apresentaram-se na faixa de pH relatada por Freitas et al. (23), de 3,0 a 3,2, valores que garantem estabilidade durante o armazenamento, especialmente em relação a sinérese (22). Valor bem acima da faixa recomendada foi encontrado por Garcia et al. (24) em geleia de buriti, com valor de 3,64.

O menor conteúdo de ácido ascórbico foi encontrado em F0, seguida das amostras adicionadas FP, F3, F2, F1 respectivamente. À medida que a proporção de quiabo aumentou o conteúdo de ácido ascórbico foi elevado, podendo-se atribuir esse efeito à presença deste no quiabo liofilizado. Apesar disso, todas as amostras apresentaram menos de 10 mg de ácido ascórbico em 100 g de produto. Azevedo et al. (25) encontraram teores de ácido ascórbico ligeiramente superiores em geleias de manipuçá (7,40 a 14,19%), provavelmente devido ao maior conteúdo deste componente na polpa utilizada em comparação com a polpa de umbu-cajá.

Estão dispostos na Tabela 4 os valores médios de açúcares totais, redutores e não redutores das geleias de umbu-cajá formuladas. Os conteúdos de açúcares totais ficaram compreendidos entre 50,74 e 74,65%, aproximando-se dos valores encontrados por Viana et al. (18) em geleias de umbu-cajá (57,05 a 56,28%). Uma grande variação no teor de açúcares totais também foi relatada por Azevedo et al. (25) ao elaborarem geleias de manipuçá, com valores de variando entre 63,97 e 79,73%.

Tabela 4 - Resultados médios dos teores açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não-redutores das geleias de umbu-cajá formuladas

Formulação	Açúcares totais (g/100g)	Açúcares redutores (g/100g)	Açúcares não-redutores (g/100g)
FP	50,74 ± 0,40 c	26,84 ± 0,88 a	23,89 ± 0,00 d
F0	60,09 ± 1,83 b	27,49 ± 0,10 a	32,60 ± 0,00 c
F1	74,28 ± 1,02 a	24,23 ± 0,16 b	50,05 ± 0,00 b
F2	74,26 ± 0,44 a	19,15 ± 0,12 c	55,11 ± 0,00 a
F3	74,65 ± 1,37 a	17,76 ± 0,22 d	56,88 ± 0,00 a

FP - polpa de umbu-cajá + pectina comercial; F0 - polpa de umbu-cajá; F1 - polpa de umbu-cajá + 0,3% de pó de quiabo; F2 - polpa de umbu-cajá + 0,5% de pó de quiabo; F3 - polpa de umbu-cajá + 0,7% de pó de quiabo. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Percebeu-se que as geleias adicionadas de quiabo em pó detiveram os menores valores de açúcares redutores, com teores mais baixos nas maiores proporções de quiabo. Isso sugere que a formação da estrutura de gel protegeu o açúcar durante o processo de cocção e concentração da geleia, reduzindo a inversão da sacarose, ainda que a polpa de umbu-cajá apresente pH favorável a hidrólise do açúcar. Como consequência, a concentração de açúcares não redutores foi superior a 50% nas geleias elaboradas com quiabo em pó. Martins et al. (26) processaram geleias de cajá variando as concentrações de pectina e de polpa e verificaram conteúdos de açúcares não-redutores oscilando entre 19,37 e 33,01%, aproximando-se da formulação de geleia de umbu-cajá processada com pectina. Também deve ser considerado que a adição de quiabo em pó enriqueceu a geleia com constituintes como açúcares, o que pode justificar as variações observadas.

Observa-se Tabela 5 os valores médios da avaliação colorimétrica das geleias de umbu-cajá formuladas. Observou-se que todas as amostras apresentaram-se escuras, com luminosidade (L^*) inferior a 50, o que pode ser atribuído a ocorrência de caramelização dos açúcares em altas temperaturas durante o processo de cocção. O escurecimento de geleias durante a concentração dos açúcares é bastante comum e relatado em geleias de araçá (27) e umbu-cajá (18). Apesar disso, houve um escurecimento menos intenso ($p < 0,05$) nas geleias F2 e F3, o que intensifica a hipótese de provável efeito protetor que a estrutura geleificada com quiabo apresenta nos constituintes das geleias, que inclusive afetam as características físicas, a exemplo da cor.

Tabela 5 - Resultados médios da avaliação colorimétrica das geleias de umbu-cajá formuladas

Formulação	Luminosidade (L^*)	Intensidade de vermelho (+a*)	Intensidade de amarelo (+b*)	Croma (C^*)	Ângulo de tonalidade (h)
FP	33,37 ± 0,17 c	3,35 ± 0,30 d	16,01 ± 0,60 d	16,36 ± 0,54 d	78,16 ± 1,41 ab
F0	27,22 ± 0,18 e	2,69 ± 0,12 e	12,80 ± 0,33 e	13,08 ± 0,32 e	78,13 ± 0,61 ab
F1	28,41 ± 0,19 d	4,37 ± 0,21 c	22,81 ± 0,37 c	23,23 ± 0,33 c	79,16 ± 0,65 a
F2	39,60 ± 0,22 b	7,65 ± 0,27 b	29,63 ± 0,51 b	30,60 ± 0,45 b	75,51 ± 0,68 c
F3	44,43 ± 0,10 a	9,56 ± 0,11 a	41,15 ± 0,70 a	42,25 ± 0,67 a	76,91 ± 0,30 bc

FP - polpa de umbu-cajá + pectina comercial; F0 - polpa de umbu-cajá; F1 - polpa de umbu-cajá + 0,3% de pó de quiabo; F2 - polpa de umbu-cajá + 0,5% de pó de quiabo; F3 - polpa de umbu-cajá + 0,7% de pó de

quiabo. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Houve superioridade da componente $+b^*$ em relação a coordenada $+a^*$ em todas as geleias, o que já era esperado, haja vista a cor amarelada da polpa de umbu-cajá. Oliveira et al. (19) também relataram que as geleias de umbu-cajá elaboradas com diferentes concentrações de açúcar e de pectina apresentaram maiores valores de $+b^*$ em comparação ao $+a^*$. Notou-se que a adição de pectina ou de quiabo promoveu retenção das intensidades de amarelo e de vermelho, sendo que quanto maior a concentração de quiabo em pó, mais elevadas foram as respectivas coordenadas, possivelmente devido a menores degradações térmicas de pigmentos amarelos e vermelhos responsáveis pelas respectivas colorações, em virtude do efeito protetor da estrutura geleificada pelo quiabo em pó sobre os pigmentos.

As geleias de umbu-cajá processadas com quiabo em pó (F1, F2 e F3) apresentaram os maiores valores de croma (C^*), sendo aumentados com os incrementos do geleificante. Assim, quanto maior foi a adição de quiabo nas geleias, maior foi a intensidade da cor pela retenção de pigmentos. Os valores de C^* ficaram compreendidos entre 13,08 e 42,2, aproximando-se dos valores reportados por Silva et al. (28) em geleias de cambuci (19,82 e 25,06) e Oliveira et al. (19) em geleias de umbu-cajá (24,01 a 30,85). O ângulo de tonalidade das geleias ficou situado entre as regiões amarela ($h = 90^\circ$) e vermelha ($h = 0^\circ$), com as amostras percebidas como amarelas. Valores semelhantes de h foram encontrados por Viana et al. (18) em geleias de umbu-cajá, correspondendo a 70,08 e 81,39.

CONCLUSÕES

A polpa do umbu-cajá mostrou-se como alternativa explorável para seu uso na fabricação de geleias, observou-se que com o aumento da concentração do pó de quiabo houve a diminuição da acidez e aumento do teor de ácido ascórbico e açúcares totais. Observando-se que o incremento do pó de quiabo as geleias proporcionaram o enriquecimento nutricional dela, assim como a substituição total da pectina comercial no seu preparo, a pesquisa contribui na valorização de ingredientes nativos e na inovação de produtos alimentícios, potencializando os benefícios nutricionais e sensoriais das geleias e incentivando práticas mais sustentáveis e saudáveis na indústria alimentícia.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, pela infraestrutura para o desenvolvimento da pesquisa.

O primeiro autor agradece à Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio a este estudo e pela bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Nascimento IS, Oliveira LFP, Silva TRF, Albuquerque ACM, Silva WA, Silvério ML, Bezerra VS, Correia JM. Elaboração de iogurtes saborizados com frutas e cereais típicos da região Nordeste do Brasil. *Braz J Dev.* 2020;6(12):96978–96990.
2. Melo JCS, Figueirêdo RMF, Queiroz AJM, Gomes WC, Moura HV, Paiva YF, Silva ETV, Santos FS. Evaluation of the apparent viscosity of goat's milk flavored with umbu-cajã pulp. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales.* 2023;16(10):19597–19612.
3. Elkhalfifa AEO, Alshammari E, Adnan M, Alcantara JCC, Awadelkareem AM, Eltoun NE, Mehmood K, Panda BP, Ashraf SA. Okra (*Abelmoschus esculentus*) as a potential dietary medicine with nutraceutical importance for sustainable health applications. *Molecules.* 2021;26(3):696–717.
4. Hussain M, Kamran M, Singh K, Zouhar M, Rysanek P, Anwar SA. Response of selected okra cultivars to meloidogyne incognita. *Crop Prot.* 2016;82:1–6.
5. Zhang W, Xiang Q, Zhao J, Mao G, Feng W, Chen Y, Li Q, Wu X, Yang L, Zhao T. Purification, structural elucidation and physicochemical properties of a polysaccharide from *Abelmoschus esculentus* L. (okra) flowers. *Int J Biol Macromol.* 2020;155:740–750.
6. Santos FS, Figueirêdo RMF, Queiroz AJM, Paiva YF, Araújo AC, Lima TLB, Carvalho AJBA, Lima MS, Macedo ADB, Campos ARN. Physical, chemical, and thermal properties of chia and okra mucilages. *J Therm Anal Calorim.* 2023;148:7463–7475.
7. Santos FS, Figueirêdo RMF, Queiroz AJM, Lima TLB, Moreira IS. Effect of dehydration methods on okra chemical and physical composition. *J Agric Sci.* 2019;11(5):236–249.
8. Paiva YF, Figueirêdo RMFD, Queiroz AJDM, Santos FSD, Amadeu LTS, Lima AGBD, Lima TLBD, Silva WPD, Moura HV, Silva ETDV. Maltodextrin as a Drying Adjuvant in the Lyophilization of Tropical Red Fruit Blend. *Molecules.* 2023;28:6596.
9. Oliveira ENA, Rocha APT, Gomes JP, Santos DC, Araújo GT. Perfil sensorial de geleias tradicionais de umbu-cajã. *Biosci J.* 2013;29:1566–1575.
10. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. (2005, setembro 23). Resolução de Diretoria Colegiada nº 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Seção 1, pt I.

11. IAL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.
12. Yemm EW, Willis AJ. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem J.* 1954;57(3):508–515.
13. Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem.* 1959;31(1):426–428.
14. AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 20th ed, Washington: AOAC, 2016. 3100 p.
15. Silva FAS, Azevedo CAV. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr J Agric Res.* 2016;11(39):3733–3740.
16. Souza FG, Barbosa FF, Rodrigues FM. Avaliação de geleia de tamarindo sem pectina e com pectina proveniente do albedo do maracujá amarelo. *J. Bioen. Food Sci.* 2016;3(2):78–88.
17. Broomes J, Badrie N. Effects of low-methoxyl pectin on physicochemical and sensory properties of reduced- calorie sorrel/roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) jams. *The Open Food Sci J.* 2010;4(1):48–55.
18. Viana ES, Mamede MEO, Reis RC, Carvalho LD, Fonseca MD. Desenvolvimento de geleia de umbu-cajá convencional e dietética. *Rev Bras Frut.* 2015;37(3):708–717.
19. Oliveira ENA, Santos DC, Rocha APT, Gomes JP, Silva WP. Estabilidade de geleias convencionais de umbu-cajá durante o armazenamento em condições ambientais. *Rev Bras Eng Agríc Amb.* 2014;18(3):329–337.
20. TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4 ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2011. 161 p.
21. Viana ES, Jesus JL, Reis RC, Fonseca MD, Sacramento CK. Caracterização físico-química e sensorial de geleia de mamão com araçá-boi. *Rev Bras Frut.* 2012;34(4):1154–1164.
22. Jackix MH. Doces, geleias e frutas em calda. 1988. Campinas: Unicamp, 172 p.
23. Freitas JB, Cândido TLN, Silva MR. Geleia de gabioba: avaliação da aceitabilidade e características físicas e químicas. *Pesqui Agropecu Trop.* 2008;38(2):87–94.
24. Garcia LGC, Guimarães WF, Rodovalho EC, Peres NRAA, Becker FS, Damiani C. Geleia de buriti (*Mauritia flexuosa*): agregação de valor aos frutos do cerrado brasileiro. *Braz J Food Tech.* 2017;20:e2016043.

25. Azevedo LMF, Lucena EMP, Bonilla OH, Silveira MRS, Silva Júnior A. Physical, chemical, microbiological and sensory characterization of Manipuça jellies for municipal school meals of Fortaleza-CE. *Rev Bras Frut.* 2018;40(1):e-728.
26. Martins JJA, Oliveira ENA, Rocha APT, Santos DC. Estabilidade de geleias de cajá durante o armazenamento em condições ambientais. *Comunicata Scientiae.* 2015;6(2):164–173.
27. Damiani C, Silva FA, Asquieri ER, Lage ME, Vilas Boas EVB. Antioxidant potential of *Psidium guinnensis* Sw. jam during storage. *Pesqui Agropecu Trop.* 2012;42(1):90–98.
28. Silva FVG, Silva SM, Silva GC, Mendonça RMN, Alves RE, Dantas AL. Bioactive compounds and antioxidant activity in fruits of clone and ungrafted genotypes of yellow mombin tree. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2012;32:685–691.

Capítulo 11

DOI: 10.53934/IIICBPAV-11

TRATAMENTO DE SEMENTES NO DESEMPENHO INICIAL DO MILHO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS

Hemilly Kariny Cardoso Freitas *; Henrique Marlon Ferreira Fernandes 
Hugo Tiago Ribeiro Amaro ; Pedro Manoel Alves de Almeida ; Edson
Marcos Viana Porto ; Andréia Márcia Santos de Souza David 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: hemilly.agro@gmail.com

Resumo: O cultivo e produção do milho representa importante atividade agrícola em diversas partes do mundo. No ambiente de produção, a disponibilidade hídrica e a qualidade das sementes utilizadas para semeadura são fatores importantes a serem para o bom desempenho da cultura. Objetivou-se avaliar o efeito do tratamento de sementes no desempenho inicial do milho sob diferentes condições hídricas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições, sendo sementes tratadas com fertilizante e a testemunha (sem tratamento de sementes) e cinco níveis de disponibilidade de água no solo (20; 40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água). As sementes foram tratadas com o fertilizante Broadacre Mn+. Após o tratamento, as sementes foram semeadas no substrato com os respectivos volumes de água estabelecidos e avaliadas quanto ao tempo médio de emergência de plântulas. Os resultados foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de probabilidade. A disponibilidade de água no substrato teve impacto significativo no tempo médio de emergência, sendo que as sementes tratadas com o fertilizante se destacaram com o menor tempo médio de emergência. Conclui-se que o maior suprimento de água proporcionou menor tempo médio para emergência de plântulas de milho. O tratamento de sementes com o fertilizante proporcionou melhor desempenho inicial do milho sob condições de restrição hídrica.

Palavras-chave: água; emergência; fertilizante; lâminas de irrigação; *Zea mays* L.

Abstract: The cultivation and production of corn represents an important agricultural activity in different parts of the world. In the production environment, water availability and the quality of the seeds used for sowing are important factors for the good performance of the crop. The objective was to evaluate the effect of seed treatment on the initial performance of corn under different water conditions. The experimental design used was completely randomized, in a 2 x 5 factorial scheme, with four replications, with seeds treated with fertilizer and the control (without seed treatment) and five levels of water availability in the soil (20; 40; 60; 80 and 100% of water retention capacity). The seeds were treated with Broadacre Mn+ fertilizer. After treatment, the seeds were sown

in the substrate with the respective volumes of water established and evaluated for the average time of seedling emergence. The results were subjected to analysis of variance at a 5% probability level. The availability of water in the substrate had a significant impact on the average emergence time, with seeds treated with the fertilizer standing out with the shortest average emergence time. It is concluded that the greater water supply provided a shorter average time for corn seedling emergence. Seed treatment with fertilizer provided better initial corn performance under water restriction conditions.

Key Word: water; emergency; fertilizer; irrigation blades; *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) apresenta grande importância econômica, sendo cultivado em diversas partes do mundo. No Brasil, é cultivado em praticamente todo país em diversos níveis tecnológicos (1). O cultivo de milho ainda tem papel na geração de emprego tanto em zonas rurais quanto urbanas, pois tem participação como matéria prima direta ou indireta em mais de 3500 segmentos industriais (2).

Mesmo com resultados crescentes, a produtividade a nível nacional ainda é muito baixa, por diversos motivos, como ataque de pragas e doenças, disponibilidade de água e nutrientes, densidade de semeadura, tipo de manejo, entre outros fatores (3). Nesse sentido, o uso de sementes de qualidade para semeadura também representa importante estratégia para obtenção de estande adequado de plantas, com efeitos no bom desempenho e produtividade da cultura.

O uso de fertilizantes líquidos contendo micronutrientes, fornecidos por meio do tratamento de sementes, é uma prática cada vez mais relevante e utilizada na agricultura. Os micronutrientes são ativadores e/ou componentes estruturais de várias enzimas e quando fornecidos corretamente podem trazer benefícios à germinação e ao vigor das sementes (4). Além disso, melhora o desempenho das culturas e por consequência, a diminuição do custo relativo tem motivado produtores a utilizá-los (5).

Eles são aderidos na semente para minimizar problemas de deficiência de micronutrientes durante os processos de germinação, desenvolvimento e produção de grãos (6). A utilização de técnicas visando aumentar a concentração de nutrientes pela sua aplicação nas sementes pode incrementar a produção por planta subsequente por permitir que uma maior quantidade de nutrientes esteja prontamente disponível para a planta (7).

O estresse hídrico também afeta a cultura como um todo, pois diminui a produção de massa fresca e seca, altura dos colmos e absorção de nutrientes pelas raízes, as quais, muitas vezes não se desenvolvem o bastante para alcançar locais mais profundos no solo em busca de água e nutrientes (8).

Além disso, após a emergência, as plântulas sob estresse hídrico produzem menor número de folhas e elevam o período crítico de competição com plantas daninhas (9). A interferência de diversos estresses abióticos durante o seu cultivo, como a escassez na disponibilidade de água, acaba ocasionando perdas significativas no rendimento da produção (10).

Sendo assim, dada a importância da água para o melhor desenvolvimento das culturas torna-se imprescindíveis estudos que compreendam as respostas fisiológicas das plantas em função da variação de disponibilidade hídrica (11).

Objetivou-se avaliar o efeito do tratamento de sementes com fertilizante no desempenho inicial do milho sob diferentes condições hídricas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), *Campus* Paracatu, Minas Gerais. Foram utilizadas sementes de milho, cultivar BRS Gorutuba (variedade de polinização aberta, safra 2021). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições, sendo sementes tratadas com fertilizante e a testemunha (sem tratamento de sementes) e cinco condições hídricas do solo representadas por diferentes níveis de disponibilidade de água no solo (20; 40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água pelo solo).

As sementes foram tratadas com o fertilizante Broadacre Mn+. A dose aplicada foi de 0,4 L ha⁻¹, sendo o produto diluído em água. O contato das sementes com a solução contendo o produto aconteceu minutos antes da semeadura. O fertilizante foi aplicado nas sementes acondicionadas em sacos plásticos com capacidade de 2,0 kg. Após a aplicação do produto sobre as sementes, o conjunto foi agitado vigorosamente durante dois a três minutos, visando uniformizar a distribuição do tratamento sobre a massa de sementes. Em seguida, as sementes tratadas foram colocadas para secar a sombra.

Após o tratamento, as sementes foram avaliadas quanto ao tempo médio de emergência de plântulas. O tempo médio de emergência de plântulas foi obtido após a semeadura das sementes sob condições ambientais de laboratório (Temperatura média \pm 25 °C; umidade relativa do ar \pm 65%), utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por tratamento. As sementes foram semeadas a dois cm de profundidade, em bandejas utilizando como substrato areia lavada. O substrato foi umedecido observando os volumes de água definidos (20, 40, 60, 80 e 100% da capacidade de retenção de água pelo substrato), seguindo a metodologia contida nas Regras para Análise de Sementes - RAS (12). Visando a manutenção dos volumes de água estabelecidos, as parcelas experimentais eram pesadas diariamente com posterior umedecimento do substrato até a reposição do volume de água definido para cada tratamento. As avaliações foram realizadas anotando-se diariamente, no mesmo horário, o número de plântulas emergidas até a estabilização da emergência.

O tempo médio de emergência foi calculado de acordo com a metodologia proposta por Edmond e Drapala (13), através da seguinte fórmula:

$$TME = \frac{(N1 \times E1) + (N2 \times E2) + \dots + (Nn \times En)}{E1 + E2 + E3 + \dots + En}$$

TME = tempo médio de emergência (dias).

E1, E2, E3, ..., En = número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem;

N1, N2, N3, ..., Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Quando significativos, os efeitos do tratamento de sementes foram avaliados pelo Teste F, a 5% de probabilidade; enquanto os volumes de água no solo (disponibilidade de água no solo) foram avaliados por análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância demonstraram que o tempo médio de emergência de plântulas apresentou interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores tratamento de sementes e níveis de disponibilidade de água.

De acordo com a Tabela 1, observa-se o desdobramento de tempo médio de emergência (TME) de plântulas de milho em função do tratamento de sementes e disponibilidade hídrica. Verifica-se que nas condições de 20, 40 e 60% de disponibilidade de água no solo, sementes tratadas com o fertilizante proporcionaram menor tempo médio para emergência de plântulas em relação à testemunha, enquanto para os níveis de 80 e 100% de água disponível, houve diferença estatística entre os tratamentos.

Tabela 1. Tempo médio de emergência de plântulas (%) de milho em função do tratamento de sementes e disponibilidade hídrica.

Tratamentos	Disponibilidade de água no substrato (%)				
	20	40	60	80	100
Testemunha	8,79 A	8,21 A	5,81 A	4,44 A	4,11 A
Fertilizante	7,35 B	4,89 B	4,49 B	4,44 A	4,79 A
Média	8,07	6,55	5,15	4,44	4,45

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade.

A disponibilidade de água exerce influência direta sobre o desenvolvimento inicial das plântulas, pois é essencial para o início das reações enzimáticas, a solubilização e o transporte de metabólitos (14). No entanto, a restrição hídrica limita a germinação das sementes, resultando na redução do potencial hídrico das células, desequilibrando assim as reações fisiológicas e metabólicas (15).

O uso de fertilizantes líquidos contendo micronutrientes aplicados via tratamento de sementes está ganhando importância na agricultura. Esses nutrientes são incorporados às sementes para mitigar problemas de deficiência de micronutrientes durante os processos de germinação, desenvolvimento e produção de grãos, conforme destacado por Martins et al. (6).

O fertilizante utilizado no experimento é uma suspensão aquosa, não fitotóxica (50% Mn, 10% extratos de origem vegetal), melhora a eficiência da fotossíntese, resulta em maior acúmulo de massa seca, reduz os efeitos fitotóxicos dos herbicidas e fortalece a resistência das plantas a doenças e ao acamamento (16). Nesse sentido, no presente estudo verificou-se que mesmo no menor nível de água disponível no solo (20%), o uso do fertilizante aplicado via sementes atuou de forma positiva no tempo médio de

emergência de plântulas, possivelmente atenuando o estresse hídrico durante a fase inicial do estabelecimento do milho.

Ao estudar os efeitos dos tratamentos das sementes (Figura 1), observou-se comportamentos distintos para as situações avaliadas. Os resultados foram ajustados a uma equação linear para o tratamento controle e uma equação de regressão de modelo quadrático para as sementes tratadas com fertilizante. Verificou-se que, para as sementes tratadas, à medida que a disponibilidade de água no substrato aumentava, houve redução do tempo de emergência de plântulas. O menor tempo de emergência (3,7 dias) foi alcançado quando o solo continha 77,6% de disponibilidade de água. No entanto, a partir desse ponto, observou-se um aumento no tempo médio de emergência das plântulas, atingindo 4,3 dias para o solo com 100% de disponibilidade de água. Vale ressaltar que o tempo médio de emergência de plântulas no nível de 20%, foi de 7,1 e 8,8 dias, para com e sem tratamento, respectivamente.

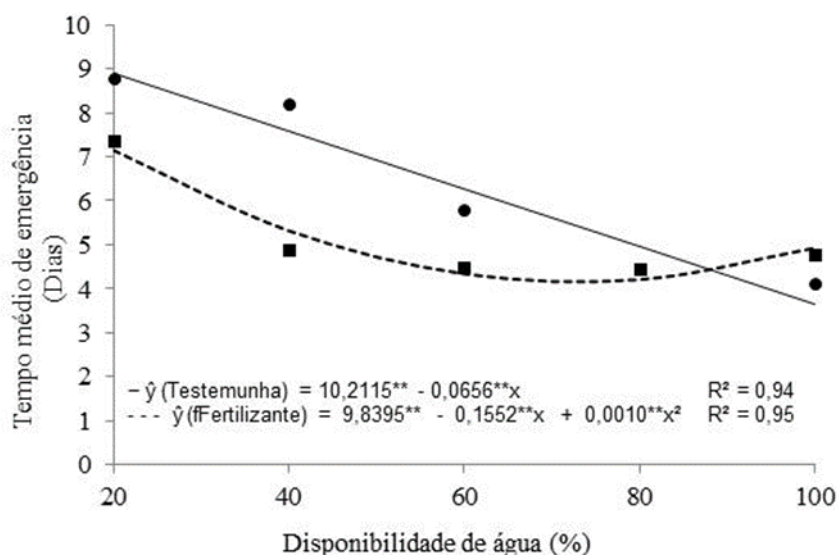


Figura 1. Tempo médio de emergência de plântulas (%) de milho em função do tratamento de sementes e disponibilidade hídrica a 5% de probabilidade.

Segundo Menten et al. (17), o tratamento de sementes envolve a aplicação de fungicidas, inseticidas, inoculantes, estimulantes, produtos biológicos ou micronutrientes com o objetivo de preservar ou aprimorar o desempenho das sementes, permitindo que as culturas expressem todo o seu potencial genético. Além disso, o uso de fertilizantes aplicados via sementes pode ser uma alternativa para auxiliar as plantas na superação de estresses abióticos, fornecendo o aporte nutricional necessário. Essas práticas visam melhorar o desenvolvimento das plantas e maximizar a produção agrícola.

Os micronutrientes desempenham o papel de ativadores e/ou componentes estruturais em várias enzimas, e quando fornecidos adequadamente, podem trazer benefícios significativos para a germinação e o vigor das sementes, como indicado por Taiz et al. (4).

Diante as considerações, destaca-se que no presente estudo a disponibilidade de água no substrato teve impacto significativo no tempo médio de emergência, sendo que as sementes tratadas com o fertilizante se destacaram com o menor tempo médio para formar plântulas.

Nesse sentido, dada a importância do milho e sendo o cultivo uma alternativa viável para regiões semiáridas, é de extrema importância compreender a resposta desse cereal à disponibilidade de água. Isso é especialmente relevante devido ao seu alto valor socioeconômico e à crise hídrica que tem sido enfrentada nos últimos anos. Além disso, os resultados obtidos também ganham importância no que diz respeito à qualidade fisiológica das sementes e a utilização de tratamento das sementes antes do cultivo.

CONCLUSÕES

O maior suprimento de água proporcionou menor tempo médio para emergência de plântulas de milho. O tratamento de sementes com o fertilizante proporcionou melhor desenvolvimento inicial do milho sob condições de restrição hídrica.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) pelo apoio financeiro e estrutural.

REFERÊNCIAS



1. Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas para a agropecuária Safra 2019/2020 [Internet]. 2019 [acesso em 2023 Out 10]. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>.
2. Môro GV, Fritsche-Neto R. Importância e usos do milho no Brasil. In: Galvão JCC, Borém A, Pimentel MA. Milho do plantio à colheita. Viçosa: UFV; 2017.
3. Cruz JC, Pereira Filho IA, Albuquerque Filho MR. Árvore do conhecimento milho: espaçamento e densidade [Internet]. 2021 [acesso em 2023 Out 10]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/plantio/espacamento-e-densidade>.
4. Taiz L, Zeiger E, Moller IM, Murphy A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto Alegre: Artmed; 2017.
5. Silva LA, Oliveira GP. Tratamento de sementes com micronutrientes na cultura do milho (*Zea Mays* L.). Revista brasileira multidisciplinar. 2021; 24:130-135.

6. Martins DC, Borges ID, Cruz JC, Martins Netto DA. Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes fertilizantes líquidos e *Azospirillum* sp. Revista Brasileira de Milho e Sorgo. 2016; 15: 217-228.
7. Tancredi FD, Sedyama T. Nutrição mineral e qualidade de sementes. In: Sedyama T. Tecnologias de Produção de Sementes de Soja. 2013; 235-258.
8. Santos LC. Produção de milho sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico. Pombal: Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias; 2020.
9. Durlí M. Estresse hídrico na cultura do milho: como minimizar os efeitos negativos [Internet]. 2021 [acesso em 2023 Out 10]. Disponível em: <https://sementesbiomatrix.com.br/blog/produtividade/estresse-hidrico/>.
10. Marques DM. Déficit hídrico e doses de nitrogênio na morfofisiologia e produção de genótipos de milho inoculados por *Azospirillum brasilense* [tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2019.
11. Chavarria G, Durigon MR, Klein VA, Kleber H. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. Ciência Rural. 2015; 45: 1387-1393.
12. Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes [Internet]. 2009 [acesso em 2023 Out 10]. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf
13. Edmond JB, Drapala WJ. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. Proceedings of American Society for Horticultural Science. 1958; 71: 428-434.
14. Marcos-Filho J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2015; 660.
15. Neto AP. Sementes de leguminosas forrageiras sob estresse salino tratadas com ácido salicílico e espermidina. [dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista; 2016.
16. Agrichem – Alimento cada detalhe [Internet]. 2019 [acesso em 2023 Out 10]. Disponível em: <https://www.agrichem.com.br/produtos>.
17. Menten JOM, Moraes MHD. Tratamento de Sementes: histórico, tipos, características e benefícios. Informativo Abrates. 2010; 20: 52-53.

Capítulo 12

DOI: 10.53934/IIICBPAV-12

DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE HÍBRIDOS DE MILHO

Denner Junio Ramos Xavier ; Debora Cristina Santos Custodio ; Hemilly Kariny Cardoso Freitas ; Ana Clara Rocha Moreira ; Andréia Márcia Santos de Souza David ; Hugo Tiago Ribeiro Amaro 

*Denner Junio Ramos Xavier – Email: denerjunio1234@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-7776-5561>

<https://orcid.org/0000-0002-9756-8967>

<https://orcid.org/0000-0002-2910-700X>

<https://orcid.org/0009-0009-1992-3714>

<https://orcid.org/0000-0002-2747-5941>

<https://orcid.org/0000-0001-9142-4244>

RESUMO:

Nas últimas décadas, houve uma mudança notável no tipo de milho cultivado. As variedades convencionais deram lugar aos híbridos, que têm uma capacidade produtiva maior. No entanto, a máxima produtividade e qualidade de sementes está associada a soma dos atributos fisiológicos e sanitários, que atuam diretamente na qualidade das sementes desde o processo de produção até o armazenamento. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho fisiológico de sementes de híbridos de milho. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por dois tratamentos que consistiram nos híbridos de milho (AG 1051 e BRS 3046, com quatro repetições de 50 sementes por tratamento). As características avaliadas foram: emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, comprimento de parte aérea, comprimento radicular, massa fresca e massa seca de plântulas. Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias resultantes dos híbridos comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade. Houve efeito significativo dos híbridos estudados para todas as variáveis analisadas. Conclui-se que o híbrido AG 1051 apresenta desempenho fisiológico superior em relação ao híbrido BRS 3046, em todas as características avaliadas. Sementes do híbrido BRS 3046 obtiveram emergência inferior ao padrão mínimo de germinação exigido pela legislação vigente para comercialização de sementes.

Palavras-chave: emergência; qualidade fisiológica; *Zea mays* L.

ABSTRACT:

In recent decades, there has been a notable change in the type of corn grown. Conventional varieties have given way to hybrids, which have a greater productive capacity. However, maximum seed productivity and quality is associated with the sum of physiological and health attributes, which act directly on seed quality from the production process to storage. Thus, the present work aimed to evaluate the physiological

performance of corn hybrid seeds. The experimental design used was completely randomized, composed of two treatments consisting of corn hybrids (AG 1051 and BRS 3046, with four replications of 50 seeds per treatment. The characteristics evaluated were: seedling emergence, emergence speed index, aerial part length, root length, fresh mass and dry mass of seedlings. The results were subjected to analysis of variance, with the resulting means of the hybrids compared by the F test at 5% probability. There was a significant effect of the hybrids studied for all variables analyzed. It is concluded that the hybrid AG 1051 presents superior physiological performance in relation to the hybrid BRS 3046, in all the characteristics evaluated. Seeds of the hybrid BRS 3046 obtained emergence below the minimum germination standard required by current legislation for the commercialization of seeds.

Key word: emergency; physiological quality; *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais commodities agrícolas produzidas e consumidas no Brasil e no mundo. A estimativa da produção total de milho no território brasileiro é superior a 5.636 kg/ha⁻¹ com uma área de cultivo com cerca de 21.186,9 mil ha (1). Este é um produto que permeia a alimentação humana fazendo parte dos pratos típicos das mais diversas culturas, além de também ser usado como matéria-prima para rações animais, na indústria química, farmacêutica e de combustível (2). Pela sua versatilidade, a demanda pelo milho é sempre crescente, o que faz com que o uso de tecnologias para aumento de produtividade seja essencial para abastecer o mercado e manter a rentabilidade ao produtor (3).

O incremento significativo de produtividade que ocorre na cultura do milho é decorrente das evoluções tecnológicas, como a utilização de cultivares melhoradas geneticamente e de sementes de qualidade (4). A utilização de sementes de alta qualidade é um dos fatores primordiais para o estabelecimento da cultura e constitui a base para a elevação da produtividade agrícola, pois nela está todo o potencial produtivo da planta (5).

Garantir um rendimento produtivo bem-sucedido depende muito da escolha de sementes de alta qualidade. É por isso que a pesquisa, a seleção e o melhoramento das variedades de plantas são fundamentais nesse contexto. O processo de aprimoramento das sementes desempenha um papel crucial para garantir o potencial máximo de crescimento e produção das culturas (6). Nas últimas décadas, houve uma mudança notável no tipo de milho cultivado. As variedades convencionais deram lugar aos híbridos, que têm uma capacidade de produção muito maior. No entanto, para que esses híbridos alcancem seu pleno potencial de produção, eles exigem mais cuidados, incluindo maiores exigências em adubação, irrigação e pesticidas (7).

A qualidade fisiológica das sementes tem um impacto direto em diversos aspectos de como elas se desenvolvem. Quando a semente apresenta alta qualidade é devido aos atributos fisiológicos e sanitários (8), que atuam diretamente na qualidade da

semente desde o processo de produção até o armazenamento, tendo uma relação direta no final da cultura em uniformidade, vigor das plantas e produtividade (9).

O vigor é responsável pelo alto desempenho que as plantas irão apresentar durante toda sua permanência de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Isso inclui fatores como a taxa de emergência e a emergência total. Sementes de alta qualidade e vigor apresentam maior velocidade nos processos metabólicos. Isso significa que elas germinam mais rapidamente e de maneira mais uniforme, levando a um crescimento mais rápido das raízes primárias. Esse ritmo acelerado resulta em plântulas com maior tamanho inicial (10).

Face às considerações feitas, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho fisiológico de sementes de híbridos de milho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros, (UNIMONTES), Campus Janaúba, MG. Foram utilizadas sementes de milho híbrido adquiridas no comércio local.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) composto por dois tratamentos que consistiram nos híbridos de milho (AG 1051 e BRS 3046), com quatro repetições de 50 sementes por tratamento.

O teste de emergência de plântulas foi realizado sob condições ambientais de laboratório (± 26 °C), utilizando-se como substrato areia lavada e esterilizada em estufa a 200 °C, por duas horas. As sementes foram semeadas a uma profundidade de 2,0 cm, em bandejas plásticas, contendo o substrato umedecido com quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de retenção, seguindo a metodologia contida nas Regras para Análise de Sementes - RAS (11), cuja umidade foi mantida por meio de irrigações diárias, sempre que necessário. As avaliações foram realizadas no sétimo dia após a semeadura, sendo contabilizadas as plântulas normais, considerando-se como normais as plântulas emersas e com estruturas essenciais completas, desenvolvidas e saudáveis, sendo os resultados expressos em porcentagem (11).

Foi determinado o índice de velocidade de emergência (IVE) em conjunto ao teste de emergência, a partir de avaliações diárias do número de plântulas emergidas até o final do teste. Com os dados obtidos, foi calculado o IVE, empregando-se a fórmula proposta por (12).

Ao final do teste de emergência, foram mensurados os comprimentos da parte aérea e raiz de dez plântulas de cada repetição, consideradas normais, com o auxílio de uma régua graduada, com os resultados expressos em centímetro/plântula.

Para determinação da massa fresca, as plântulas normais de cada repetição foram pesadas, em balança digital, com precisão de 0,001 g, com os resultados expressos em gramas/plântula. Em seguida, as plântulas foram colocadas em sacos de papel e levadas para a estufa com circulação de ar forçada a 65 °C constante, durante um período de 72

horas, obtendo-se a massa seca de plântulas, novamente pesadas em balança digital, e os resultados expressos em g/plântula.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados obtidos nos testes para avaliação do desempenho fisiológico (emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, massa fresca e massa seca de plântulas), apontou que houve efeito significativo ($P > 0,05$) dos híbridos para todas as variáveis analisadas (Tabelas 1, 2 e 3).

Analisando a emergência de plântulas (Tabela 1), nota-se que os maiores percentuais de plântulas emergidas foram verificados nas sementes provenientes do híbrido AG 1051, apresentando um aumento de 25 pontos percentuais na porcentagem de plântulas emergidas, quando comparado ao híbrido BRS 3046. Esses resultados podem estar associados com a própria constituição genética da semente, juntamente com o ambiente de cultivo, que pode ter influenciado o potencial germinativo das sementes.

Tabela 1. Emergência de plântulas (EP) e índice velocidade de emergência (IVE), de sementes de milho híbrido, AG 1051 e BRS 3046.

Híbrido	EP (%)	IVE
AG 1051	96,5 a	15,9 a
BRS 3046	71,5 b	10,8 b
CV (%)	3,30	5,02

NOTAS: Médias seguidas de pela mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Considerando a germinação mínima de 85% para comercialização de sementes de milho híbrido, exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de acordo com a portaria nº 45, de 17 de setembro de 2013 (13), percebe-se que as sementes do híbrido BRS 3046 obtiveram um percentual de emergência inferior (71,5%), não atendendo ao padrão mínimo de germinação exigido para comercialização de sementes.

O teste de emergência de plântulas é considerado um importante teste de vigor em sementes, auxiliando na identificação de diferenças importantes entre lotes comercializáveis, complementando as informações do teste de germinação (14). De acordo, (15) sementes de alto vigor se desenvolvem em menor tempo comparada as demais, favorecendo assim o estabelecimento inicial de plântulas, diminuindo a competição com plantas daninhas, resultando em maiores produtividades.

Observa-se que de maneira semelhante as demais variáveis, os resultados de comprimentos de parte aérea e raiz (Tabela 2) demonstraram que as sementes provenientes do híbrido AG 1051 apresentaram resultados superiores comparativamente ao BRS 3046. O desempenho superior pode estar relacionado a expressão fenotípica que é influenciada pelas características do ambiente, nas quais situações de estresse podem desempenhar diferentes efeitos em genótipos de uma mesma espécie, sendo seu desempenho em resumo atrelado ao conjunto de genes em uma determinada condição ambiental (16).

Tabela 2. Comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento da raiz (CR) de plântulas, oriundas de sementes de híbrido de milho, AG 1051 e BRS 3046.

Híbrido	CPA (cm)	CR (cm)
AG 1051	12,7 a	22,2 a
BRS 3046	11,7 b	17,9 b
CV (%)	3,36	2,14

NOTAS: Médias seguidas de pela mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A influência do vigor, é marcante sobre todos os aspectos do processo germinativo, desde a própria possibilidade de germinação até a velocidade de germinação, comprimento e massa das plântulas (17).

O comportamento apresentado por esses genótipos avaliados pode estar associado ao fato da maior capacidade de transformação dos suprimentos de reservas das sementes e de assimilação destes pelo eixo embrionário (18).

Para as determinações de massa fresca e seca de plântulas (Tabela 3), nota-se que as sementes provenientes do híbrido AG 1051 novamente se destacaram mostrando superioridade nos valores, apresentando um aumento de 35 e 5 pontos percentuais, respectivamente, em comparação ao híbrido BRS 3046. De acordo (19) plântulas que apresentam maiores comprimentos, maiores acúmulos de massas fresca e seca, numa mesma espécie, indicam maior qualidade fisiológica das sementes que as originaram e, portanto, são consideradas mais vigorosas, por apresentarem maior habilidade na transferência de reservas.

Tabela 3. Massa fresca (MFP) e massa seca (MSP) de plântulas, oriundas de sementes de híbridos de milho, AG1051 e BRS3046.

Híbrido	MFP (g)	MSP (g)
AG 1051	74,7 a	13,2 a
BRS 3046	39,7 b	8,2 b
CV (%)	4,95	14,41

NOTAS: Médias seguidas de pela mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com (20), o peso da matéria seca pode determinar a quantidade de

transferência de reservas que foram feitas do endosperma para o embrião, logo, plântulas que possuem maior peso de matéria seca tendem ser mais vigorosas, uma vez que possuíam sementes com maior reserva.

Em geral, essas diferenças observadas entre os híbridos estudados, podem ser explicadas devido às suas características genéticas. Essa diversidade pode ser resultado de várias razões, incluindo as reservas de energia contidas nas sementes, que afetam o processo de germinação e o vigor (15).

CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos e analisados, é evidente que o híbrido AG 1051 exibe um desempenho fisiológico notavelmente superior em comparação ao híbrido BRS 3046, considerando todas as características fisiológicas avaliadas. Esta superioridade abrange aspectos cruciais como emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, crescimento da parte aérea e radicular, e massa de plântulas, tanto fresca quanto seca.

Estes resultados sugerem que o híbrido AG 1051 pode oferecer vantagens significativas em termos de vigor e potencial produtivo, sendo, portanto, uma opção mais promissora para uso em práticas agrícolas voltadas à otimização da produtividade do milho.

Por outro lado, as sementes do híbrido BRS 3046 demonstraram uma taxa de emergência que não atinge o limiar mínimo estabelecido pela legislação vigente para a comercialização de sementes de milho. Esta constatação ressalta a necessidade de revisão nas estratégias de cultivo e melhoramento genético para este híbrido, visando assegurar a conformidade com os padrões legais e melhorar a viabilidade e eficácia das sementes no mercado.

Esses achados são de grande relevância para o setor agrícola, especialmente no contexto de escolha de híbridos de milho para cultivo. Eles enfatizam a importância da seleção cuidadosa de sementes baseada em atributos fisiológicos para garantir não apenas a conformidade com os regulamentos, mas também para maximizar a eficiência e a produtividade das plantações de milho.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Unimontes - BIC/UNI, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro e técnico para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- (1) CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos** Monitoramento agrícola – Safra 2023/24, v. 8. n. 10. Brasília, DF: CONAB, 2021. 110 p
- (2) MIRANDA, R. A.; DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; DURÃES, F. O. M. Sustentabilidade da cadeia produtiva do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021.
- (3) GRUBLER, E. Melhoria Genética do Milho. 2022. 29f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2022.
- (4) GALVÃO, J.C.; MIRANDA. G.V.; TROGELLO, E.; FRISTSCHE-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. Revista Ceres, Viçosa, v.61, p.819-828, 2014.
- (5) PRANDO, A.M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA E.A.P.; PANOFF, B. Formas de uréia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. Revista Brasileira de Sementes, v.34, n.2, p.272-279. 2012.
- (6) SANTOS, D. M.; BALDONI, A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. GETEC, v. 7, n. 19, p. 19-30, 2018.
- (7) EMYGDIO, B.M. et al. Fenologia e características agrônomicas de variedades de milho recomendadas para o RS. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.
- (8) ROCHA, G. C.; NETO, A. R.; CRUZ, S. J. S.; CAMPOS, G. W. B.; OLIVEIRA, C. A. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. *Physiological quality of treated and stored soybean seeds. Científica@- Multidisciplinary Journal*, 4 (1): 50-65, 2017.
- (9) JUNIOR, A. Z.; SILVEIRA, D. C.; BONETTI, L. P.; SILVEIRA, R. S.; NETO, O. B. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de culturas oleaginosas em diferentes substratos. *Salão do Conhecimento*, 1 (1), 2015.
- (10) DE PÁDUA, G.P., ZITO, R.K., ARANTES, N.E., NETO, J.B.F. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32, n. 3, p. 9-16, 2010.
- (11) BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- (12) MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science, Madison*, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.
- (13) BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de espécies de grandes culturas inscritas no Registro Nacional de Cultivares - RNC e não contempladas com padrão específico. *Diário Oficial da União*, v.150, n. 183, seção 1, p. 6-27, 2013.
- (14) Amaro, H.T.R.; David, A.M.S. de S.; Neta, I.C.S.; Assis, M. de O.; Araújo, E.F. & Araújo, R.F. (2014) - Teste de envelhecimento acelerado em sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), cultivar FMS Brilhante. *Revista Ceres*, vol. 61, n. 2, p. 202-208.
- (15) MARCOS FILHO, J. Formação da semente. In: MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas*. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. p. 49-113.

- (16) Lima, N. R. W.; Sodré, G. A.; Lima, H. R. R.; Paiva, S. R.; Lobão, A. Q.; Coutinho, A. J. 2017. Plasticidade fenotípica. *Revista de Ciência Elementar* 5: 1-7.
- (17) CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP. 2012. 590p.
- (18) DAN, E.L. et al. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. *Rev. Bras. Sementes*, Brasília, v.9, n. 3, p. 5-55, 1987.
- (19) VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.
- (20) NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

Capítulo 13

DOI: 10.53934/IIICBPAV-13

CARACTERIZAÇÃO DE FILMES PELA TÉCNICA 'CASTING' A BASE DE AMIDOS DE FONTES NÃO TRADICIONAIS

Patrícia dos Santos Constantino ; Paula Cintia Alexandre da Silva ; Diego Eduardo da Silva *; Éllyda Thamirys de Lima Pereira ; Adriana Ferreira dos Santos 

*Diego Eduardo da Silva – diegoeduardoufpb@gmail.com

Resumo: O trabalho teve como objetivo a produção de filmes biodegradáveis a partir de amidos de sementes de jambo vermelho e da pitomba pela técnica *casting*, utilizando o glicerol e o alginato. A partir dos amidos foram obtidas 5 formulações filmogênicas para o desenvolvimento desses filmes. O experimento foi realizado segundo um delineamento inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Foram caracterizados quanto aos aspectos subjetivos de gramatura, manuseabilidade, continuidade, homogeneidade, atividade água, parâmetros de cor L^* , a^* , b^* , c^* e H^* e Diferença de cor (ΔE). Com base nos resultados, o parâmetro L^* indicou que os filmes elaborados com amido apresentaram boa luminosidade, destacando maior transparência. Todas as formulações apresentaram continuidade, homogeneidade e manuseabilidade adequadas. Portanto, conclui-se que os biopolímeros para todas as formulações apresentaram boas características sendo uma proposta para utilização como recobrimentos comestíveis.

Palavras-chave: Filmes biodegradáveis; Recobrimentos comestíveis; Soluções filmogênicas.

Abstract: The objective of this work was to produce biodegradable films from red jambo seed starches and pitomba by *the casting* technique, using glycerol and alginate. From the starches, 5 filmogenic formulations were obtained for the development of these films. The experiment was carried out in a completely randomized design. The data obtained were submitted for analysis of variance using the F test and the means were compared using Tukey's test at the 5% significance level. They were characterized according to the subjective aspects of grammage, handling, continuity, homogeneity, water activity, color parameters L^* , a^* , b^* , c^* and H^* and Color Difference (ΔE). The L^* parameter indicated that the films made with starch showed good luminosity, highlighting greater

transparency. All formulations showed adequate continuity, homogeneity, and handling. Therefore, it is concluded that the biopolymers for all formulations presented good characteristics, being one proposed for use as edible coatings.

Keywords: Biodegradable films; Edible coatings; Filmogenic solutions.

INTRODUÇÃO

Os polímeros provenientes do petróleo vêm sendo usados por muitos anos como embalagens devido às suas vantagens em analogia a outros materiais (1). Nessa perspectiva, esses materiais não possuem propriedades biodegradáveis e dependem inteiramente do recurso fóssil não renovável, os quais acabam gerando resíduos sólidos (2). Muitas indústrias e pesquisas passaram a buscar novas alternativas para reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de produtos plásticos (3).

Nesse contexto, existem os polímeros biodegradáveis que são produtos orgânicos que podem ser produzidos a partir de proteínas, pectina, quitosana, alginato, celulose e polissacarídeos, a exemplo do amido. Em virtude de suas propriedades, os polímeros têm ganhado notoriedade, por proporcionarem excelentes atributos mecânicos, ópticos e sensoriais, além de alto coeficiente de permeabilidade ao vapor de água, podendo ainda serem combinados e aplicados na conservação pós-colheita de frutas (4). É importante destacar que a produção desses filmes a base de amidos não tradicionais representa uma alternativa sustentável quando aplicada no setor alimentício em comparação às embalagens sintéticas (5).

Em relação às propriedades, é notório que quando são produzidos apenas com amido possuem pouca flexibilidade, são quebradiços e apresentam elevada higroscopia e baixa adequação ao processamento industrial. Nesse sentido, faz-se necessário a adição de um plastificante, o qual é incorporado com a finalidade de uma melhoria nas propriedades mecânicas dos polímeros como o aumento da flexibilidade. Sem a presença desse plastificante e em condições ambientais, os filmes produzidos a base de amido são bastantes instáveis (7).

O interesse por filmes biodegradáveis segue atrelado à demanda da sociedade por alimentos de qualidade, como também a preocupação ambiental com descarte de materiais não renováveis e na conveniência para criação de novos mercados de matérias-primas formadoras de películas biodegradáveis. Nesta perspectiva, o interesse específico para a elaboração de filmes comestíveis e biodegradáveis a partir de amido de sementes de jamba e pitomba é considerado por ser matéria-prima de baixo custo, resistência e atuação como barreira à perda de água, tornando frutas e hortaliças comercialmente atrativas e, não sendo tóxica, podendo ser consumida (8).

Portanto, a literatura científica destaca que a produção destas frutas acaba resultando em resíduos provenientes do seu consumo e processamento industrial e alguns destes resíduos, a exemplo das sementes, possuem grandes potencialidades como fontes

de amido, apresentando características específicas como o seu uso na formação de películas comestíveis e biodegradáveis.

O trabalho teve como objetivo a produção de filmes biodegradáveis a base de amidos de sementes de fontes não tradicionais pelo método de *casting*, utilizando o glicerol como plastificante e o alginato.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Rural, da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, em Areia-PB, no Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários (LTPA).

A matéria-prima para extração do amido das sementes do jambo vermelho (*Syzygium malaccensis* L.) e da pitomba (*Talisia esculenta* L.), foram adquiridas na região rural do município de Areia. Após aquisição foram transportados ao LTPA/CCA/UFPB, onde foram lavadas, higienizadas e sanitizadas (200 ppm de hipoclorito de sódio) para a posterior descasque, retirada de sementes e procedimentos de extração do amido. A extração dos amidos foi efetuada conforme Loos et al., (9), com adaptação.

Os filmes biodegradáveis foram preparados utilizando-se a técnica *casting*, que consiste na desidratação de uma solução filmogênica em um suporte, sob condições de processo controladas. Uma solução aquosa de 100 mL com duas concentrações distintas (2,5 e 3,0%) de amido extraído das sementes de jambo e pitomba foram preparadas e em seguida, foram adicionadas as concentrações de alginato de sódio 2,0% e glicerol 2,0%; também foram elaborados um biofilme como testemunha (controle) de concentração do alginato de sódio e do glicerol de 2,0%, totalizando 5 formulações: F1 – Amido de semente de jambo 2,5% + alginato de sódio 2,0% + glicerol 2,0%; F2 – Amido de semente de jambo 3,0% + alginato de sódio 2,0% + glicerol 2,0%, F3 – Amido de semente de pitomba 2,5% + alginato de sódio 2,0% + glicerol 2,0%; F4 – Amido de semente de pitomba 3,0% + alginato de sódio 2,0% + glicerol 2,0% e F5 (Testemunha) – alginato de sódio 2,0% e o glicerol 2,0%.

Diante do exposto, o glicerol foi usado como um plastificante dos mais efetivos em termos de propriedades termomecânicas (10). é importante ressaltar que o alginato de sódio possui a capacidade de formação de géis termoestáveis na presença de cátions divalentes, principalmente o cálcio (11).

Após a homogeneização das formulações em água, a solução filmogênica foi aquecida em banho maria até 75 °C, de modo a provocar a gelatinização do amido e ao mesmo tempo a solubilização do alginato de sódio. A solução foi depositada em placas de Petri de 12 cm de diâmetro na quantidade de 10 mL de solução filmogênica por placa, em seguida foram submetidas à desidratação em estufa com circulação e renovação de ar a uma temperatura de 40 °C por um período de 16 horas (12). Após esse período foram

aconditionadas em ambiente com atmosfera saturada em NaCl, à temperatura de aproximadamente 25 °C, por um período de 5 dias, para posterior retirada dos filmes e realização dos ensaios para caracterização (Figura 1).

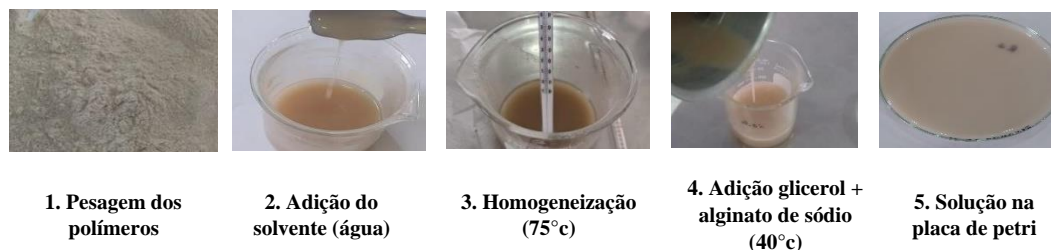


Figura 1 - Fluxograma para obtenção dos biofilmes.

Os filmes foram caracterizados quanto aos aspectos de gramatura, manuseabilidade, continuidade, homogeneidade, atividade água, cor para os parâmetros L^* , a^* , b^* , c^* e H^* e Diferença de cor (ΔE). Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

Na *avaliação subjetiva dos filmes*, foram empregados parâmetros estabelecidos por Gontard (12) citado por Mali (6). A avaliação foi realizada por 3 pessoas treinadas quanto aos critérios subjetivos dos filmes e cada uma fez uma leitura de 3 (três) repetições para cada amostra. Verificando-se as seguintes características dos filmes: A) Continuidade (ausência de ruptura após a secagem); B) **Homogeneidade** (ausência de partículas insolúveis, bolhas de ar ou zonas de opacidade) e **Manuseabilidade** (possibilidade de ser manuseado sem riscos de ruptura); quanto os aspectos: **1.** deficiente (*), **2.** boa (**) e **3.** excelente (***)

O experimento foi realizado segundo um delineamento inteiramente casualizado, avaliou-se 5 (cinco) formulações de filmes biodegradáveis (quatro com amido) e (um com agente plastificante e espessante - controle) obtidos pela técnica de casting, com 3 repetições de 1 placa de petri/parcela. Os resultados foram apresentados em tabelas com as respectivas médias e desvios-padrão (DP) de cada variável. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias serão comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância (13).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na avaliação subjetiva dos filmes biodegradáveis apresentados na Tabela 1, pode-se dizer que independentemente da formulação utilizada, estas se apresentaram dentro das qualidades adequadas avaliadas. Conforme pode ser observado, com o aumento do teor de amido na formulação, foi apresentado uma pequena queda da homogeneidade dos filmes obtidos, onde foram observadas zonas de opacidade. O filme

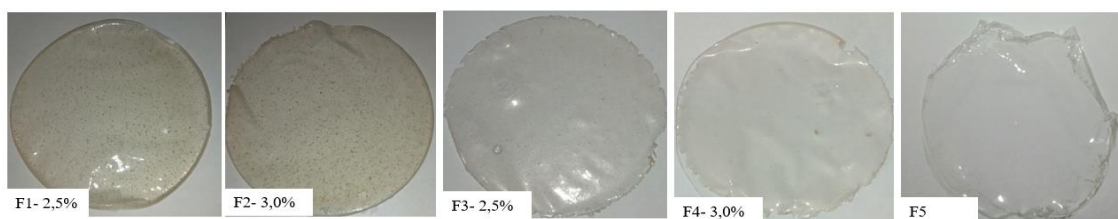
de formulação 1 apresentou homogeneidade deficiente, entretanto é importante ressaltar que, durante o processo de gelatinização do amido, ocorre mudança na coloração devido à perda da estrutura e cristalinidade dos grânulos de amido, tornando-se um gel com certa opacidade. Os filmes correspondentes às formulações 1 e 3 apresentaram maior dificuldade em serem retirados do suporte sem provocar a ruptura do filme em comparação às outras formulações (Figura 2).

Tabela 1 - Valores médios da avaliação subjetiva de cinco formulações dos filmes biodegradáveis dos amidos extraídos de matérias-primas não tradicionais.

Formulações (F)	Continuidade*	Homogeneidade*	Manuseabilidade*
F1	*	**	**
F2	***	**	***
F3	**	***	***
F4	***	**	***
F5	**	**	***

°° Valores médios de 3 avaliadores;

°Descrição das avaliações: 1. deficiente (*), 2. boa (**) e 3. excelente (***).



Legenda: F1 – Amido de semente do jambo 2,5% + alginato de sódio 2,0% + glicerol 2,0%; F2 – Amido de semente do jambo 3,0% + alginato de sódio 2,0% + glicerol 2,0%, F3– Amido de semente de pitomba 2,5% + alginato de sódio 2,0% + glicerol 2,0%; F4 – Amido de semente de pitomba 3,0% + alginato de sódio 2,0% + glicerol 2,0% e F5 (Testemunha) – alginato de sódio 2,0% e o glicerol 2,0%.

Figura 2. Biofilmes das cinco formulações dos amidos extraídos de matérias-primas não tradicionais.

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 2, verificou-se que para o parâmetro L* não foi detectado efeito significativo entre as formulações, enquanto, os parâmetros para cores a*, b* e c* apresentaram efeito significativo entre as formulações avaliadas (p<0,05). A cor consiste em um parâmetro importante a ser avaliado porque está entre os fatores que influenciam na aceitação de um produto pelo consumidor. A partir da medida instrumental da cor é possível saber de forma objetiva a coloração apresentada por determinado produto.

Com base na medida instrumental da cor, o parâmetro L* representa a luminosidade (L*) numa escala que varia de 0 (preto) a 100 (branco). Os valores para L*

nas proximidades do branco, representam boa luminosidade, apresentando-se como mais claros (em relação a transparência), podendo apresentar com uma maior transparência sendo esses amidos e suas concentrações boas propostas para utilização como recobrimentos. O fator transparência se torna desejável, pois ao acondicionar algum alimento, o consumidor terá visualização do mesmo, por outro lado apresenta susceptibilidade à incidência luminosa, restringindo assim a utilização desse filme para embalar alguns alimentos (14).

Por outro lado, a coordenada a^* varia de vermelho (+a) ao verde (-a), o aumento nos valores de a^* , como pode ser observado nas Formulações avaliadas apresentaram valores que tendem a intensificação para vermelha. Detectou-se os maiores valores para a cor a^* na formulação 1 (Amido de semente do jambo 2,5% + alginato de sódio 2% + glicerol 2%), demonstrando que nestas formulações a coloração vermelha é ainda mais forte do que nas demais formulações.

A coordenada de cromaticidade b^* indica tonalidades que varia do amarelo (+b) ao azul (-b), sendo que corresponde a -50 (azul) e +70 (amarelo), as formulações avaliadas neste estudo estão numa faixa intermediária entre as duas cores, o que representa uma tendência ao verde-amarelado. As Formulações apresentaram valores entre 19,19 (F3) a 21,81 (F1), dessa forma, verificou-se uma tendência maior para o amarelo na amostra da formulação 1. Enquanto, as amostras da formulação 5 está perto da proximidade do espectro azul (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de cor L^* , a^* , b^* , c^* e H^* das cinco formulações (F) dos filmes biodegradáveis dos amidos extraídos de matérias-primas não tradicionais.

(F)	L^*	a^*	b^*	c^*	H^*
F1	43,33 ^a ± 0,35	5,52 ^a ± 0,04	21,81 ^a ± 0,04	22,50 ^a ± 0,23	75,79 ^a ± 0,01
F2	43,11 ^a ± 0,88	4,49 ^b ± 0,09	20,12 ^b ± 0,09	20,64 ^b ± 0,43	77,40 ^a ± 0,02
F3	42,88 ^a ± 0,60	4,20 ^b ± 0,02	19,19 ^c ± 0,021	19,64 ^b ± 0,32	77,70 ^a ± 0,21
F4	42,84 ^a ± 0,95	4,42 ^b ± 0,25	19,83 ^{bc} ± 0,24	20,32 ^b ± 0,17	76,48 ^a ± 1,90
F5	16,633 ± 0,34	11,43 ± 0,41	15,53 ± 0,25	18,86 ± 0,13	53,96 ± 0,27

*Média ± desvio padrão. Tratamentos seguidos por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O valor de c^* indica a saturação, ou seja, a pureza ou intensidade da cor em relação ao branco que são determinadas pelas coordenadas a^* e b^* , onde verificou-se que a cromaticidade (c^*) diferiu entre as formulações ($p < 0,05$). Observando que não ocorreu diferença para a formulação 1 e entre as formulações 2, 3 e 4. Os melhores valores para cor c^* foram apresentados nas formulações 1, 2 e 3, verificando maior tendência a saturação a cor do espectro, portanto, sendo mais brilhantes na percepção humana (Tabela

2). Com isso constata-se que, as formulações 2, 3 e 4 apresentaram uma tendência a uma maior "palidez", maior tendência ao cinza.

Em relação ao ângulo H, verificou-se que não houve diferenças significativas entre as formulações avaliadas (Tabela 2). O Ângulo Hue (h°) é considerado um veículo de instrumentação na Pós-colheita em Frutas e Hortaliças de atributo qualitativo de cor com as cores que definidas tradicionalmente como avermelhada, esverdeada (15). Sendo definido com a tonalidade do produto é definida como quanto maior o valor de coloração mais intensa é a cor. Desta forma, os filmes apresentaram valores intensos das colorações mencionadas para os parâmetros a^* e b^* .

Conforme Silva et al., (16), avaliaram a determinação da cor, imagem superficial topográfica e ângulo de contato de filmes biodegradáveis de diferentes fontes de amidos, verificou-se que os filmes obtidos com amido de milho, fécula de batata e fécula de mandioca em todas as concentrações testadas apresentaram-se transparentes e brilhantes, pode-se dizer que as formulações do presente trabalho também apresentaram transparentes e brilhantes, principalmente para a Formulação 1.

Com base nas análises das formulações dos cinco filmes comestíveis, verificou-se na Tabela 3 os valores médios relacionados à Atividade água (A_w). De acordo com os resultados observados verificou-se que os percentuais da A_w apresentaram efeito significativo entre as formulações avaliadas ($p < 0,05$). As Formulações 1 e 2 apresentaram os maiores teores de A_a , 0,62 e 0,64 respectivamente. Enquanto, as formulações 3 e 4 apresentaram os menores teores, 0,41 e 0,38 respectivamente. Os baixos valores encontrados garantem que os produtos alimentícios possam ser armazenados por mais tempo. A atividade de água é um índice de grande importância devido à sua influência sobre a vida de prateleira do produto produzido. A A_w inferior a 0,6 e teor de água menor que 25 %, essa faixa é considerada mínima para o desenvolvimento de microrganismos (17), desta forma os filmes elaborados com amido de jambo para as duas concentrações podem se apresentar como proposta de estáveis para armazenamento.

Quanto a gramatura dos filmes comestíveis verificou que apresentou diferenças significativa entre as formulações ($p < 0,05$). A gramatura é a especificação mais importante, já que este é comumente comercializado com base no peso, o que influencia fortemente nos custos. Por isso, sempre que se analisa o filme, principalmente quando se compara com outro, devem ser levadas em consideração as diferenças de gramaturas. E sua especificação é bom ser, pois quanto maior for a gramatura, mais espesso será o filme. Verifica-se que, as formulações (3 e 4) com amido de pitomba foram as que apresentaram os maiores valores para gramatura. Entretanto, pode-se perceber que o percentual de amido interfere no menor valor da gramatura (F1, F3).

Na Tabela 3, quanto ao parâmetro de diferença total de cor verificou-se diferença estatística entre as formulações, fato que pode ser explicado pelas diferentes concentrações de amido nos biofilmes, assim como as diferenças entre os amidos utilizados. Fonseca et al. (18), obtiveram resultados mais baixos para o parâmetro de variação de cor (ΔE), utilizando duas formulações, uma utilizando glicerol e outra

utilizando o sorbitol como plastificantes. Os valores obtidos variaram de 35,14 para a Formulação 4 entre 44,97 para a Formulação 1.

Tabela 3 - Valores médios Atividade água (A_w , %), Gramatura (Gram, g/m²) e Diferença total de cor (ΔE) das cinco formulações dos filmes biodegradáveis de matérias-primas não tradicionais.

Formulações (F)	A_w *	GRAM. *	ΔE *
F1	0,62 ^a ± 0,021	0,66 ^c ± 0,017	44,97 ^a ± 4,55
F2	0,66 ^a ± 0,013	0,93 ^a ± 0,24	35,70 ^b ± 1,88
F3	0,41 ^c ± 0,022	1,13 ^a ± 0,028	43,93 ^a ± 3,30
F4	0,38 ^c ± 0,014	1,19 ^a ± 0,030	35,14 ^b ± 1,86
F5	0,48^b ± 0,011	1,17 ± 0,029	-

* Média ± desvio padrão. Tratamentos seguidos por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

CONCLUSÕES

Os filmes biodegradáveis para todas as formulações apresentaram boa luminosidade, transparência, podendo ser boas propostas para utilização como revestimento comestível.

Todas as formulações apresentaram continuidade, homogeneidade e manuseabilidade adequadas, entretanto a formulação com amido de jambo (2,5%) apresentou maior dificuldade para serem retirados do suporte sem provocar a ruptura do filme em comparação às outras formulações.

REFERÊNCIAS

- Schaeffer, D. Obtenção e caracterização de biopolímeros a partir de fécula de mandioca e amido de milho. 2020. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2020.
- Arenas, A. M. Z. Filme biodegradável à base de fécula de mandioca como potencial indicador de mudança de pH. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.
- Brito, G. F.; Agrawal, P.; Araújo, E. M.; Mélo, T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 2011.




4. Fakhouri, F. M.; Fontes, L. C. B.; Gonçalves, P. V. D. M.; Milanez, C. R.; Steel, C. J.; Collares-Queiroz, F. P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. *Food science and technology*, 2007; 27: 369-375.
5. Sousa, J. V. L.; Cruz.; Alves, J. C.; Pimentel, M. M. N. S. C.; Andrade, R. C.; Figueredo, C. S.; Viana, S. N. A.; Pereira, T. D. R. S. Filmes biodegradáveis a base de amido–Mapeamento tecnológico Biodegradable starch-based films-Technological Mapping. *Brazilian Journal of Development*, 2021; 7: 87635-87646.
6. Mali, S.; Sakanaka, L.; Yamashita, F., Grossmann, M. V. E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. *Carbohydrate Polymer*, 2005;60:283-289.
7. Yang, L.; Paulson, A. T. Mechanical and water vapor barrier properties of edible gellan films. *Food Res Intl.*, 2000;33:563-70.
8. Carvalho, R. S. Biofilme comestível biodegradável de amido de mandioca e refrigeração reduzem dano larval de mosca-das-frutas. *Embrapa Mandioca e Fruticultura*. 2010; 1: 1-8.
9. Loos, J. P.; Hood, L. F.; Graham, H. D. Isolation and characterisation of starch from breadfruit. *Cereal Chemistry*, 1981; 58: 283-286.
10. Zhang, Z.; Huber, D. J.; Rao, J. Antioxidant systems of ripening avocado (*Persea americana* Mill.) fruit following treatment at the preclimacteric stage with aqueous 1- methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, 2013; 76: 58-64.
11. Makaremi, M. Yousefi, H.; Cavallaro, G.; Lazzara, G.; Lazzara, G.; Goh, C. B. S.; Lee, S. M.; Pasbakhsh, P. Safely dissolvable and healable active packaging films based on alginate and pectin. *Polymers*, 2019; 11: 1594.
12. Gontard, N. Films et enrobages comestibles: étude et amélioration des propriétés filmogènes du gluten. 1991. 174 f. Thèse (Docteur en Biochimie, Biologie Cellulaire et Moléculaire – Science des Aliments) – Université Montpellier Montpellier, 1991.
13. Silva, F. A. S.; Azevedo, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, 2016;39: 3733-3740.

14. Bertuzzi, M. A.; Vidaurre, E. C.; Armada, M.; Gottifredi, J. C. Water vapor permeability of edible starch based films. *Journal of food engineering*, 2007; 80: 972-978.
15. Pathare, P. B.; Opara, U. L.; Al-Said, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol.* 2013; 6: 36-60.
16. Silva, J. H. V.; Jordão-Filho, J.; Ribeiro, M. L. G.; Silva, E. L. Efeitos da inclusão do farelo de sementes de jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) na ração sobre a produção, pigmentação da gema e umidade fecal em codornas. *Rev Ciênc Agrotec*; 2007; 31: 523-530.
17. Gava, A. J.; Frias, J. R. G.; Silva, C. A. B. *Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações*. São Paulo: Nobel, 2008.
18. Fonseca, L. M.; Henkes, A. K.; Viana, L. A. N.; Gálio, A. F.; Moura, C. M. Avaliação de filmes biodegradáveis de amido de arroz, aveia e milho com diferentes plastificantes. *Congresso Brasileiro de Engenharia Química*, Fortaleza, 2016.

Capítulo 14

DOI: 10.53934/IIICBPAV-14

DENSIDADE E PERDAS FERMENTATIVAS DE SILAGENS DE PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia stricta*) ASSOCIADA AO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DA ACEROLA (*Malpighia emarginata*)

Ricardo Macedo da Silva *; Juliana Cantalino dos Santos ; Rosemeire Pereira da Silva Simões 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: ricardoagrouneb@gmail.com

Resumo: A pecuária representa uma das mais importantes atividades para os pequenos agricultores familiares do semiárido brasileiro. Porém, o semiárido constantemente enfrenta secas prolongadas com conseqüente escassez de forragens na maior parte do ano, comprometendo, desse modo, o desempenho dos animais e até mesmo a subsistência das pequenas propriedades. Concomitantemente a essa realidade tem-se o subaproveitamento do fruto da aceroleira em indústrias de polpa de frutas do Sertão Pernambucano. O resíduo da acerola pode ser reaproveitado para alimentação animal evitando assim o desperdício desse resíduo industrial. Desta forma o presente trabalho avaliou a produção de silagens de palma forrageira compostas com diferentes níveis de resíduo agroindustrial de acerola. Para isto foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo os tratamentos quatro níveis de inclusão de resíduo agroindustrial de acerola (0, 15, 30 e 45%) na silagem de palma forrageira, com quatro repetições. Foram avaliados aspectos fermentativos das silagens, como perdas por gases, por efluentes, índice de recuperação de matéria seca. Também foi avaliada características bromatológicas das silagens. Os resultados demonstraram que existe a viabilidade do uso dos resíduos agroindustriais de acerola na composição de silagem de palma forrageira. A silagem com os resíduos existe melhor padrão fermentativo foi ao nível de 30 % de resíduo de acerola. A silagem obtida apresentou menor perda, em virtude do uso dos resíduos. Ao final de todas as observações, oferecer uma alternativa alimentar com fonte energética de grande potencialidade para a nutrição de ruminantes, principalmente, no Nordeste brasileiro.

Palavras-chave: Silagem; palma; resíduo agroindustrial

Abstract: Livestock farming represents one of the most important activities for small family farmers in the Brazilian semi-arid region. Due to its lower vulnerability to drought when compared to agricultural holdings, it has constituted one of the main factors in fixing man to the land and generating employment and income in the region. However, the semi-arid region constantly faces droughts prolonged periods with consequent scarcity of forage for most of the year, thus compromising the performance of the animals

and even the subsistence of small properties. Concomitantly with this reality there is underutilization of acerola fruit in fruit pulp industries of the Pernambuco Sertão. Acerola residue can be reused for animal feed, thus avoiding the waste of this industrial waste. This work evaluated the production of forage palm silage composed of different levels of agro-industrial acerola residue, obtained from agro-industrial processing in the São Francisco Valley. For this we used a completely randomized experimental design, with four treatments inclusion levels of agro-industrial acerola residue (0, 15, 30 and 45%) in silage of cactus, with four repetitions. Fermentative aspects were evaluated of silages, such as losses due to gases, effluents, recovery rate of dry matter. Bromatological characteristics. The results demonstrated that there is feasibility of using agro-industrial acerola residues in the composition of cactus silage. There is a better standard for silage with waste fermentation process was at the level of 30% acerola residue. The silage obtained presented less loss due to the use of waste. At the end of all observations, offer a food alternative with an energy source of great potential for the nutrition of ruminants, mainly in the Brazilian Northeast..

Key Word: Silage; palm; acerola residue

INTRODUÇÃO

Áreas semiáridas são devastadas por secas periódicas, que reduzem drasticamente a disponibilidade de pasto para os rebanhos de ruminantes domésticos e elevam a insegurança alimentar da população que depende da pecuária. Devido às alterações climáticas mais frequentes, a tendência é que a ocorrência de seca seja ainda mais intensificada. Assim, a produção de pastagem pode ser grandemente impactada (1).

Amplamente difundida no Nordeste brasileiro, a palma forrageira é uma planta que por ser de origem mexicana é altamente resistente às intempéries climáticas. Além da sua resistência e adaptabilidade, a palma é rica em carboidratos e sais minerais solúveis, sendo altamente energética. Esse tipo de forragem demonstra potencial para utilização na alimentação de ruminantes, sobretudo em áreas secas, devido ao seu alto rendimento de biomassa, cultivo constante, baixo custo e alta palatabilidade (2).

Embora seja excelente fonte de energia, rica em carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais, a palma não deve ser oferecida como única fonte na dieta dos animais, devido aos baixos teores de fibra, então, uma alternativa, seria o uso de alimentos volumosos e fontes proteicas que apresente alta efetividade. O fornecimento da palma acrescida de subprodutos da agroindústria, como por exemplo, o resíduo da acerola, pode ser uma interessante e viável opção de suplementação para ruminantes em período de escassez de forragem, principalmente, onde o resíduo torna-se disponível e a baixo custo.

Na Região Nordeste do Brasil, frutas nativas e exóticas, a exemplo da acerola, que é perecível, têm produção restrita à primavera e o verão, com necessidade de

beneficiamento imediato, e conseqüente geração de grande volume de resíduos que podem ser aproveitados como alimento alternativo para ruminantes. Dentre os resíduos provenientes do beneficiamento da acerola, destacam-se os originários da produção de polpa congelada, cujo descarte inadequado pode ter impacto ambiental, além de comprometer a gestão sustentável das indústrias de processamento (3).

A utilização dos resíduos da acerola na alimentação animal surge como importante estratégia para a região, podendo ser utilizado em períodos de menor disponibilidade de forragem, ou como elemento adicional no processo de conservação de forragens como a ensilagem, a fim de promover aumento no valor nutritivo dos alimentos utilizados para esta finalidade. O objetivo da ensilagem é conseguir, dentro da massa ensilada concentração de ácido láctico, produzido como resultado da presença de microrganismos dentro da cultura cortada, suficiente para inibir outras formas de atividade microbiana e, assim, preservar o material até que ele possa ser utilizado como alimentação para os animais nos períodos de estiagem (4).

Diante dessa busca por alternativas alimentares disponíveis, esse trabalho tem por objetivo verificar a viabilidade do aproveitamento do resíduo agroindustrial da acerola (*Malpighia emarginata*) para produção de silagens a base de palma forrageira (*Opuntia stricta*) através de avaliação da densidade e das perdas fermentativas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)– Campus Ciências Agrárias, localizado em Petrolina-PE, com latitude de 9°19'19.58"S, longitude de 40°33'40.93"O e 415 m de altitude, com clima semiárido BSh, segundo a classificação de Köppen. A silagem foi elaborada no Laboratório de Exigência e Metabolismo Animal, usando as seguintes proporções de resíduo agroindustrial de acerola (0, 15, 30 e 45%) na silagem de palma forrageira.

O resíduo Agroindustrial da acerola foi obtido na Empresa NIAGRO em Petrolina – PE no mês de Janeiro de 2021 após a extração da polpa para elaboração de sucos e néctar de acerola.



Figura 1: Obtenção e secagem do resíduo de acerola

PREPARAÇÃO DOS MINI SILOS

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos quatro níveis de inclusão de resíduo agroindustrial de acerola (0, 15, 30 e 45%) na silagem de palma forrageira, com quatro repetições. Todo material foi ensilado em mini silos confeccionados com tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 50 cm de altura (Figura 2).



Figura 2: Mini Silos de palma forrageira e resíduo de acerola

Para a quantificação das perdas por efluentes, foi colocado 1 kg de areia na parte inferior dos mini silos, utilizando uma tela e um tecido de náilon para separar a areia do material ensilado (Figura 3).



Figura 3: Abertura dos mini silos

Os mini silos foram vedados com tampão e fita adesiva, pesados em balança analítica antes e depois de preenchidos com a massa de forragem.

AVALIAÇÃO DO PERFIL FERMENTATIVO.

Foram avaliados aspectos fermentativos das silagens, como perdas por gases, por efluentes, índice de recuperação de matéria seca. A partir dos valores de massa obtidos da pesagem dos mini silos em balança analítica antes e depois de preenchidos com a massa de forragem, foi possível quantificar a massa específica da silagem a partir da razão entre a massa ensilada (kg de MV) pelo volume de silo ocupado (m^3).

No momento da abertura, os mini silos foram novamente pesados em balança analítica com e sem a massa ensilada, sendo possível quantificar as perdas por gases (PG) e perdas por efluentes (PE), segundo metodologias indicadas por Silva et al. (5). Após esse procedimento a silagem foi retirada dos mini silos, pesada e colocada separadamente sobre uma lona plástica para homogeneização.

COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DOS MINI SILOS.

Também foi avaliada características bromatológicas como teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra a detergente ácido, matéria mineral e matéria orgânica. A palma forrageira utilizada foi a orelha de elefante mexicana, com dois anos de plantio, cultivada no campo experimental da UNIVASF– PE, Campus Ciências Agrárias, a qual foi avaliada quanto às características bromatológicas.

A silagem foi retirada dos mini silos, pesada e colocada separadamente sobre uma lona plástica para homogeneização de onde foi coletada uma amostra por unidade experimental para determinação do pH utilizando potenciômetro digital, conforme metodologia proposta por Silva e Queiroz (6).

Retirou-se uma amostra de cada unidade experimental, pesou, acondicionou em saco de papel e manteve-as em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Posteriormente, essas amostras foram retiradas da estufa e expostas à temperatura ambiente até peso constante, pesadas para determinação da matéria pré-seca, sendo logo após processadas em moinho tipo “Willey” com peneira de malha de 1 mm e armazenadas em vidros tampados para posteriores análises dos valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO), segundo recomendações de Silva e Queiroz (6).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa SAS 9.0. Quando necessário foi realizada a análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 pode ser observada a composição química dos ingredientes e das diferentes silagens testadas no início do período experimental. Pode-se observar que o aumento dos níveis de resíduo de acerola seco ao ar provocou aumento no teor de Matéria Seca (MS), sendo uma informação importante, pois influencia diretamente no comportamento fermentativo das silagens. Dentre os componentes que formam a MS a acerola causou redução na Matéria Mineral (MM), aumento no teor de FDN e FDA e redução da matéria mineral e consequentemente aumento na Matéria orgânica (MO).

Tabela 2. Características bromatológicas da acerola e das silagens de palma forrageira contendo acerola, no início do experimento.

TRAT	MS	MM	MO	FDN	FDA	PB
	(%)					
0A*-100P**	7,32	16,7	83,3	33,86	15,10	5,19
15A-85P	15,49	8,1	91,9	52,65	39,94	6,41

30A-70P	24,10	5,9	94,1	55,40	42,01	7,31
45A-55P	41,36	4,0	96,0	53,36	41,22	5,39
100A-0P	81,42	3,0	97,0	63,66	52,41	5,55

*'A' refere-se ao nível de acerola na silagem;

**'P' refere-se ao nível de Palma forrageira na silagem.

Na figura 6 pode ser observado que a característica de “Perdas por líquido” apresentou regressão significativa ($P < 0,05$) com comportamento quadrático, aumentando as perdas até o nível de 11% de resíduo de acerola na silagem e após este nível reduzindo a perda quanto maior foi o teor de resíduo de acerola, sendo que no nível de 45% de acerola a perda por líquido foi próximo a zero.

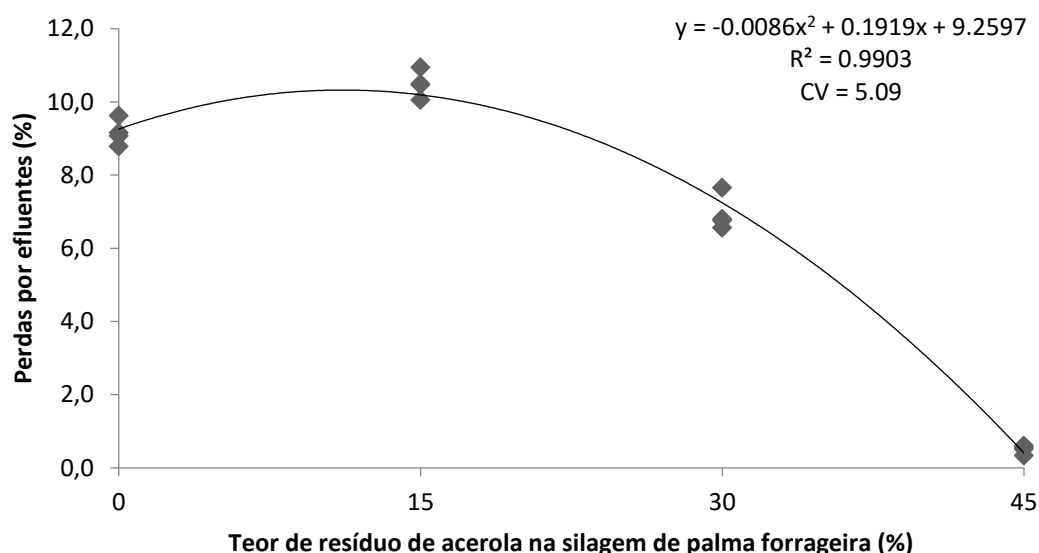


FIGURA 6. Perdas por efluentes da silagem de palma forrageira com níveis de inclusão de resíduo agroindustrial de acerola desidratado

A figura 7 traz a perda por gases das silagens testadas, sendo verificada regressão significativa com comportamento quadrático. As perdas por gases reduziram conforme se aumentou o nível de resíduo de acerola na silagem até a dose de 35,4% de resíduo, e a partir deste nível houve aumento nas perdas por gases. O processo fermentativo da silagem depende da constituição química inicial, existindo níveis específicos de matéria seca, umidade, carboidratos e fibra para que se alcance um bom padrão fermentativo da silagem.

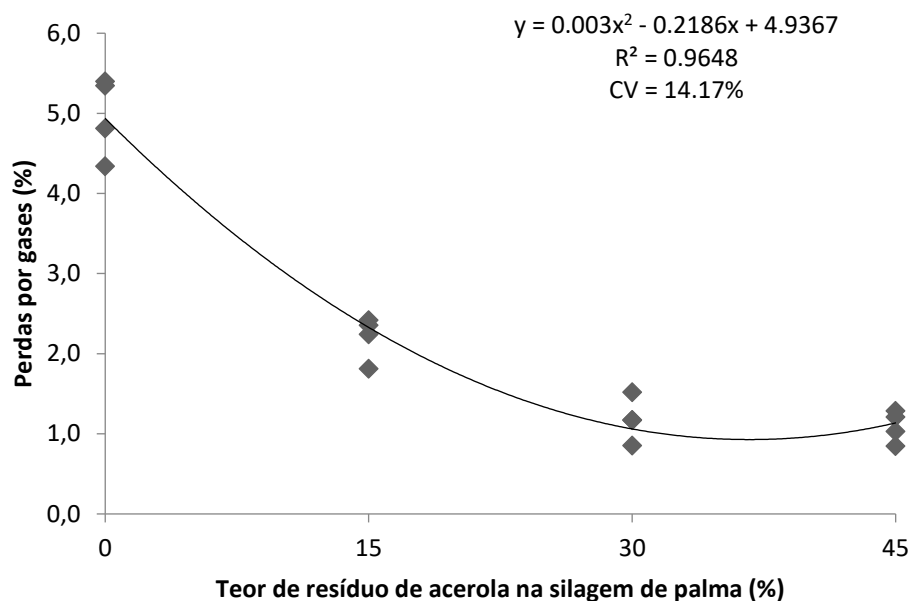


FIGURA 7. Perdas por gases da silagem de palma forrageira com níveis de inclusão de resíduo agroindustrial de acerola desidratado

Já a Figura 8 demonstra as perdas por fungos que as silagens apresentaram, confirmando uma regressão significativa ($P < 0,05$) de comportamento quadrático. Observa-se que a redução nas perdas por fungos aconteceu até o nível de 30,4% de resíduo de acerola, voltando a subir o valor após este nível. Esta característica é muito importante, pois além de representar uma perda acentuada pode representar comprometimento da silagem testada. Assim, nota-se que a silagem de palma exclusiva apresentou umidade elevada que provocou grande perda por fungo. Já o nível com maior quantidade de acerola dificultou a compactação do material, devido ao baixo teor de umidade, resultando em aumento das perdas por fungos.

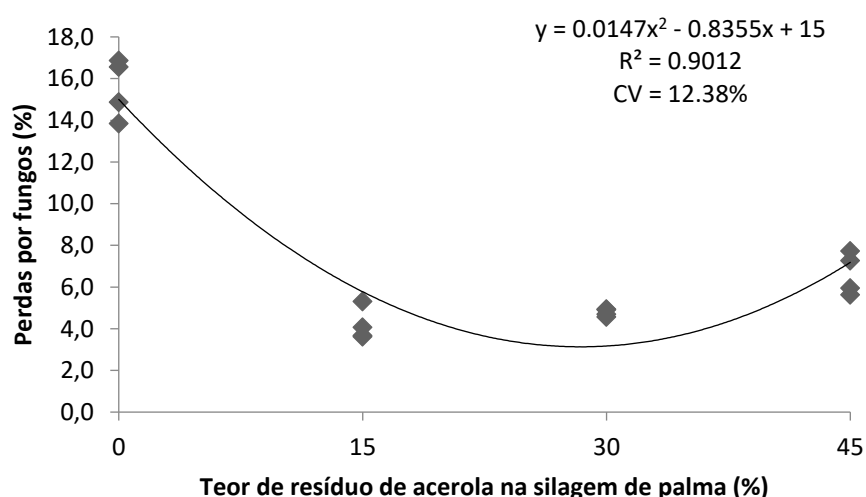


FIGURA 8. Perdas por fungos da silagem de palma forrageira com níveis de inclusão de resíduo agroindustrial de acerola desidratado

A figura 9 apresenta a massa específica das silagens. Pode-se observar que existiu um comportamento quadrático, havendo para os níveis testados redução na massa específica com o aumento do nível de resíduo nas silagens. Isto pode estar ligado ao resíduo de acerola quando seco apresenta baixa densidade.

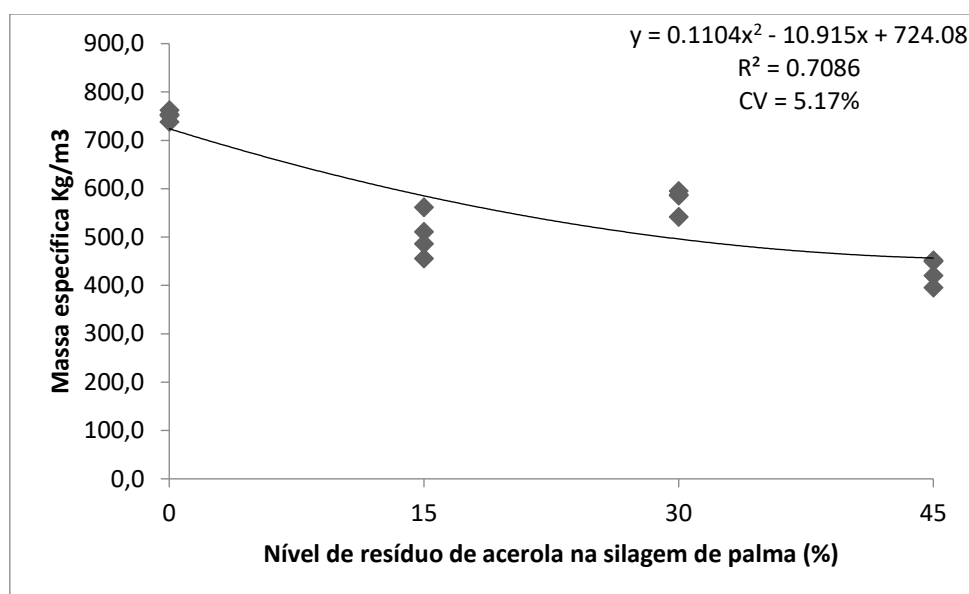


FIGURA 9. Massa específica (kg/m³) da silagem de palma forrageira com níveis de inclusão de resíduo agroindustrial de acerola desidratado

O valor de pH encontrado neste presente estudo das silagens de foi de 4,42 e 2,83 (Figura 10), desse modo a mesma pode ser classificada como ácida pois o valor do pH está abaixo de 4,5 que é um ponto delimitante para o desenvolvimento da maioria dos microrganismos (8). Segundo a Lima (7), o pH encontrado no resíduo da acerola foi de 3,08 e 2,96, já Rezende e colaboradores (8) encontrou pH de 3,87 e acidez 0,14%. obteve um PH de 3,27 ,acidez de 0,40%. Assim, farinhas com pH abaixo de 4,5 apresentam uma maior resistência ao crescimento microbiano em comparação com a literatura.

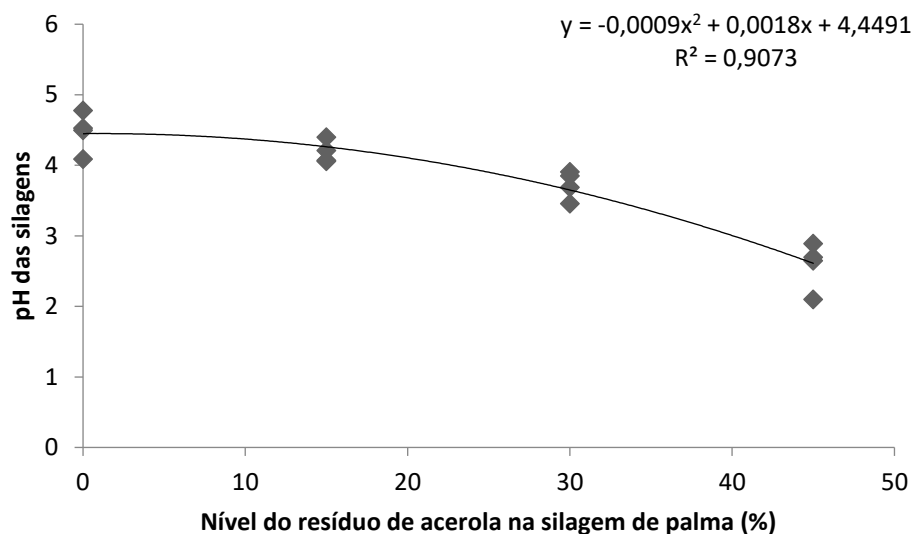


FIGURA 10. pH da silagem de palma forrageira com níveis de inclusão de resíduo agroindustrial de acerola desidratado

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que existe a viabilidade do uso dos resíduos agroindustriais de acerola na composição de silagem de palma forrageira.

A silagem com os resíduos que apresentou melhor padrão fermentativo foi ao nível de 30 % de resíduo de acerola.

A silagem obtida apresentou menor perda, em virtude do uso dos resíduos. Ao final de todas as observações ficou claro que a que apresentou melhor resultado, foi a de 30% de resíduo de acerola, pode oferecer uma alternativa alimentar como fonte energética de grande potencialidade para a nutrição de ruminantes, principalmente, no Nordeste brasileiro.

Observou-se que a redução nas perdas por fungos aconteceu até o nível de 30,4% de resíduo de acerola, voltando a subir o valor após este nível.

Esta característica é muito importante, pois além de representar uma perda acentuada pode representar comprometimento da silagem testada. Assim, nota-se que a silagem de palma exclusiva apresentou umidade elevada que provocou grande perda devido ao crescimento de fungos.

Já o nível com maior quantidade de resíduo de acerola dificultou a compactação do material, devido ao baixo teor de umidade, resultando em aumento das perdas por fungos.

REFERÊNCIAS

- 1.Oliveira LS. Moura CFH. Brito, ES. 2012. Antioxidant Metabolism during Fruit Development of Different Acerola (*Malpighia emarginata* D.C) Clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.*, Vol. 60 (32): p. 7957–7964.
2. Kist BB; Carvalho C. Treichel M. Santos CE. 2018. *Anuário brasileiro da fruticultura 2018*. Editora Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul.
- 3.Mazza PHS. Resíduo da extração da polpa de acerola e umbu na alimentação de ovinos Dissertação.Cruz das Almas, BA, 2018. 80f
- 4.Silva MRH.; Neumann M. 2012. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: conceitos e importância na nutrição de ruminantes. *FAZU em Revista, Uberaba, Vol.9: p. 69-84.*
- 5.Jobim CC. Nussio LG. Reis AR. Schmidt, P. 2007. Avanços Metodológicos Na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, p.101-119*
- 6.Silva DJ, Queiroz AC. 2006. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos* 3. ed. Viçosa, MG: UFV: p. 235.
- 7.Lima MAC. Silva SM. Oliveira VR. 2018. Umbu - *Spondias tuberosa*. *Exotic Fruits Reference Guide*. p. 427-433.
- 8.Rezende YR. Nogueira JP. Narain, N. 2018. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. *Food Chemistry. V. 254. p. 281-291.*
- 9.Russell JB, Wilson DB. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *Journal of Dairy Science. Vol. 79: p. 1503–1509.*

Capítulo 15

DOI: 10.53934/IIICBPAV-15

NÍVEIS DE UMIDADE DO SUBSTRATO NA EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE CAPIM-MARANDU

Thiago Nogueira Tolentino Barbosa *; Alan Ramos dos Santos ; Eliene Almeida Paraizo , Andréia Marcia Santos de Souza David ; Hugo Tiago Ribeiro Amaro ; Dorismar David Alves 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: tntbti@gmail.com

Resumo: A água é um dos fatores que mais influencia o processo de germinação das sementes e o desenvolvimento inicial de plântulas, no entanto, o seu excesso pode afetar o processo germinativo, uma vez que impede a entrada de oxigênio, reduzindo o processo metabólico. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a emergência e o desenvolvimento inicial de plântulas de capim-marandu sob diferentes níveis de umidade no substrato. Foram utilizadas sementes de capim-marandu, adquiridas no comércio local. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes e cinco tratamentos, representando 20, 40, 60, 80 e 100% da capacidade de retenção de água no substrato. As variáveis analisadas foram: emergência de plântulas em areia, índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento de plântulas. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão em nível de 5% pelo teste “F”. Houve efeito significativo dos níveis de umidade do substrato para todas as variáveis analisadas. Em condições de 20% de umidade do substrato, obteve-se maiores valores de emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência. Para o comprimento de plântulas, o nível de umidade de 39,3% proporcionou maiores taxas de crescimento. Conclui-se que níveis de umidade do substrato entre 20 e 39,3% favorecem a emergência e o desenvolvimento inicial de plântulas de capim-marandu.

Palavras-chave: Germinação; Umedecimento; *Urochloa Brizantha* cv. Marandu, Sementes.

Abstract: Water is one of the factors that most influences the process of seed germination and the initial development of seedlings. However, an excess of water can affect the germination process, as it prevents oxygen from entering the soil, reducing the metabolic process. The aim of this study was therefore to assess the emergence and initial development of marandu grass seedlings under different levels of moisture in the substrate. Marandu grass seeds were purchased from local businesses. The experiment followed a completely randomized design, with four replicates of 50 seeds and five treatments, representing 20, 40, 60, 80 and 100% of the substrate's water retention capacity. The variables analyzed were: seedling emergence in sand, emergence speed

index (ESI) and seedling length. The data was submitted to analysis of variance and regression at the 5% level using the "F" test. There was a significant effect of the substrate moisture levels for all the variables analyzed. Under conditions of 20% substrate moisture, the highest values were obtained for seedling emergence and emergence speed index. For seedling length, the 39.3% moisture level provided the highest growth rates. It can be concluded that substrate moisture levels between 20 and 39.3% favor the emergence and initial development of marandu grass seedlings.

Key Word: *Germination; Moistening; Urochloa Brizantha cv. Marandu, Seeds.*

INTRODUÇÃO

O Brasil se posiciona como o principal produtor, consumidor e exportador de sementes de plantas forrageiras, abrangendo cerca de 115 milhões de hectares de pastagens cultivadas. Dentro deste cenário, aproximadamente 51,4 milhões de hectares são dedicados à *Urochloa brizantha* cv. Marandu (8). O capim-marandu é uma gramínea de clima tropical, pertencente à família Poaceae e possui nós com raízes superficiais, além de folhas cobertas de pelos na parte inferior. O seu sistema radicular é robusto e penetra profundamente no solo, proporcionando uma notável capacidade de suportar a falta de água e absorver nutrientes das camadas mais profundas do solo. Essa particularidade a torna extremamente produtiva em regiões com disponibilidade limitada de água (2) (4).

As excelentes características forrageiras identificadas nessa variedade como a resistência às cigarrinhas das pastagens, eficaz cobertura de solo e habilidade para competir com plantas invasoras, tornaram esta variedade uma alternativa de destaque para o manejo pecuário, culminando no seu lançamento como cultivar recomendada para diferentes áreas de cerrado (7). Contudo, a irregularidade na distribuição das chuvas em regiões semiáridas, somadas aos extensos períodos de estiagem, aumenta os desafios para a produção sustentável (13). Por outro lado, problemas com períodos de encharcamento, a baixa tolerância ao excesso de umidade no solo, causando deficiência de oxigênio, com consequentes alterações morfofisiológicas no sistema radicular, tem provocado a morte da espécie (10).

A água é um fator de extrema importância na germinação das sementes, pois ela auxilia no anolecimento do tegumento, acelera a taxa respiratória, facilita as trocas gasosas, estimula a síntese e atividade de enzimas e hormônios, desempenhando um papel significativo na regularidade da digestão, translocação e assimilação das reservas (12). Portanto, a falta ou excesso de água são prejudiciais para o processo germinativo, que pode ser definido como o processo de desenvolvimento da estrutura embrionária, que se inicia com a absorção de água pela semente e culmina com a protrusão da radícula (14).

Dessa forma, o conhecimento da necessidade hídrica das sementes durante o processo germinativo é de fundamental importância para garantir um bom estabelecimento da cultura, especialmente em regiões semiáridas. Face às considerações feitas, o presente trabalho objetivou-se avaliar a emergência e o desenvolvimento inicial de plântulas de capim-marandu submetidas a diferentes níveis de umidade do substrato.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Ciências Agrárias (DCA) da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Janaúba, MG. Foram utilizadas sementes do capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu, adquiridas no comércio local.

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, composto de cinco níveis de umidade do substrato (20, 40, 60, 80 e 100% da capacidade de retenção de água), que consistiram nos tratamentos, sendo utilizadas 4 repetições de 50 sementes por tratamento (5).

A emergência de plântulas foi conduzida em condições ambientais de laboratório ($\pm 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 65% UR), sendo as sementes semeadas a 2,0 centímetros de profundidade, em caixas plásticas do tipo gerbox, contendo como substrato areia lavada e esterilizada em estufa a $200\text{ }^{\circ}\text{C}/2$ horas. O substrato foi umedecido de acordo os níveis de umidade definidos anteriormente, sem adição posterior de água. Visando a manutenção dos volumes de água estabelecidos, as caixas contendo as sementes foram revestidas com sacos plásticos, com o intuito de minimizar a perda de água para o ambiente, já que não houve reposição hídrica. As avaliações consistiram na contagem do número de plântulas normais determinadas por ocasião do décimo sétimo dia após a semeadura, com os resultados expressos em porcentagem. Foram consideradas normais as plântulas que apresentaram estruturas essenciais (sistema radicular e parte aérea) desenvolvidas, proporcionais e sadias, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras de Análise de Sementes (RAS) (5).

Paralelamente ao teste de emergência das plântulas, foi determinado o índice de velocidade de germinação (IVG), que envolveu a contagem diária do número de plântulas normais emergidas até o final do teste. Com os dados obtidos, foi calculado o IVG, conforme a fórmula proposta por Maguire (11).

Para determinação do comprimento (compreendido desde a inserção do cotilédone até a raiz), as plântulas foram retiradas da caixa gerbox cuidadosamente de forma a não danificar as raízes, em seguida lavadas, fazendo-se a mensuração de dez plântulas por repetição com o auxílio de régua milimetrada, e os resultados foram expressos em centímetros/plântula.

Os resultados foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de probabilidade, e posterior análise de regressão. Foram selecionados os modelos apropriados que melhor representassem o comportamento biológico. Estimativas dos parâmetros significativas em nível de 5% de significância pelo teste “t” e o valor do coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de umidade do substrato influenciaram ($P < 0,05$) de forma linear decrescente nos resultados de emergência de plântulas (Figura 1). Nota-se que o menor

nível de umidade do substrato (20%) proporcionou a máxima porcentagem de plântulas emergidas (33,1%), sendo que à medida que se aumentava a quantidade de água no substrato houve decréscimos nos valores, resultando em uma redução de 89,0% do ponto de máxima emergência até o nível de 100% de umidade.

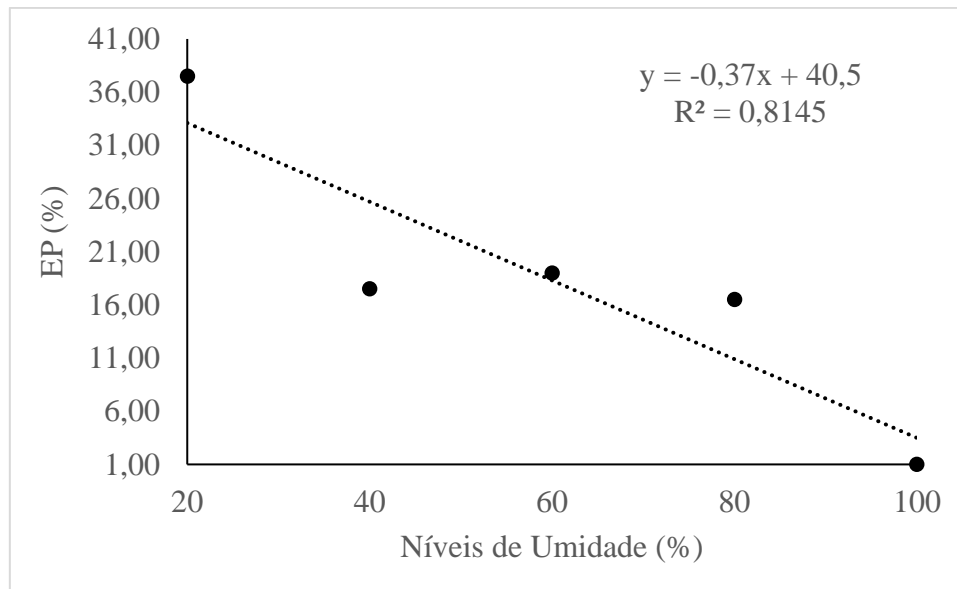


Figura 13 – Emergência de plântulas (EP), oriundas de sementes de capim-marandu em função dos níveis de umidade do substrato.

Os resultados do presente trabalho corroboram os de estudos anteriores que afirmam que o capim-marandu é altamente susceptível à umidade excessiva do solo (6), podendo ser esta, uma das causas de morte fisiológica da espécie devido ao estresse hídrico por excesso de umidade durante a época chuvosa, especialmente em áreas onde os solos possuem baixa permeabilidade. Por outro lado, o estresse hídrico por falta de umidade no solo durante o período seco, especialmente em áreas de pastagens com raízes pouco profundas, também pode ser um fator contribuinte e limitante.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) dos níveis de umidade do substrato, para o comprimento de plântulas, evidenciando-se comportamento quadrático (Figura 2). Em condições hídricas de 20% da capacidade de retenção do substrato, as plântulas de capim-marandu apresentaram um crescimento médio de 12,9 cm, ocorrendo um aumento nos valores à medida que a umidade do substrato foi elevada, atingindo máximo comprimento (13,3 cm) no nível de 39,3% de umidade. Maiores valores de comprimento de plântulas indicam maior vigor das sementes. Entretanto, a partir do ponto de máximo crescimento de plântulas, houve reduções nos valores, destacando-se que a adição de 100% da capacidade de retenção de água no substrato, resultou em decréscimos de 74,8% em relação as condições hídricas de 39,3%, corroborando novamente com a susceptibilidade do capim-marandu à umidade excessiva do solo, pois a produção de raízes é um dos parâmetros morfofisiológicos mais afetados pelo aumento de umidade no solo (6) (10).

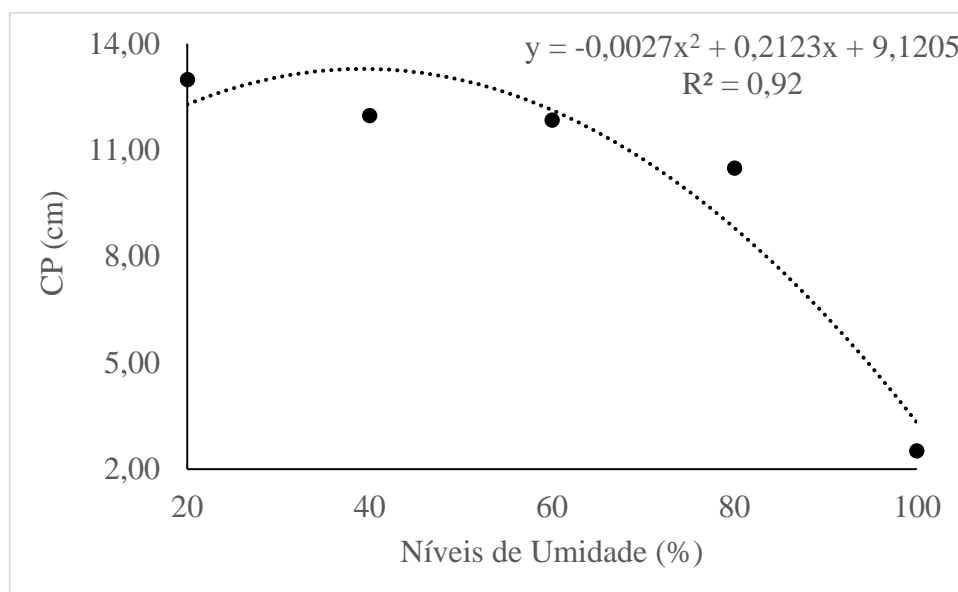


Figura 2 – Comprimento de plântulas (CP), oriundas de sementes de capim-marandu em função dos níveis de umidade do substrato.

O comprimento de plântulas é um importante indicativo de vigor. Nesse sentido, as amostras que apresentam maiores valores são consideradas mais vigorosas (9). Mesmo não sendo obrigatório para comercialização, o teste de comprimento de plântulas das sementes, é um fator de grande interesse, pois permite antecipar resultados da cultura, quanto a emergência e acúmulo de matéria seca, interferindo diretamente no rendimento (1).

Evidenciou-se comportamento linear decrescente para o índice de velocidade de emergência (IVE), à medida em que aumentava a quantidade de água do substrato (Figura 3). Dessa forma, pode se observar que na menor disponibilidade hídrica (20% de umidade) foi verificado o maior IVE (3,14), indicando que nessas condições de umidade as sementes emergiram mais rapidamente e de maneira mais uniforme, expressando assim, maior vigor. A partir do ponto de maior IVE, houve reduções nos valores encerrando com índice de 0,06 na disponibilidade de 100% de umidade.

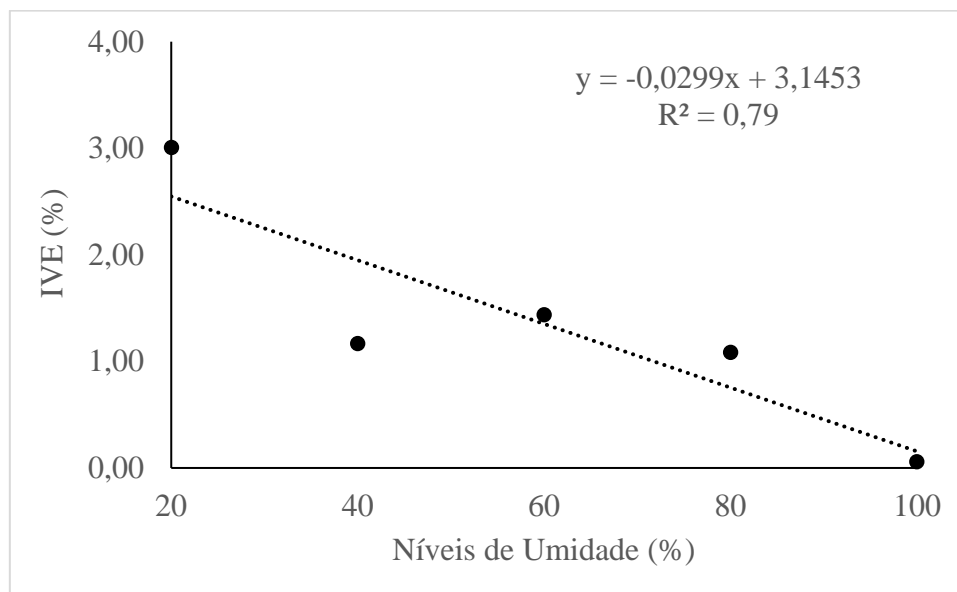


Figura 3 – Índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de capim-marandu em função dos níveis de umidade do substrato.

Quanto maior for o índice de velocidade de emergência, maior será a capacidade das sementes em estabelecer uma população de plântulas rapidamente, uniforme e adequadamente (3).

CONCLUSÃO

Os níveis de umidade do substrato de 20,0 e 39,3% favorecem a emergência e o desenvolvimento inicial de plântulas de capim-marandu, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Andréia Márcia e ao Professor Hugo Tiago pela generosidade em compartilhar seu conhecimento e expertise na construção deste artigo. Suas sugestões e feedbacks foram cruciais para aprimorar o conteúdo e a precisão do texto.

REFERÊNCIAS

1. ARAUJO, L.L.P de; ANJOS, D.N. dos; MENDES, H.T.A.; ARAUJO, L.L.P. de. Qualidade fisiológica das sementes de duas cultivares de soja em diferentes épocas de colheita. 23 Revista PesquisAgro, Confresa (MT), v. 6, n. 2, p. 23-33, julho-dezembro, 2022. [acesso em 07 out 2023]. Disponível em: <https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/agro/article/view/143>.

2. BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. *Archivos de zootecnia*, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009. [acesso em 07 out 2023]. Disponível em: <https://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v58n222/art6.pdf>.
3. BINOTTI, F. F. DA S.; HAGA, K.I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v.30, n.2, p.247-254, 2008. [acesso em 21 out 2023]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/rsgrgZGKcGqVBL56y9Xpscc/abstract/?lang=pt#>.
4. BOTREL, M. D. A.; NOVAES, L. P.; ALVIM, M. J. Características forrageiras de algumas gramíneas tropicais. Embrapa Gado de Leite-Documents (INFOTECA-E), 1998. [acesso em 07 out 2023]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82853/1/Caracteristicas-forrageira.pdf>.
5. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.
6. CAMARÃO, A. P.; FILHO, A. P. S. S. Limitações e Potencialidades do capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu (A. Rich) Stapf.) para a Amazônia. Embrapa, Belem – PA, 2005. [acesso em 09 out 2023]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63972/1/Oriental-Doc211.pdf>.
7. EMBRAPA. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Campo Grande-MS, 1984. [acesso em 08 out 2023]. Disponível em: <http://www.bvs-sp.fsp.usp.br/tecom/docs/2002/pil001.pdf>.
8. EMBRAPA. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/863/brachiaria-brizanthacv-marandu>.
9. FERNANDES, H.M.F.; AMARO, H.T.R.; ALMEIDA, P.M.A de.; PORTO, E.M.V.; DAVID, A.M.S. de S.; VIEIRA, L.C. da S. Desenvolvimento inicial do milho em resposta ao tratamento de sementes com fertilizante e disponibilidade hídrica. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, São José dos Pinhais, v.16, n.9, p. 17440-17454, 2023. [acesso em 17 out 2023]. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/1764>.
10. FILHO, M. B. D. Respostas Morfofisiológicas de *Brachiaria spp.* ao Alagamento do Solo e à Síndrome da Morte do Capim-marandu. Embrapa, Belem – PA, 2005. [acesso em 09 out 2023]. Disponível em:








<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/24878/1/Doc242.pdf>.

11. MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n.1, p. 176-177, 1962.
12. MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015. [acesso em 17 out 2023]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/TCgVpMYmRWtGn6dQSSsQVbJ/>.
13. SALES, E. C. J., et al. Produção de biomassa de capim-marandu submetido a doses de nitrogênio em dois períodos do ano. *Agrarian*, 6(22), 486–499, 2013. [acesso em 08 out 2023]. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2114>.
14. TAIZ, L. et al. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 518, 2017.

Capítulo 16

DOI: 10.53934/IIICBPAV-16

ELEVAÇÃO DE MERISTEMA APICAL EM FORRAGEIRAS TROPICAIS

Gustavo Barbosa Alves Silva *; Renata Batista da Silva ; Luis Carlos de Oliveira Borges ; Giovanna Pimentel Lima Peloi ; Carla Heloisa Avelino Cabral ; Camila Fernandes Domingues Duarte ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
gustavo.barbosa@aluno.ufr.edu.br

Resumo: Objetivou-se verificar qual cultivar de *Urochloa* spp. e *Megathyrsus* spp. tem maior elevação do meristema apical conforme o aumento na altura do perfilho. O experimento realizou-se no campo agrostológico da Universidade Federal de Rondonópolis-MT. Foram estudados dez capins, sendo quatro do gênero *Urochloa* spp. (*U. brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Xaraés, *U. brizantha* cv. Piatã, *U. brizantha* x *U. ruziziensis* cv. BRS Ipyporã) e seis cultivares de *Megathyrsus* spp. (*M. maximus* cv. BRS Zuri, *M. maximus* cv. MG 12 Paredão, *M. maximus* cv. Mombaça, *M. maximus* cv. Tanzânia-1, *M. maximus* cv. BRS Tamani e *M. maximus* x *M. infestum* cv. Massai). Foram realizadas onze coletas de perfilhos ao longo do período chuvoso de novembro 2019 a abril de 2020. Em cada coleta foram coletados doze perfilhos de cada gramínea. A coleta era realizada rente ao solo e era mensurado a altura do perfilho e do meristema apical. À medida que aumentou a altura do perfilho ocorreu elevação do meristema apical para todos os capins avaliados. Os capins Marandu e Piatã são os cultivares de *Urochloa* que apresentam maior elevação do meristema apical por centímetro de crescimento do perfilho. Quanto ao *Megathyrsus*, observa-se no Mombaça o maior potencial em elevação do meristema apical.

Palavras-chave: altura do pasto, escolha da forrageira, manejo do pastejo

Abstract: The objective was to verify which cultivar of *Urochloa* spp. and *Megathyrsus* spp. there is greater elevation of the apical meristem as the tiller height increases. Experiment took place in the agrostological field of the Federal University of Rondonópolis-MT. Ten grasses were studied, four of which were from the genus *Urochloa* spp. (*U. brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Xaraés, *U. brizantha* cv. Piatã, *U. brizantha* x *U. ruziziensis* cv. BRS Ipyporã) and six cultivars of *Megathyrsus* spp. (cv. BRS Zuri, *M. maximus* cv. MG 12 Paredão, *M. maximus* cv. Mombaça, *M. maximus* cv. Tanzânia-1, *M. maximus* cv. BRS Tamani and *M. maximus* x *M. infestum* cv. Massai).

Eleven tiller collections were carried out throughout the rainy season from November 2019 to April 2020. In each collection, twelve tillers were collected from each grass. Collection was carried out close to the ground and the height of the tiller and apical meristem was measured. As tiller height increased, the apical meristem increased for all grasses evaluated. Marandu and Piatã grasses are the *Urochloa* cultivars that show the highest elevation of the apical meristem per centimeter of tiller growth. As for *Megathyrsus*, the greatest potential for elevation of the apical meristem is observed in Mombaça.

Key Word: pasture height, forage choice, grazing management

INTRODUÇÃO

O pasto é a principal fonte de alimentação para ruminantes no Brasil, o que reduz os custos na pecuária (1). Apesar de ter um dos maiores rebanhos bovinos comerciais do mundo, com cerca de 202,08 milhões de bovinos (2), o Brasil tem potencial para aumentar a taxa de lotação e, assim, elevar a produção e a rentabilidade no setor pecuário. Isso pode ser alcançado através de melhores práticas de manejo e gestão dos pastos.

Para isso, é fundamental aplicar um manejo adequado, o que implica compreender as condições fisiológicas de crescimento do capim e sua composição nutricional (3). Quando o capim é gerenciado de forma incorreta, isso resulta em menor quantidade de forragem disponível para os animais ou em uma elevada quantidade de massa com uma estrutura que dificulta o pastejo e a rebrota da gramínea, o que tem um impacto negativo no desempenho dos animais por área. O manejo adequado do pastejo ocorre quando a taxa de lotação é continuamente ajustada a capacidade de suporte da pastagem.

A capacidade de suporte das pastagens é influenciada diretamente pela fertilidade do solo, estação do ano e escolha da espécie de forrageira. Esses são elementos cruciais para a produtividade do sistema, visto que afetam a produção de matéria seca (4). Estratégias de manejo como adubação, que melhoram a qualidade do solo e supre as necessidades nutricionais da forrageira, assim como a segurança para prevenir deficiências hídricas durante a estação seca, podem otimizar esses fatores. Além disso, é fundamental estabelecer um equilíbrio entre a pressão de pastejo e a capacidade de suporte da pastagem, evitando tanto o subpastejo, que resulta em crescimento excessivo de colmos e acúmulo de material morto, quanto o superpastejo, que leva à escassez de forragem (5).

Outro fator de grande importância para a melhoria do sistema de pastejo é o acompanhamento da elevação do meristema apical. Isso é crucial para evitar a decapitação prematura do meristema por parte dos animais ou por roçada, o que poderia levar à morte de perfilhos e, por consequência, afetar a perenidade das plantas forrageiras. Além disso, o meristema apical é a estrutura responsável pela síntese de tecidos para emissão de novas folhas, que é a principal fração da forrageira colhida pelos animais em pastejo. Ao estabelecer relações entre a altura do capim e a distância do meristema apical

em relação ao solo, é possível promover um manejo mais sustentável da pastagem. Esse conhecimento permite ajustar a intensidade do pastejo de maneira a preservar longevidade das plantas forrageiras, o que contribui significativamente para a eficiência do sistema produtivo e para retardar o processo de degradação da pastagem. Diante do apresentado, objetivou-se verificar qual cultivar de *Urochloa* e *Megathyrus* tem maior elevação do meristema apical.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo agrostológico da Universidade Federal de Rondonópolis-MT, (16°2'43,7" S 54°34'41,8" W, altitude de 284 m), no período de outubro de 2019 até abril de 2020. O clima, conforme classificação de Köppen é Aw, tropical chuvoso com estação seca. O solo dessa região é classificado como Latossolo Vermelho (6).

Foram estudados 10 capins, sendo quatro cultivares de *Urochloa* e seis cultivares de *Megathyrus*. Os cultivares estudados foram: *Urochloa brizantha* (Marandu, Xaraés e Piatã), o híbrido de *U. brizantha* x *U. ruziziensis* (Ipyporã), *Megathyrus maximus* (Zuri, Paredão, Mombaça, Tanzânia-1, Tamani) e o híbrido *Megathyrus maximus* x *Megathyrus infestum* (Massai).

Cada parcela experimental tinha 4 m². Em agosto de 2019 foi realizada amostragem para análise de solo (6) e planejamento da calagem e adubação de manutenção. Em outubro de 2019, as parcelas experimentais foram uniformizadas para atingir a altura pós-desfolha, de acordo com as recomendações específicas para cada tipo de forrageira (7). Além disso, as parcelas foram adubadas conforme a recomendação de adubação (8): não foi necessário aplicar calcário e realizou-se a aplicação de fósforo (P₂O₅) na dose de 40 kg ha⁻¹, na forma de fosfato monoamônio (MAP).

Tabela 1: Composição química e granulométrica do solo

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³				%	g kg ⁻¹			
5,6	3,8	109	3,0	2,2	0,0	1,9	7,3	75	405	165	430

A cada 20 dias, aproximadamente, foi realizada uma coleta de 12 perfilhos de cada gramínea (Figura 1). Por isso, foram realizadas onze coletas ao longo do período experimental. A coleta era realizada rente ao solo e, em seguida, mediu-se a altura do

perfilho. A altura do perfilho era medida da base até a última lígula exposta. A cada coleta selecionava-se perfilhos de diferentes alturas.

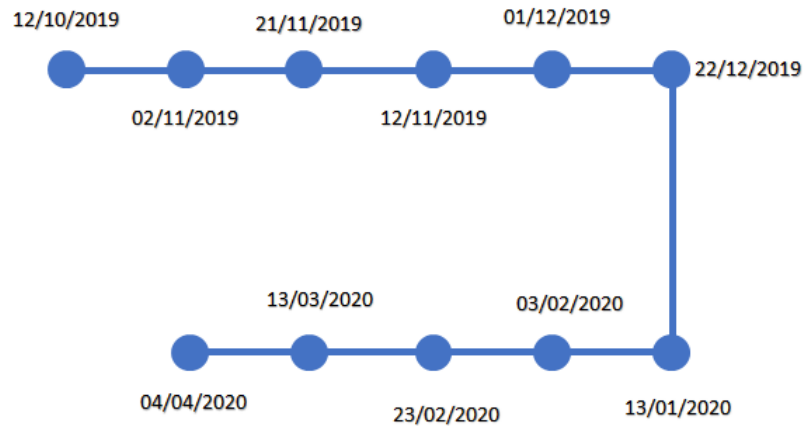


Figura 1: Cronograma de coleta dos perfilhos ao longo do período experimental

Após a coleta dos perfilhos, mensurava-se a altura do meristema apical. Para identificar o meristema apical, realizou-se um corte transversal no colmo da gramínea forrageira utilizando-se uma lâmina metálica (Figura 1). Após o fim das coletas, realizou-se teste F para regressão linear, com intuito de verificar se é possível estimar a altura do meristema apical a partir da altura do perfilho, admitindo-se 5% de probabilidade de erro.

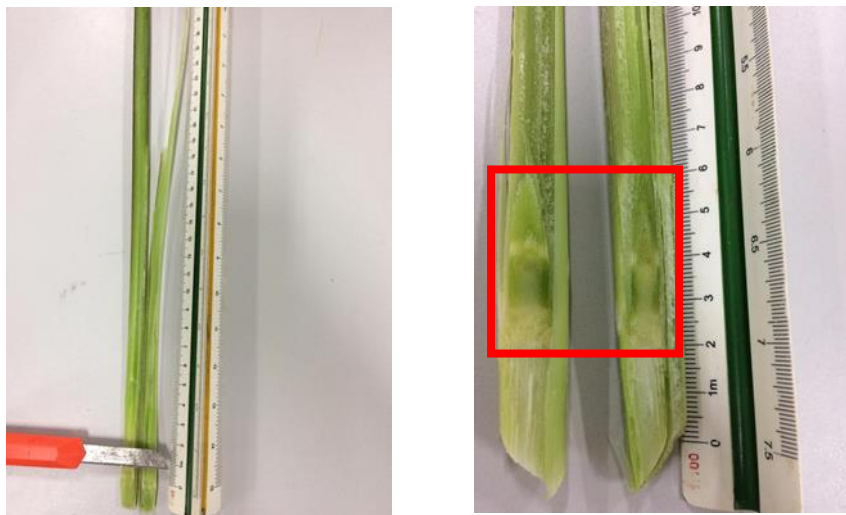
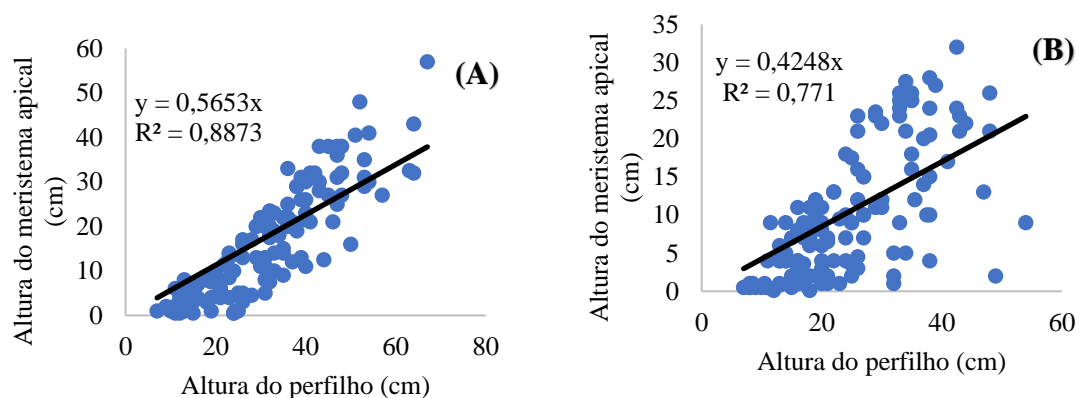


Figura 2: Corte para mensuração da altura do meristema apical

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os capins avaliados, foi identificado um efeito linear significativo ($p < 0,001$) (Tabela 1), o que demonstra que é possível estimar a altura do meristema a partir da altura do perfilho. Resultados semelhantes foram relatados por (9) e (10) ao avaliar níveis de desfolhação e a altura do meristema apical em capins BRS Zuri e BRS Paiaguás, respectivamente. Esses estudos também observaram que a remoção dos meristemas apicais atrasava o restabelecimento da gramínea. Isso destaca a importância de manter o meristema apical em perfilhos de pastos bem manejados, uma vez que sua remoção resulta na eliminação do ponto de crescimento da forrageira e, conseqüentemente na morte de perfilhos.

Dos cultivares de *Urochloa*, os capins que apresentaram maior coeficiente linear foram os capins Marandu (0,5653) e Piatã (0,5721) (Figura 3), o que indica que estes capins têm maior elevação do meristema apical para cada cm de crescimento do perfilho. A rápida elevação do meristema apical é um problema em pastos mal manejados, uma vez que a chance de ocorrer decapitação é maior, o que resulta em lenta rebrota, o que mantém o solo descoberto por mais tempo e pode resultar em aparecimento de plantas invasoras ou em casos de relevo ondulado, maior predisposição à erosão. Para o capim Marandu, a manutenção do pasto por 15 cm por três meses antes do diferimento promove maior número de perfilhos com meristema apical, o que contribui para aumentar o crescimento da planta durante o período de diferimento (11).



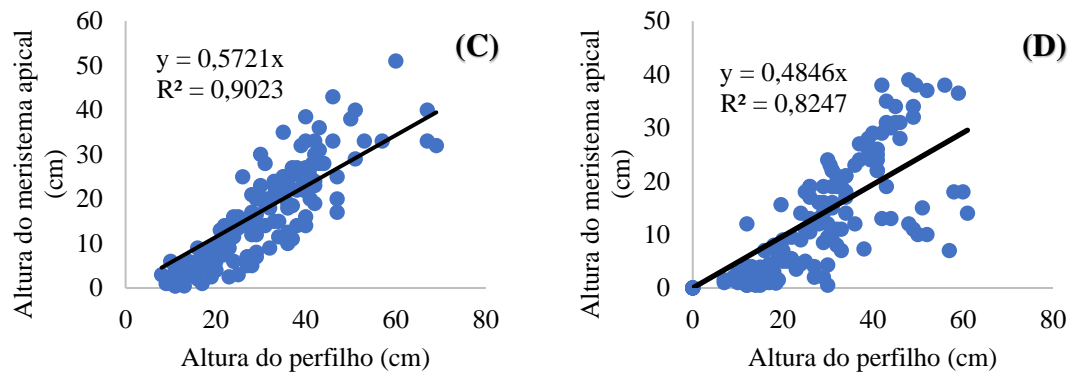


Figura 3: Estimativa da altura do meristema apical a partir da altura do perfilho dos capins Marandu (A), Xaraés (B), Piatã (C) e Ipyporã (D).

Dos cultivares de *Megathyrsus*, o capim Tamani apresentou menor coeficiente angular (0,2809), o que indica menor elevação do meristema à medida que aumenta a altura do perfilho (Figura 4). Dessa forma, o capim Tamani tem menor chance de ter o meristema decapitado em relação aos demais capins. Em contrapartida, o capim Mombaça apresentou maior potencial em elevação do meristema apical. Compreender a altura do meristema apical é de extrema importância para a implementação do manejo adequado do capim. Isso deve ao fato de que, quando ocorre o alongamento do colmo ou quando a planta se aproxima do estágio reprodutivo, há uma elevação do meristema apical. Isso facilitaria sua remoção e, conseqüentemente, modificaria a morfologia da planta ao inibir a dominância apical (12).

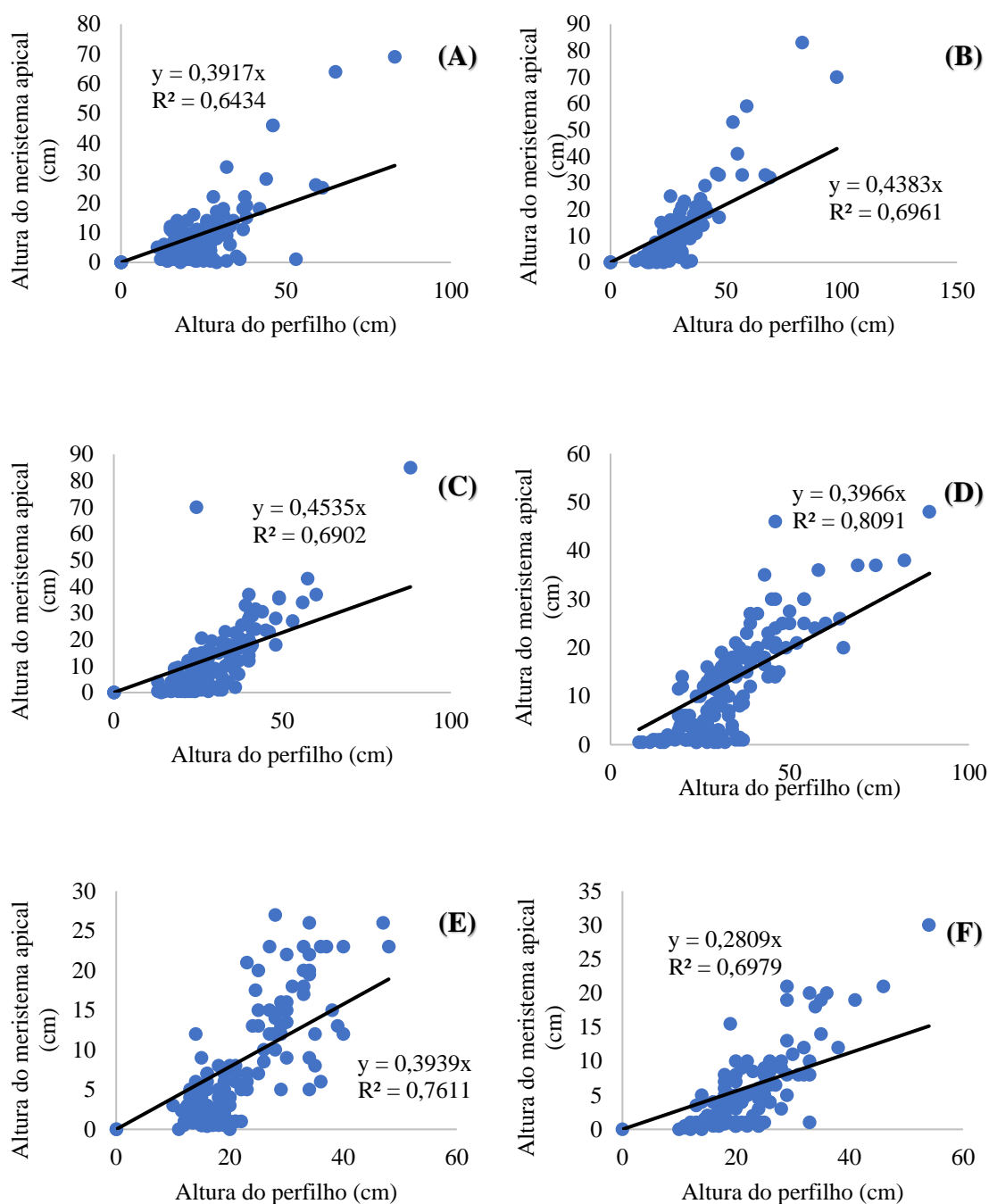


Figura 4: Estimativa da altura do meristema apical a partir da altura do perfilho dos capins Zuri (A), Paredão (B), Mombaça (C), Tanzânia (D), Massai (E), Tamani (F).

Quanto à prática de decapitação, (13) conduziram um estudo comparando duas alturas de manejo, 20 cm e 40 cm, para cultivares (Aruana, Centenário, Colonião, Mombaça, Tanzânia e Tobiata) e acessos (K249 e KK8) de *Panicum maximum*. Eles observaram que ao utilizar uma altura de 20 cm ocorreu a eliminação dos meristemas

apicais, resultando em uma redução do vigor de rebrota do capim. Isso ocorre porque esses meristemas são cruciais na formação de novas folhas. Por sua vez, (14), ao avaliarem o crescimento de gramíneas forrageiras ao longo das estações do ano, observaram que conforme o meristema apical do capim se eleva, ocorre uma diminuição na porcentagem de folhas e aumento na participação de colmo na morfologia da gramínea, o que implica em redução da qualidade do pasto.

CONCLUSÕES

À medida que aumenta a altura do último perfilho expandido ocorre elevação do meristema apical para todos os capins avaliados, sendo que os capins Marandu e Piatã são os cultivares de *Urochloa* que apresentam maior elevação do meristema apical por centímetro de crescimento do perfilho. Quanto ao *Megathyrsus*, observa-se no Mombaça o maior potencial em elevação do meristema apical.

REFERÊNCIAS

1. DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p.
2. ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES, Sumário 2023. Perfil da Pecuária no Brasil – Relatório Anual. Disponível em: < <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023/>>. Acesso em: 15 out de 2023.
3. BOTREL, M. de A. Bases fisiológicas para o manejo de pastagem. Coronel Pacheco: Embrapa Gado de Leite, 1990. 19p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 35).
4. CORRÊIA L. de A.; SANTOS, P. M. Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003.36p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos 34).
5. SIMIONI, T.A., HOFFMAN, A., GOMES, F.J., MOUSQUER, C.J., TEIXEIRA, U.H.G., FERNANDES BOTINI, L.A. & Paula, D.C. 2014. Senescência, remoção, translocação de nutrientes e valor nutritivo em gramíneas tropicais. Pubvet, v.8, n.13, Art. 1743, 2014.
6. SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
7. TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.

- Manual de métodos de análise de solo. 3ª ed. Brasília: EMBRAPA, 2017. 573 p.
8. EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) e *Panicum maximum* Jacq. *Revista Ceres*, v. 61, supl, p. 808-818, 2014.
 9. MARTHA JUNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. de (Ed.). Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 224p.
 10. COSTA, N. L. JANK, L. MAGALHÃES, J. A. RODRIGUES, A. N. A. BENDAHAN, A. B. FOGAÇA, F. H. S. SANTOS, F. J. S. Produtividade de forragem e características morfogênicas e estruturais de *Megathyrsus maximus* cv. Zuri sob níveis de desfolhação. *PUBVET*. v.13, n.3, p.1-7, 2019.
 11. CARVALHO, R. M.; CARVALHO, B. H. R.; FERNANDES, W. B.; ALVES, K. M.; SOUSA, D. O. C.; SILVA, G. F.; SANTOS, M. E. R. Rebaixamento do capim marandu para o diferimento e seus efeitos sobre índice de área foliar e número de meristemas apicais1 *Boletim de Indústria Animal*, v.73, n.3, p.212-219, 2016.
 12. GARCIA C. N.; Estimativa de produtividade, capacidade de suporte e altura de meristema apical dos capins BRS Zuri e BRS Paiaguás. 2019. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, 2019.
 13. CECATO, U., MACHADO, A. O., PEREIRA, L. A. F., BARBOSA, M. A. A. F., SANTOS, G. T. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 29, n. 3, p. 660-668, 2000.
 14. GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T. et al. Avaliação de características e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.4, p.947-954, 2000.

Capítulo 17

DOI: 10.53934/IIICBPAV-17

ÁCIDO ASCÓRBICO NO DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CAPIM-MARANDU SOB ESTRESSE HÍDRICO

Debora Cristina Santos Custodio *; Cleisson Dener da Silva ; Andréia Márcia Santos de Souza David  Eliene Almeida Paraizo ; Edileuza dos Reis Souza Conceição ; Dorismar David Alves ; Geraldo Antônio Alves Rodrigues Júnior 

**Debora Cristina Santos Custodio – Email: deboracristina840@gmail.com*

-  <https://orcid.org/0000-0002-9756-8967>
-  <https://orcid.org/0000-0003-4330-7144>
-  <https://orcid.org/0000-0002-2747-5941>
-  <https://orcid.org/0000-0003-2819-5658>
-  <https://orcid.org/0000-0002-0388-859>
-  <https://orcid.org/0000-0003-4277-1498>
-  <https://orcid.org/0009-0000-8964-554X>

Resumo: A escassez de água é um dos principais fatores que afetam o processo germinativo e desenvolvimento inicial das plântulas, comprometendo o seu desempenho fisiológico. Portanto, a busca por soluções que possam minimizar tais efeitos se revestem de grande relevância para viabilizar o cultivo das espécies. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de ácido ascórbico no desempenho fisiológico de sementes de capim-marandu submetidas a condições hídricas. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3 x 5, com três potenciais osmóticos simulados com PEG 6000 (0; -0,2 e -0,4 MPa) e cinco doses de ácido ascórbico (0; 20; 40; 60 e 80 mM), com quatro repetições. A avaliação do desempenho fisiológico das sementes foi realizada quanto ao comprimento de plântulas, massa fresca e tempo médio de germinação. O desempenho fisiológico de sementes de capim-marandu é prejudicado pela restrição hídrica, causada pelo PEG 6000, verificando-se efeitos negativos desde o potencial osmótico -0,2 MPa e intensificando-se no potencial -0,4 MPa. No entanto, quando as sementes são tratadas com ácido ascórbico em concentrações de 40 a 50 mM, ocorre redução nos danos causados pelo estresse hídrico e proporciona melhorias no desempenho das sementes.

Palavras-chave: déficit hídrico; germinação; *Urochloa brizantha*

Abstract: Water scarcity is one of the main factors that affect the germination process and initial development of seedlings, compromising their physiological performance. Therefore, the search for solutions that can minimize such effects is of great importance to make the cultivation of the species viable. The present work aimed to evaluate the effect of doses of ascorbic acid on the physiological performance of marandu grass seeds

subjected to water conditions. The experiment was conducted in a 3 x 5 factorial scheme, with three osmotic potentials simulated with PEG 6000 (0; -0.2 and -0.4 MPa) and five doses of ascorbic acid (0; 20; 40; 60 and 80 mM), with four repetitions. The evaluation of the physiological performance of the seeds was carried out in terms of seedling length, fresh mass and average germination time. The physiological performance of marandu grass seeds is harmed by water restriction, caused by PEG 6000, with negative effects from the potential osmotic -0.2 MPa and intensifying at potential -0.4 MPa. However, when seeds are treated with ascorbic acid at concentrations of 40 to 50 mM, there is a reduction in damage caused by water stress and provides improvements in seed performance.

Key Word: water deficit; germination; *Urochloa brizantha*

INTRODUÇÃO

O Brasil se sobressai como o principal país no cenário global quando se trata de produção, consumo e exportação de sementes para pastagens. Isso se dá, devido às condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento dessas espécies (1). A utilização da pastagem desempenha um papel fundamental na produção de alimentos, na conservação do solo e na economia global. A gestão adequada das pastagens é essencial para garantir sua sustentabilidade a longo prazo e o bem-estar tanto dos animais quanto do meio ambiente. Atualmente no Brasil, 162,53 milhões de hectares são cobertos por pastagens, principalmente forrageiras tropicais (2).

As pastagens estão comumente presentes no cenário nacional de produção de carne bovina, uma vez que o capim é a principal fonte de alimento para os bovinos criados em sistemas de pastagem. Apesar disso, as áreas de pastagens vêm diminuindo cada vez mais (3), perdendo espaço para a agricultura, obrigando os criadores de gado a melhorarem sua eficiência na utilização de sementes. Uma maneira de se conseguir isso é por meio da escolha de forrageiras que produzam mais e permitam que mais animais sejam mantidos nas áreas, mesmo em situações de estresse.

Estima-se que a cultivar Marandu (*Urochloa brizantha*) é encontrada em aproximadamente 30 milhões de hectares, ocupando cerca de metade de todas as terras destinadas à pastagem na região Centro-Oeste. É a espécie de capim mais comumente empregada nessa área (4).

O déficit hídrico é um dos principais fatores limitantes da germinação, pois para cada espécie existe um valor de potencial hídrico externo abaixo do qual a germinação não ocorre. A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições pode ser a manifestação de seu vigor, dependendo entre outros fatores, das condições ambientais encontradas no local onde foi semeada. Secas periódicas, por exemplo, podem ser encontradas no campo, e a semente deve ser vigorosa para que seja competitiva (5).

Uma maneira de reduzir os efeitos negativos da falta de chuva nas plantações ou diminuir a necessidade de irrigação é a aplicação exógena de ácidos orgânicos indutores como ácido ascórbico, sendo considerado como opções para ajudar a lidar com essas

situações de estresses (6), preservando a qualidade das sementes, evitando assim perdas durante condições de estresse.

O ácido ascórbico tem mostrado ser eficaz na melhoria da capacidade das sementes em resistir às condições adversas no ambiente. Isso ocorre porque esta substância é conhecida por suas propriedades antioxidantes, que se baseia em sua habilidade de fornecer elétrons em várias reações dentro das células, sejam elas enzimáticas ou não enzimáticas (7).

Face às considerações feitas, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a ação do ácido ascórbico sobre o desempenho fisiológico de sementes de capim-marandu submetidas a condições de estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), na cidade de Janaúba, localizada no estado de Minas Gerais. Foram utilizadas sementes de capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu produzidas no município de Campo Grande-MS (safra 2019).

Para avaliação do ácido ascórbico sobre o desempenho fisiológico das sementes submetidas a diferentes condições hídricas, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 5, composto de três potenciais osmóticos (0; -0,2 e -0,4 MPa), e cinco doses de ácido ascórbico exógeno (0; 20; 40; 60 e 80 mM), com quatro repetições de 50 sementes por tratamento.

Para o tratamento das sementes, foi utilizado o ácido ascórbico L (+) P.A. ACS ($C_6H_8O_6$) com pureza analítica $\geq 99\%$. As sementes foram colocadas para embeber nas diferentes doses de ácido ascórbico, durante um tempo de 12 horas à temperatura de 25 °C, envolvendo os recipientes em papel alumínio com o intuito de evitar a degradação com o contato da luz. Logo após a embebição, as sementes foram secas em condições ambientais de laboratório até atingir o seu teor de água inicial para posterior montagem dos testes em diferentes condições hídricas.

As condições hídricas foram obtidas por meio do umedecimento do substrato com soluções de PEG 6000 em diferentes níveis de potenciais osmóticos. A quantidade de PEG 6000 a ser adicionada para obtenção de cada tensão de água foi determinada através da equação proposta por Michel e Kaufmann (8), correspondendo a 9,59 e 13,93 g, para os potenciais -0,2 e -0,4 MPa, respectivamente, cujas quantidades foram diluídas separadamente em 70 mL de água destilada. Já o potencial 0 MPa (controle) consistiu apenas de água destilada.

As sementes foram semeadas em caixas plásticas do tipo gerbox, contendo como substrato papel Germitest[®], umedecido com as soluções de PEG 6000 em quantidade (mL) equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As caixas contendo as sementes foram acondicionadas em germinadores digitais previamente regulados às temperaturas alternadas de 20-35 °C (9). Foi avaliado o tempo médio de germinação (TMG) através da contabilização diária do número de plântulas normais obtidas até o décimo sétimo dia

após a semeadura e calculado através da fórmula proposta por Labouriau (10), cujos resultados foram expressos em dias após a semeadura.

No décimo sétimo dia, foi avaliado o comprimento de plântulas, por meio da medição (extremidade da raiz até o ápice da parte aérea) de 10 plântulas consideradas normais, em cada repetição, com o auxílio de uma régua graduada e os resultados foram expressos em milímetros/plântula.

Posteriormente, as plântulas normais, obtidas em cada repetição, foram pesadas em balança analítica de precisão (0,0001 g) para obtenção da massa fresca, sendo os resultados expressos em miligramas/plântula.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (5%), sendo as médias dos potenciais osmóticos testados pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade e as doses de ácido ascórbico pela análise de regressão. As estimativas dos parâmetros da regressão foram avaliadas pelo teste “t” a 5% de probabilidade. Além da significância, foram escolhidos os modelos de maior grau com comportamento biológico para explicar o fenômeno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos, foi possível constatar interação significativa entre os potenciais osmóticos simulados com soluções aquosas de PEG 6000 e doses de ácido ascórbico para todas as variáveis estudadas, procedendo-se assim, ao desdobramento dos fatores.

O tempo médio de germinação não foi influenciado pelos potenciais osmóticos simulados com PEG 6000 nas doses 20 e 60 mM de ácido ascórbico (Tabela 1). Observa-se que os valores do tempo médio de germinação no tratamento controle (0mM) para o potencial osmótico -0,4 MPa, foram nulos, já que não houve germinação de sementes. Entre os potenciais 0 e -0,2 MPa não houve diferença estatística. Para a dose de 40 mM de ácido ascórbico, observa-se que as sementes submetidas ao potencial osmótico -0,4 MPa apresentaram valores superiores no tempo médio de germinação. Já na dose de 80 mM o potencial osmótico -0,2 MPa retardou a germinação das sementes, acarretando num maior tempo médio de germinação, não diferindo estatisticamente do potencial -0,4 MPa, que por sua vez não diferiu do tratamento controle (0 MPa).

Tabela 1 – Tempo médio de germinação (dias) de sementes de capim-marandu submetidas a diferentes potenciais osmóticos e aplicação exógena de doses de ácido ascórbico.

Potenciais osmóticos (MPa)	Doses de ácido ascórbico (mM)				
	0	20	40	60	80
0	5,5 A	3,6 A	3,5 B	3,5 A	3,7 B
-0,2	6,0 A	5,2 A	4,1 B	5,2 A	5,7 A
-0,4	0,0 B	5,3 A	6,3 A	4,0 A	4,1 AB
CV (%)	27,28				

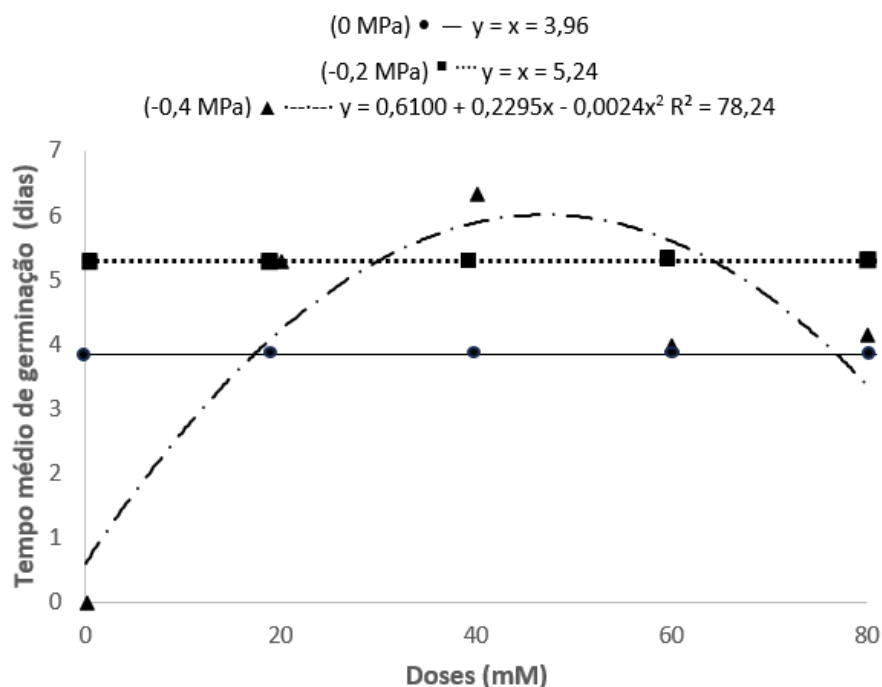
Coluna com as mesmas letras, para cada dose, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

O estresse hídrico causado pelo PEG 6000 dificultou a hidratação das sementes e, conseqüentemente, a manifestação das atividades metabólicas responsáveis pelos eventos da germinação. Por esse motivo as sementes submetidas ao potencial osmótico -0,4 demoraram mais tempo para germinar em relação ao demais tratamentos. Esses resultados demonstram que as sementes de capim-marandu são particularmente suscetíveis à falta de água durante o início do processo de formação da pastagem.

Com o aumento do estresse hídrico provocado pelos potenciais osmóticos, ocorre a redução do gradiente entre a semente e o substrato, diminuindo a absorção de água, aumentando assim o tempo que a semente necessita para atingir o nível crítico de água para o processo germinativo (11).

Em relação ao ácido ascórbico, constatou-se influência significativa das doses estudadas sobre o tempo médio de germinação apenas em sementes expostas ao potencial osmótico -0,4 MPa, onde os resultados se ajustaram a um modelo de regressão de comportamento quadrático (Figura 1). Nos potenciais 0 e -0,2 MPa não houve efeito das doses de ácido ascórbico estudadas, no tempo médio de germinação obtendo valores médios de 3,96 e 5,24 dias, respectivamente.

Figura 1 – Tempo médio de germinação de sementes de capim-marandu, submetidas a diferentes potenciais osmóticos e aplicação exógena de doses de ácido ascórbico.



Fonte: Os autores.

Para o potencial osmótico -0,4 MPa observa-se crescentes tempos médios de germinação até a dose de 47,81mM, na qual foi obtido o maior tempo médio (6,1), sendo que à medida que se aumentou as doses de ácido ascórbico até a dose 80, houve reduções

de 32,78% no tempo médio de germinação, indicando que as sementes germinaram mais rapidamente e de maneira uniforme, sendo, portanto, mais vigorosas.

O aumento na quantidade de sais no substrato acarreta uma redução no potencial de água disponível, o que resulta em uma menor capacidade das sementes em absorver água. Isso, por sua vez, influencia na capacidade germinativa e no desenvolvimento inicial das plântulas. Entretanto, ao realizar o tratamento das sementes com ácido ascórbico pode-se perceber que mesmo na maior concentração do PEG 6000 (-0,4 MPa) se obteve um menor tempo médio de germinação (Figura 1), constatando assim que o ácido ascórbico é eficiente em favorecer o desempenho fisiológico das sementes, mesmo em situação de estresse hídrico. Resultados positivos relacionados ao tempo médio de germinação, em função do ácido ascórbico, podem ser explicados pelo processo de redirecionamento das substâncias de reserva para o embrião, promovendo a síntese de enzimas envolvidas na germinação (12).

Analisando a variável comprimento das plântulas (Tabela 2), verifica-se que em todas as doses de ácido ascórbico, as maiores e menores médias de comprimento de plântulas foram obtidas no tratamento controle (0 MPa) e pela exposição das sementes ao potencial osmótico -0,4 MPa, respectivamente. Valores intermediários foram encontrados no potencial -0,2 MPa, sendo que na dose de 40 mM os potenciais osmóticos -0,2 e -0,4 MPa promoveram resultados estatisticamente semelhantes. Esses resultados mostram que o PEG 6000 promoveu estresse hídrico independente da dose de ácido ascórbico, dificultando a hidratação das sementes e conseqüentemente o crescimento das plântulas. As moléculas do polímero PEG 6000 são grandes e por isso não passam facilmente pela parede celular, reduzindo drasticamente a absorção de água pela semente (13).

Tabela 2 – Comprimento de plântulas (mm) de capim-marandu submetidas a diferentes potenciais osmóticos e aplicação exógena de doses de ácido ascórbico.

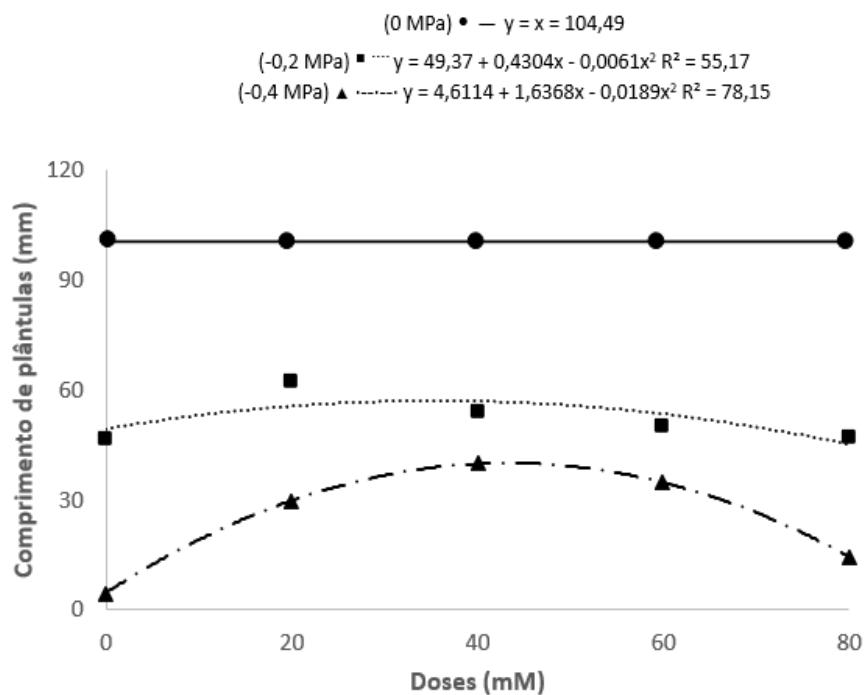
Potenciais osmóticos (MPa)	Doses do ácido ascórbico (mM)				
	0	20	40	60	80
0	104,17 A	105,56 A	108,17 A	105,34 A	99,21 A
-0,2	46,42 B	62,30 B	54,32 B	50,11 B	47,16 B
-0,4	0,00 C	38,49 C	41,32 B	23,95 C	19,56 C
CV (%)	12,91				

Coluna com as mesmas letras, para cada dose, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A disponibilidade hídrica influencia diretamente o desenvolvimento inicial de plântulas, uma vez que a ela é essencial para início das reações enzimáticas, solubilização e transporte de metabólitos (14). A exposição ao estresse causada pela falta de água resulta na redução do nível de água dentro das células, levando a uma diminuição da pressão de turgor. Isso, por sua vez, tem um impacto negativo na expansão e no crescimento das células, bem como nas atividades metabólicas, no desenvolvimento e no estabelecimento das plântulas, causando uma redução no comprimento das mesmas (15).

Para o tratamento controle (0 MPa) não houve efeito significativo entre as doses de ácido ascórbico sobre o comprimento de plântulas, obtendo-se comprimentos médios de 104,49 mm. Entretanto, verificou-se efeito das doses de ácido ascórbico para os potenciais osmóticos -0,2 e -0,4 MPa, evidenciando-se comportamento quadrático (Figura 2).

Figura 2 – Comprimento de plântulas oriundas de sementes de capim-marandu, submetidas a diferentes potenciais osmóticos e aplicação exógena de doses de ácido ascórbico.



Fonte: Os autores.

Para o potencial -0,2 MPa, a dose de 35,28 mM de ácido ascórbico possibilitou maiores comprimentos de plântulas (56,96 mm). Já no potencial -0,4 MPa, maiores comprimentos (40,04mm) foram obtidos na dose de 43,30 mM. Assim sendo, o ácido ascórbico mostra-se como uma alternativa promissora para maximizar o crescimento de plântulas de capim-marandu em condições de restrição hídrica.

Em contrapartida, após a obtenção do máximo comprimento, houve reduções de 17,13 e 51,05% na dose de 80 mM, nos potenciais -0,2 e -0,4 MPa, respectivamente (Figura 2), ressaltando a importância da dose correta a ser aplicada, uma vez que quantidades excessivas podem ter um efeito prejudicial tanto no crescimento das plântulas, quanto nas demais variáveis analisadas.

Plântulas com maior comprimento (parte aérea e sistema radicular) são capazes de se desenvolver melhor no campo, absorvendo mais nutrientes e água do solo e diminuindo a competição com plantas daninhas (16). Mesmo não sendo obrigatório para comercialização, o teste de comprimento de plântulas das sementes, é um fator de grande

interesse, pois permite antecipar resultados da cultura, quanto a emergência, e acúmulo de matéria seca, interferindo diretamente no rendimento (17).

Analisando a massa fresca de plântulas (Tabela 3), verifica-se que houve diferença estatística apenas no tratamento controle (0 mM), com resultados inferiores no potencial osmótico -0,4 MPa. Nas demais doses de ácido ascórbico não houve diferença estatística, quanto aos potenciais osmóticos estudados. A partir disso, pode-se constatar que todas as doses de ácido ascórbico foram eficientes para inibir o estresse hídrico causado pelo PEG 6000 no acúmulo de massa fresca das plântulas de capim-marandu.

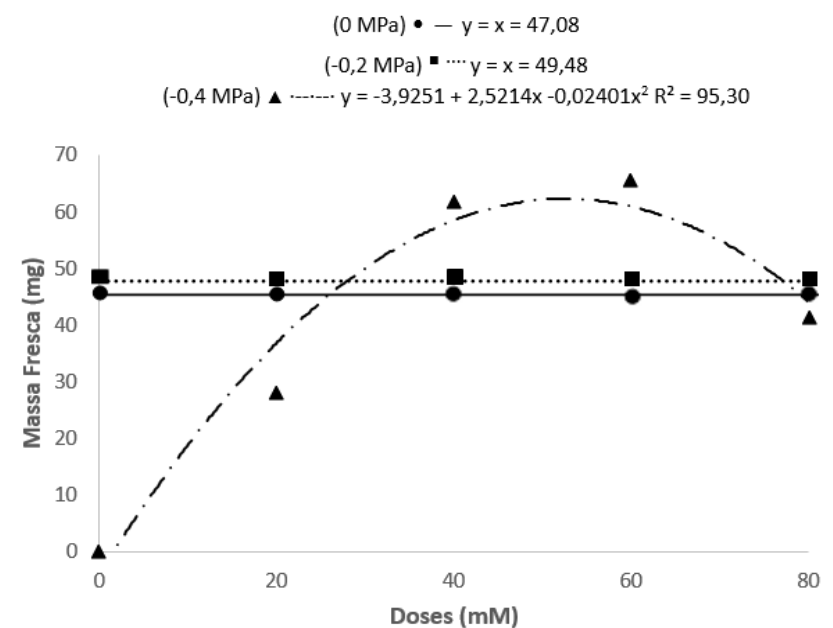
Tabela 3 – Massa fresca de plântulas de capim-marandu submetidas a diferentes potenciais osmóticos e aplicação exógena de doses de ácido ascórbico.

Potenciais osmóticos (MPa)	Doses de ácido ascórbico (mM)				
	0	20	40	60	80
0	37,2 A	52,6 A	44,2 A	47,8 A	53,6 A
-0,2	33,6 A	46,9 A	55,1 A	56,8 A	55,0 A
-0,4	0 B	28,0 A	61,7 A	65,6 A	41,3 A
CV (%)	32,79				

Coluna com as mesmas letras, para cada dose, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Por outro lado, as doses de ácido ascórbico influenciaram a massa fresca de plântulas apenas quando submetidas ao potencial de -0,4 MPa, onde os resultados se ajustaram a um modelo de regressão de comportamento quadrático (Figura 3).

Figura 3 – Massa fresca de plântulas oriundas de sementes de capim-marandu, submetidas a diferentes potenciais osmóticos e aplicação exógena de doses de ácido ascórbico.



Fonte: Os autores.

À medida que se elevou a dose de ácido ascórbico, houve aumento no acúmulo de massa fresca das plântulas até a dose de 52,5mM, onde foi verificado o ponto de máximo acúmulo (62,27mm), o que representou um incremento de 100% em relação ao tratamento controle (0 mM), evidenciando a atuação do ácido ascórbico como moderador do estresse hídrico (Figura 3). Contudo, foi verificado reduções na massa fresca das plântulas em doses superiores a 52,5 mM, denotando a importância em determinar a dosagem adequada, uma vez que doses excessivas podem produzir efeito adverso na germinação de sementes e no desenvolvimento de plântulas, conforme relatado anteriormente.

O ácido ascórbico é um dos antioxidantes não enzimáticos que atuam em circunstâncias de estresse, conferindo proteção contra os efeitos danosos imposto por espécies reativas de oxigênio (18), conseqüentemente, promovendo maior tolerância ao estresse.

CONCLUSÕES

O desempenho fisiológico de sementes de capim-marandu é prejudicado pela restrição hídrica, causada pelo PEG 6000, verificando-se efeitos negativos desde o potencial osmótico -0,2 MPa e intensificando-se no potencial -0,4 MPa. No entanto, quando as sementes são tratadas com ácido ascórbico em concentrações de 40 a 50 mM, ocorre redução nos danos causados pelo estresse hídrico e proporciona melhorias no desempenho das sementes.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e à Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Abrasem. Anuário 2018: semente é tecnologia; 2018.
2. Abiec. Beefreport: perfil da pecuária no Brasil – Relatório Anual 2020.
3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A evolução da área de pastagem no Brasil.
4. Macedo MCM. Pastagens no ecossistema cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005. Goiânia. Anais... Goiânia: SBZ. 2005.
5. Marcos Filho J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ; 2005.
6. Mccue P, Zheng Z, Pinkham J, Shetty K. A model for enhanced pea seedling vigour following low pH and salicylic acid treatments. Process Biochemistry. 2000; 35(6):603-13.

7. Gill SS, Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2010; 48(12):909–30.
8. Michel BE, Kaufmann MR. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*. 1973; 51(6):914-6.
9. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS. 2009; 399.
10. Labouriau LG. A germinação das sementes. Washington: Secretaria Geral da organização dos Estados Americanos. 1983.
11. Bewley JD, Bradford KJ, Hilhorst HWM, Nonogaki H. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*, 3 ed; 2013.
12. Tommasi F. et al. A comparative study of glutathione and ascorbate metabolism during germination of *Pinus pinea* L. seeds. *Journal of Experimental Botany*. 2001; 52(361):1647-54.
13. Cavallaro V. et al. Evaluation of variability to drought and saline stress through the germination of different ecotypes of carob (*Ceratonia siliqua* L.) using a hydrotime model. *Ecological Engineering*, Oxford. 2016; 95:557-66.
14. Marcos Filho J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2. ed. Londrina: ABRATES; 2015. 660.
15. Viçosi KA. et al. Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja. *Revista de Agricultura Neotropical*. 2017; 4(1):36-42.
16. TAIZ, L. et al. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed; 2017.
17. Araujo LLP, Anjos DN, Mendes HTA, Araujo LLP. Qualidade fisiológica das sementes de duas cultivares de soja em diferentes épocas de colheita. *Revista PesquisAgro, Confresa (MT)*. 2022;6(2):23-33.
18. Alak MK, Al-sabagh TMHB. Role of soaking seeds with cobalt and ascorbic acid in alleviation of mung bean under water stress effect. *Plant Archives*. 2020; 20(1):253-9.

Capítulo 18

DOI: 10.53934/IIICBPAV-18

O AGRONEGÓCIO DO MILHO NO BRASIL: AVANÇOS E PERSPECTIVAS

Ana Clara Rocha Moreira *; Elaine Cristina Monteiro Araújo ; Hugo Tiago Ribeiro Amaro ; Edson Marcos Viana Porto ; Cristiane Alves Fogaça ; Andréia Márcia Santos de Souza David ; Henrique Marlon Ferreira Fernandes 

*Ana Clara Rocha Moreira – anaclaramav61@gmail.com

-  <https://orcid.org/0009-0009-1992-3714>
-  <https://orcid.org/>
-  <https://orcid.org/0000-0001-9142-4244>
-  <https://orcid.org/0000-0002-4667-0967>
-  <https://orcid.org/0000-0002-5880-0858>
-  <https://orcid.org/0000-0002-2747-5941>
-  <https://orcid.org/0009-0001-8858-7509>

RESUMO: Cultivado por pequenos, médios e grandes produtores em diversificados sistemas de produção, o milho constitui importante cultura do agronegócio brasileiro. O milho é um dos principais cereais cultivados no mundo, fornecendo matéria-prima para diversos setores da sociedade, com produtos utilizados na alimentação humana, animal e em outros segmentos da indústria. O objetivo do presente trabalho foi analisar o agronegócio do milho no Brasil, observando os avanços e oportunidades para a cultura do milho. Para responder ao objetivo do presente trabalho, foi realizada a revisão de literatura em materiais especializados sobre o tema. A cultura passou por avanços tecnológicos em seu sistema de produção, como a utilização de sementes certificadas para estabelecimento da lavoura, a oferta de genótipos mais produtivos e adaptados às diversas condições brasileiras, a adoção do manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas e, mais recentemente, o uso da tecnologia e ferramentas da agricultura de precisão nas áreas de produção. A produção sustentável também é verificada na produção de milho, sendo que em grande parte das áreas o plantio direto já é realidade. A agricultura é uma atividade em constante evolução, visando atender às demandas da sociedade. Nesse sentido, novos estudos sobre a cultura do milho são importantes, objetivando melhorar sua produtividade e oferecer outras opções para a abertura de novos nichos de mercado, como a produção de etanol à base de milho.

Palavras-chave: inovações; produção de grãos; sistemas de produção; *Zea mays* L.

ABSTRACT: Grown by small, medium and large producers in diversified production systems, corn is an important crop in Brazilian agribusiness. Corn is one of the main cereals grown in the world, providing raw material for various sectors of society, with products used in human and animal food and in other segments of the industry. The objective of the present work was to analyze the corn agribusiness in Brazil, observing the advances and opportunities for corn cultivation. In order to respond to the objective of the present work, a literature review was carried out in specialized materials on the subject. The crop has undergone technological advances in its production system, such as the use of certified seeds to establish the crop, the offer of more productive genotypes adapted to the different Brazilian conditions, the adoption of integrated pest, disease and weed management, and, more recently, the use of precision agriculture technology and tools in production areas. Sustainable production is also verified in corn production, and in most areas no-till is already a reality. Agriculture is an activity in constant evolution, aiming to meet the demands of society. In this sense, new studies on corn cultivation are important, aiming to improve its productivity and offer other options for opening new market niches, such as the production of corn-based ethanol.

Key Word: grain production; innovations; production systems; *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

Espécie pertencente à família Poaceae, o milho (*Zea mays* L.) representa um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matéria-prima para indústria, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas energéticas acumuladas nos grãos (1, 2).

Além da importância econômica da cultura do milho, há também contribuição social da espécie, principalmente em determinadas regiões do Brasil, nos países Andinos e no México. No caso da agricultura familiar, o milho é de grande importância na subsistência das pessoas, por ser de alto valor energético e ser utilizado diretamente para consumo humano na forma de milho cozido e outros produtos dele derivados. Em adição, esse importante cereal é utilizado na alimentação de animais (3).

O Brasil figura como grande produtor mundial de milho, sendo esta uma das espécies agrícolas de maior importância, tanto em relação à área cultivada quanto à produção. Dentre as culturas produtoras de grãos, o cultivo de milho só é superado pelo complexo da soja em relação à área cultivada (3). Para a safra 2021/22, a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) prevê uma produção total de 115,6 milhões de toneladas de milho, em uma área de 21.665,8 mil ha e produtividade média das lavouras estimada em 5.338 kg ha⁻¹.

No Brasil, o milho é cultivado em diversos sistemas de produção, em pequenas, médias e grandes propriedades, refletindo na expansão do agronegócio como cultura

fornecedora de matéria-prima para diversos setores da agropecuária. Nesse sentido, a produção e mercado do milho devem ser observados sob a ótica das cadeias produtivas ou dos sistemas agroindustriais (SAG), uma vez que o milho é insumo para produção de uma centena de produtos. Na cadeia produtiva de suínos e aves são consumidos cerca de 70% do milho produzido no mundo e 70-80% do milho consumido no Brasil (4).

O cultivo do milho, nos últimos anos, tem passado por transformações em seu sistema de produção, com impactos e ganhos em produtividade e qualidade do produto. Segundo Miranda *et al.* (5), na agricultura empresarial, nas áreas de produção são utilizadas técnicas que visavam obter produtividades superiores a 6 t ha⁻¹.

Algumas práticas de manejo evoluíram e são utilizadas nas áreas de produção, tais como a mecanização de todas as operações, controle de plantas daninhas são dessecadas antes da semeadura, o plantio direto ou convencional é realizado com sementes tratadas, uso de híbridos simples e triplos, manejo correto da adubação com adubos formulados concentrados, manejo fitossanitário realizado de acordo com a necessidade da cultura, a comercialização sendo realizada por meio de cooperativas (5), utilizando o conhecimento e informações disponíveis sobre a cultura em uma agricultura cada vez mais tecnificada e sustentável, atenta às demandas atuais.

Diante dessas considerações, o objetivo deste trabalho foi, por meio de consulta bibliográfica, abordar os principais aspectos do agronegócio do milho no Brasil, analisando os avanços e perspectivas no manejo e mercado da cultura no Brasil. Para a composição do trabalho, realizou uma revisão bibliográfica baseada em livros, artigos científicos, em dados disponibilizados em órgãos oficiais e sites especializados sobre o assunto.

1. IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CULTURA DO MILHO

Espécie pertencente à família Poaceae, o milho representa um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matéria-prima para indústria, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas energéticas acumuladas nos grãos (1,2).

O milho é explorado desde os primórdios da agricultura, com registros de que sua domesticação teve início há mais de 10.000 anos, tendo sido o principal cultivo de importantes civilizações como as dos astecas, maias e incas (6). No processo de domesticação, plantas cultivadas, antes consideradas selvagens, passaram a ter grande dependência do cuidado humano, a começar pelo preparo do solo, controle e competição com outras plantas, semeadura em épocas mais favoráveis, proteção das plantas durante o crescimento, etc. Tais operações têm grande influência no processo seletivo realizado pelos agricultores (7).

O milho é uma das culturas predominantes no mercado agrícola no mundo, juntamente com o arroz, o trigo e a soja. O crescimento da produção é resultado do mercado, proporcionado pelas diversas formas de uso do milho, tanto como alimento

humano, como na alimentação animal. Esta característica torna o milho um produto estratégico para os países onde é cultivado. Embora em países mais desenvolvidos o milho seja destinado principalmente à alimentação animal, ainda é um importante componente da alimentação da população de muitos países, principalmente da África e da América Central (8).

Na Tabela 1 verifica-se a composição química do grão maduro do milho. No milho comum, o principal componente do grão é o endosperma, com elevado teor de amido, classificando essa espécie como cereal (3).

Tabela 1. Composição química média do grão maduro de milho e de seus componentes.

Fração	Componentes (%)					
	Grão	Amido	Proteína	Lipídeos	Açúcares	Cinza
Grão inteiro	100,0	73,5	9,0	4,3	1,9	1,5
Endosperma	82,6	87,6	7,9	0,83	0,62	0,33
Embrião	11,1	8,0	18,3	33,5	10,5	10,6
Pericarpo	5,4	7,2	3,6	1,03	0,36	0,85
Ponta	0,8	5,3	9,1	3,8	1,61	1,59

Fonte: (9)

Conhecer a composição química das sementes é de grande importância para estabelecimento de diretrizes visando seu uso como fontes de alimentos para homens e animais; bem como proporcionar matérias-primas de ampla aplicação industrial. Em adição, percebe-se crescimento da atenção dirigida à obtenção de produtos essenciais à manutenção da qualidade de vida, como vários medicamentos, bebidas e produtos de uso diário (higiene pessoal, condimentos), etc., (10).

Tais considerações são confirmadas verificando a diversidade de setores que utilizam o milho como matéria-prima, refletindo a importância estratégica da cadeia produtiva da cultura no Brasil (Tabela 2). Embora a principal utilização do milho seja como fonte de energia do amido oriundo dos grãos, o milho também pode ser empregado em diferentes segmentos e produtos, tendo mais de 3.500 formas de uso direto e indireto. Na alimentação humana, aproximadamente 15% da produção mundial são utilizadas diretamente, mas como são consumidos também diversos outros produtos utilizando o milho, essa cultura é considerada indispensável para a humanidade (3).

Tabela 2. Exemplos de produtos obtidos direta ou indiretamente do milho.

Produto	Produto
Acetato de cálcio e magnésio	Grits
Adesivos (colas, pastas, mucilagens, gomas, etc)	Herbicida natural
Álcoois etílico e butílico	Inseticidas
Alimentos para bebê	Iogurtes

Alimentos congelados	Ketchup
Alumínio	Lápis de cor e de cera
Amido e glucose (mais de 40 tipos)	Licorice
Antibióticos (penicilina)	Maioneses
Asbestos para materiais de condicionamento térmico	Manteiga de amendoim
Aspirina e outros medicamentos	Manufatura de papéis
Automóveis (volante, estofamento, cabeça de cilindro, pneus, acabamento de borrachas sintéticas)	Margarinas
Balas e confeitos	Molhos para saladas
Batatas chips	Mostarda preparada
Baterias para veículos	Óleo comestível
Bebidas gasosas	Pães e biscoitos
Cafés e chás instantâneos	Papéis de parede
Carpetes, tapetes	Papéis e papelões (corrugado e laminados)
Carreadores de cor em papéis, tecidos e tinta para impressão	Pasta de dente
Cereais matinais	Pigmentos
Cerveja	Plásticos degradáveis
Chiclete de goma	Polidor para sapatos
Coberturas em madeira, papel e metal	Pós para sobremesas
Combustível (etanol)	Produtos de chocolates
Copos e pratos de papel	Produtos farmacêuticos
Cosméticos	Produtos maltados
Couro acabado	Queijos ou requeijões cremosos
Cremes de barbear	Ração animal e alimentos para animais de estimação
Dextrose (usada desde soluções intravenosas a coberturas para bolos)	Refrigerantes
Escurecedor de couro	Suplemento para alimentação animal (vitaminas e aminoácidos)
Explosivos (fogos de artifício)	Salgadinhos tipo chips, tortilhas e outros
Farinhas ou fubás de milho	Tacos e tortilhas
Fibra de vidro	Tecidos e gomas
Filmes fotográficos	Tinta látex
Fraldas descartáveis	Tinta para máquinas de etiquetas de preços
Frutose seca e xaropes (usados em refrigerantes, misturas alimentícias, etc)	Vegetais enlatados
Geleias e doces em conservas	Whisky
Giz para quadro negro	Xaropes

Fonte: (11)

Ao contrário de muitos outros grãos de cereais, a farinha de milho não contém glúten e não pode ser usada sozinha para fazer pães. É amplamente utilizado, no entanto, na culinária latino-americana para fazer massa, um tipo de massa usada em alimentos

básicos como tortilhas. Nos Estados Unidos e em muitos outros lugares, o milho doce é cozido ou assado na espiga, cremoso, convertido em canjica (miolo descascado) ou refeição, e cozidos em pudins de milho, mingau, polenta, bolos de chapa, pão de milho. Também é usado para pipoca, confeitos e várias preparações de cereais matinais. O óleo de milho, valorizado por seu sabor suave e cor clara, é usado principalmente para alimentos (12).

Ainda segundo o autor, além de seus usos comestíveis, o óleo de milho foi incorporado em sabonetes, tintas e tintas. Também tem sido utilizado na produção de certos inseticidas e com já dito na fabricação de biodiesel. Os talos de milho são transformados em papel e papelão; cascas são usadas como material de enchimento; as espigas são usadas diretamente como combustível, para fazer carvão e na preparação de solventes industriais.

No Brasil, o milho é cultivado em diversos sistemas de produção, em pequenas, médias e grandes propriedades, refletindo na expansão do agronegócio do milho como cultura fornecedora de matéria-prima para diversos setores da agropecuária. Nesse sentido, a produção e mercado do milho devem ser observados sob a ótica das cadeias produtivas ou dos sistemas agroindustriais (SAG), uma vez que o milho é insumo para produção de uma centena de produtos. Na cadeia produtiva de suínos e aves são consumidos cerca de 70% do milho produzido no mundo e 70 – 80% do milho consumido no Brasil (3).

A principal utilização do milho é como constituinte de rações para nutrição de animais, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3. Oferta e demanda de milho no Brasil (milhão t).

Segmento	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
Estoque inicial	6,7	14,6	13,4	10,5	10,7
Produção					
Total	100,0	82,5	101,3	103,2	86,3
Importação	1,0	0,9	1,6	1,5	3,5
Consumo de substitutos	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0
Oferta total	108,4	98,3	116,3	115,2	100,5
Consumo animal	48,7	47,2	48,7	50,8	52,1
Consumo industrial	6,3	6,4	7,9	10,6	12,8
Consumo humano	1,9	1,9	1,9	2,0	1,8
Outros usos	3,9	3,5	4,0	4,1	3,9
Perdas	1,8	1,7	1,7	1,7	1,4
Sementes	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6
Exportação	30,8	23,8	41,0	34,7	21,0
Demanda total	93,8	84,9	105,8	104,5	93,6
Estoque final	14,6	13,4	10,5	10,7	6,9

Fonte: (13)

Sendo o milho um produto estratégico para diversos setores da economia, deve-se observar que, à medida que a renda e a urbanização da população crescem, o consumo de produtos de origem animal aumenta em proporção maior do que a de produtos como o arroz e trigo. Nesse sentido, espera-se a transição gradual do uso do milho na alimentação humana para outras formas de uso (10), como reflexos na oferta e demanda do produto.

Em suas considerações, os mesmos autores mencionaram que o processo crescente de urbanização deslocou o consumo para as cidades, criando a necessidade do estabelecimento de novas formas de produção para atender o abastecimento urbano. As cidades foram, no início, abastecidas por eventuais excedentes de produção das fazendas que, de maneira gradual, foram substituídos pelo produto oriundo de formas especializadas de produção. Esse movimento ocorreu tanto em respeito à transformação industrial do milho, quanto à criação de animais confinados (para produção de carne de aves, de suínos, produção de ovos e, recentemente, confinamento de bovinos). Nesse sentido, o desenvolvimento acelerado das atividades de alimentação animal evidenciou essas atividades como o destino principal da produção de milho, como observado na Tabela 3.

O agronegócio do milho no Brasil apresenta resultados satisfatórios, como os observados nos dados apresentados, cujos dados refletem a grande demanda interna e externa pelo cereal. Tais resultados evidenciam a profissionalização do setor. A cultura do milho apresenta grande capacidade de atender diversos setores da economia, com produção competitiva e ajustada aos diferentes sistemas de produção.

2. AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA PRODUÇÃO DE MILHO NO BRASIL

O cultivo do milho, nos últimos anos, tem passado por transformações em seu sistema de produção, com impactos e ganhos em produtividade e qualidade do produto. Segundo Miranda *et al.* (6), na agricultura empresarial, nas áreas de produção são utilizadas técnicas que visam obter produtividades superiores a 6 t ha^{-1} . Mesmo contando com as modernas técnicas de cultivo e manejo mais efetivo da cultura, esse valor ainda não foi superado, pois, de acordo com a Conab, a produtividade média de milho no Brasil foi de $4.366 \text{ kg/ ha}^{-1}$ na safra 2020/2021.

Durante o período de evolução da cultura, o homem selecionou caracteres da planta de milho que atendiam às suas necessidades (3), com impactos no manejo da cultura no ambiente de produção.

A evolução e ajustes verificados nos sistemas de produção de milho no Brasil comprovam a profissionalização dos produtores. Essas mudanças, em conjunto com a atuação de técnicos, consultores e extensionistas de instituições públicas e privadas, além da maior disponibilidade de informações especializadas, têm levado o produtor a cada

vez mais se profissionalizar no setor do agronegócio (14). A atuação das instituições de pesquisa também merece destaque; observando as demandas dos produtores, viabilizando técnicas de manejo cada vez mais adaptadas e competitivas às novas formas de produção.

Além disso, várias tecnologias ligadas à cultura foram adotadas, ou ainda estão sendo implementadas no setor agrícola brasileiro. Segundo Pereira Filho (14), destacam-se:

A) Utilização de cultivares de alto potencial genético (híbridos simples e triplos) e de cultivares não transgênicas e transgênicas com resistência a lagartas e ao uso do herbicida glifosato.

B) Ajustes na densidade de semeadura, com espaçamento reduzido associado à maior densidade de plantio. Esses ajustes permitem melhor controle de plantas daninhas, controle de erosão, melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, além de permitir otimização das máquinas plantadoras.

C) Melhoria na qualidade das sementes associada ao tratamento destas, especialmente o tratamento industrial.

D) Adoção de máquinas e equipamentos de melhor qualidade, que garantem boa plantabilidade e boa distribuição das plântulas, garantindo assim maior índice de sobrevivência do plantio à colheita.

E) Uso intensivo do Manejo Integrado de Pragas, Doenças e Plantas Daninhas (MIP).

F) Correção do solo baseando-se em dados de análise e levando em consideração o sistema, e não a cultura individualmente.

G) Adoção de práticas conservacionistas como rotação de culturas, o sistema de plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta.

F) Implementação das ferramentas da agricultura de precisão e manejo da irrigação, cujos efeitos proporcionaram melhoria do potencial produtivo das lavouras ao longo dos anos.

Os avanços, expansão e profissionalização do cultivo do milho no Brasil são resultados dos esforços de vários agentes da cadeia produtiva. Dentre os avanços citados, a oferta de sementes de qualidade para o produtor certamente representa importante estratégia para a sustentabilidade da produção. A semente pode ser considerada um dos principais insumos, incorporando várias outras tecnologias. De modo geral, a cultivar é responsável por 50% do rendimento final da produção; nesse sentido, a escolha correta da semente tem grande importância no sucesso da lavoura (14).

A taxa de utilização de sementes (%) certificadas no Brasil (Tabela 4) comprova como o produtor está atento quanto à importância do uso de sementes de qualidade para o estabelecimento da lavoura, com taxa de uso superior a 90%.

Tabela 4. Taxa de utilização (%) de sementes de milho no Brasil.

Produção de Sementes (t)	Área Plantada Grãos (ha)	Taxa de Utilização (%)
Safras 2020/21	Safra	Safra
184.385	19.867.700	91

Fonte: (15)

No estabelecimento da lavoura, a qualidade da semente caracteriza-se como fator primordial. Sementes de baixa qualidade, com germinação e vigor reduzidos, originam lavouras com população inadequada de plantas, implicando em instabilidade e prejuízo econômico para o produtor (16). O uso de sementes de baixa qualidade pelo agricultor, invariavelmente impede o estabelecimento de adequada população de plantas e exige a realização de outra semeadura. Assim, o conhecimento das condições ideais para manter a qualidade de sementes e a expressão do potencial de germinação de uma determinada espécie é de fundamental importância, uma vez que pode afetar toda a produção da cultura.

Segundo Pereira Filho *et al.* (14), o rendimento de uma lavoura de milho é resultado do potencial genético da cultivar, das condições edafoclimáticas da região e do manejo da lavoura. Assim, a escolha correta da semente a ser utilizada para semeadura pode ser um dos principais fatores condicionantes do sucesso ou insucesso da produção.

A produção de sementes de milho envolve várias etapas, desde a instalação dos campos de produção ao beneficiamento das sementes, sendo um processo sofisticado e qualificado, objetivando disponibilizar ao agricultor os melhores materiais com alta qualidade em quantidade e no momento correto (17). Em adição, o mesmo autor mencionou que, no Brasil, são cultivados em torno de 16 milhões de hectares de milho, sendo que cerca de 90% são com genótipos híbridos, gerando um negócio estimado em três bilhões de reais por ano, com comercialização de 13,5 milhões de sacas com 60.000 sementes. Esses dados reforçam a importância do agronegócio de sementes na cadeia produtiva do milho.

Com a modernização da agricultura, que foi difundida como fonte de tecnologia, a partir da metade do século XX, vários avanços foram observados no sistema produtivo do milho (18). É importante destacar que há mudanças no uso de tecnologias dentro das lavouras, como tecnologias que permitem aos produtores tomar decisões operacionais em uma base específica do local, adaptando seus métodos de acordo com as condições dentro e entre os campos.

A adoção da agricultura de precisão (AP) certamente tem impacto significativo nos novos sistemas de produção do milho. A AP apresenta várias formas de abordagens, tendo como objetivo fundamental utilizar estratégias para resolver e mitigar os problemas da desuniformidade das lavouras. Pois, esta tecnologia refere-se a um conjunto de ferramentas e tecnologias utilizadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, objetivando o aumento de retorno econômico e redução do impacto ao ambiente (19).

A adoção das ferramentas tecnológicas e o manejo correto das plantas no ambiente de produção são fatores importantes a serem observados para otimização de insumos e recursos no cultivo do milho, buscando uma agricultura cada vez mais competitiva e sustentável.

3. OPORTUNIDADES E PERSPECTIVAS PARA O AGRONEGÓCIO DO MILHO

A cultura do milho tem apresentado grande capacidade de implementar sistemas de produção competitivos e adaptados para as diversas condições edafoclimáticas brasileiras. Nessa perspectiva, o investimento e desenvolvimento tecnológicos futuros vão desde ajustes nos sistemas de produção em uso e já conhecidos, até o desenvolvimento de novos arranjos nos sistemas produtivos, observando as condições ambientais locais (10). O melhoramento e a disponibilidade de genótipos adaptados às condições de escassez hídrica já é demanda dos produtores, uma vez que cenários de déficits hídricos já são cada vez mais verificados nas diversas regiões de produção da cultura.

Como já relatado no presente trabalho, o milho fornece matéria-prima para diversos setores da economia. Além dos produtos diretos e indiretos obtidos do milho comum, há tipos especiais de milho que são utilizados na produção de derivados ou em setores específicos na alimentação humana (3), representando mais um nicho de mercado e oportunidade para a cadeia produtiva do milho. A grande variabilidade genética do milho permite diferentes usos do milho, como o milho-doce, milho-pipoca e o mini milho.

O Etanol à base de milho como opção para a matriz de biocombustível nacional já é uma realidade, representando mais uma oportunidade para a cadeia produtiva da cultura. Desde os esforços iniciais em 2014, o setor de etanol de milho já vivencia um crescimento robusto no cenário nacional, com 15 plantas, sendo 12 usinas flex ou integradas entre cana-de-açúcar e milho, e com capacidade nominal esperada para 2020 de aproximadamente 3,0 milhões de litro — equivalente a 10% da produção nacional do biocombustível na safra 2019/2020 (20).

A expansão desse novo segmento foi impulsionada por diversos fatores: i) a abundância de milho em algumas regiões; ii) a redução da taxa de juros na economia brasileira, que diminui o custo de investimento em plantas novas e antigas; e iii) as boas perspectivas para o consumo de etanol carburante no País, resultante, em especial, do maior alinhamento do preço da gasolina às flutuações do mercado internacional de petróleo desde o fim de 2016 (21).

Em adição, Furtado *et al.* (22) citam que a utilização de tecnologias que aperfeiçoem a produção agrícola com menor impacto ambiental tornou-se o desafio do novo milênio. A utilização de bioinsumos, dentro de uma agricultura mais sustentável, também é uma nova demanda de produção na cultura do milho.

Trabalho avaliando bioinsumos no crescimento e produção de plantas de milho, Souza *et al.* (23) citam que o uso dos bioinsumos exerce efeito positivo no desenvolvimento das espigas de milho cultivar Verdão, podendo ser recomendado como uma estratégia de adubação orgânica para as plantas de milho em substituição à adubação mineral.

Mesmo diante de avanços tecnológicos amplamente utilizados no cultivo do milho, atenção especial deve ser direcionada para o uso de tecnologias de baixo custo, como a semeadura em época adequada, análise de solo, população adequada, adubação de cobertura, manejo integrado de plantas daninhas, doenças e insetos-praga, cujos resultados certamente contribuiriam para adequar as baixas produtividades obtidas por um grande número de agricultores, mesmo aqueles com níveis elevados no uso das práticas de manejo (3).

CONCLUSÕES

O milho é componente básico utilizado em diversos setores da economia brasileira, fornecendo produtos para a alimentação humana, animal e matéria-prima para a indústria. A cultura do milho, nas últimas décadas, passou por avanços tecnológicos significativos nos diversos sistemas de produção da espécie, proporcionando ao milho posição estratégica no agronegócio brasileiro.

Os ganhos em produtividade e sustentabilidade da produção são respostas dos esforços do melhoramento genético para obtenção de cultivares adaptadas às diversas condições edafoclimáticas brasileiras. Evolução nos sistemas de produção, como o uso de sementes certificadas para semeadura; ajustes na densidade de semeadura; adoção do manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas; manejo da irrigação e adubações equilibradas, foram avanços obtidos nas áreas de produção.

A utilização de práticas conservacionistas, como o sistema de plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta, também já é realidade na produção do milho, proporcionando uma agricultura mais sustentável e competitiva.

Além disso, também há mudanças no uso de tecnologias dentro das lavouras, como a adoção das ferramentas de gestão e da agricultura de precisão, permitindo aos agricultores a tomada de decisões mais assertivas para o bom desempenho da produção.

A agricultura é uma atividade em constante evolução, visando atender às demandas da sociedade. Nesse sentido, novos estudos sobre a cultura do milho são importantes, objetivando melhorar sua produtividade e oferecer outras opções para a abertura de novos nichos de mercado, como a produção de etanol à base de milho.

REFERÊNCIAS

1. Weiland P. Biomass digestion in agriculture: a successful pathway for the energy production and waste treatment in Germany. *Engineering Life Science*, Dresden. 2006;6(3):302–9.
2. Schittenhelm S. Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. *European Journal Agronomy*. 2008;29(2):72–9.
3. Mõro GV, Fritsche Neto R. Importância e usos do milho no Brasil. In: Galvão, JCC, Borém A, Pimentel MA. (Ed). *Milho: do plantio à colheita*. Viçosa: Ed. UFV; 2015. 9-25 p.
4. Duarte JO, Garcia JC, Miranda RA. Economia da produção. In: Pereira Filho IA. *Cultivo do milho*. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1. 9ª edição. 2015.
5. Miranda GV, Santos IC, Galvão JCC, Paula Júnior TJ. Milho (*Zea mays* L.). In: Paula Júnior TZ, Venzon M. (Coord.). 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG; 2007. 537-553.
6. Paterniani EE, Campos MS. Melhoramento do milho. In: Borém A. (Ed.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. p.491-552.
7. Smith CW, Javier Betran EC, Runge A. Corn: origin, history, technology and production. Hoboken, NJ: J. Wiley, 2004. p.949.
8. Garcia JC, Mattoso MJ, Duarte JO. Importância do milho em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*. 2006;27(233):7-12.
9. Fornasieri Filho, D. Manual da cultura do milho. Jaboticabal, SP: Funep; 2007. p.576.
10. Marcos Filho J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2. ed. Londrina: ABRATES; 2015. p.660.
11. Paes MCD. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo (Circular técnica, 76); 2006.1-6.
12. Britannica. Corn. Disponível em: <<https://www.britannica.com/plant/corn-plant/Uses-and-products>>. Acesso em junho 2022.
13. Associação Brasileira Das Indústrias Do Milho – Abimilho (2022). Estatísticas de milho. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: agosto 2022.
14. Pereira Filho IA. Apresentação. In: Pereira Filho IA. (Ed.). *Cultivo do milho*. 9ª edição. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção, 1. 2015.
15. Associação Brasileira De Sementes E Mudas – Abrasem. Estatísticas. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/estatisticas/#>. Acesso em: julho 2022.
16. Krzyzanowski FC, Gilioli JL, Miranda LC. Produção de sementes no cerrado. In: Arantes NE, Souza PIM. (Ed). *Cultura da soja nos cerrados*. Piracicaba: POTAFOS; 1993. p. 465-522.
17. Peske ST. Sementes de milho. *Seednews*. Edição XVIII / 03. 2014. 35.
18. Matos PF, Pessoa VLS. A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território. *GeoUerj*. 2011;2(22):290-322.
19. Brasil. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. *Agricultura de precisão*. Brasília: Mapa/ACS, 2013. p.36.
20. Unem. União Nacional do Etanol de Milho. *Cenários e perspectivas para etanol de milho*. Cuiabá, 2020.

21. Silva HJT, Santos PFA, Nogueira Junior ECN, Vian CEF. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil. *Revista de Política Agrícola*. 2020;4.
22. Furtado GF, Chaves LHG, Souza LP, Sousa Junior JR, Lima GS, Sousa JRM. Índices fisiológicos do girassol em função da adubação com biocarvão e NPK. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. 2017;11(7):1924.
23. Souza EP, Silva JEVC, Malaquias MF, Ferreira LE. Bioinsumos no crescimento e produção de plantas de milho. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*. 2021;12(9):82-92.

Capítulo 19

DOI: 10.53934/IIICBPAV-19

DESEMPENHO DE PLÂNTULAS DE MILHO ORIUNDAS DE SEMENTES PRODUZIDAS SOB CONDIÇÕES DE ÁGUA NO SOLO

Janaina Beatriz Borges* <https://orcid.org/0000-0001-7314-2753> ; Kennia Karolline

Gonçalves Pereira <https://orcid.org/000-0003-3123-614X> ; Andréia Márcia Santos

de Souza David <https://orcid.org/000-0002-2747-5941> ; Josiane Cantuária

Figueiredo <https://orcid.org/000-0001-7105-1241> ; Cleisson Dener da Silva

<https://orcid.org/000-0003-4330-7144> ; Fernando Henrique Batista Machado

<https://orcid.org/000-0001-9448-0102>

Janaina Beatriz Borges E-mail: janainaborges@gmail.com

RESUMO: O cultivo de plantas de importância econômica na região semiárida é uma alternativa ao sistema produtivo existente, contudo deve-se conhecer a sua limitação de crescimento e produção sob déficit hídrico, devido a redução do uso da água. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho de plântulas de milho oriundas de sementes produzidas sob diferentes condições de água no solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco pontos de umidade do solo, baseadas na capacidade de campo (100, 85, 70, 55 e 40%), que consistiram nos tratamentos, com quatro repetições. Foram utilizadas sementes de milho, híbrido BRS 1040. Após a colheita as sementes foram avaliadas quanto ao comprimento de plântulas, massa fresca e massa seca de plântulas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, com as estimativas dos parâmetros avaliadas pelo teste “t” em nível de 5% de significância. Não houve efeito significativo das lâminas de irrigação para as variáveis analisadas. Nas condições em que foi desenvolvido este trabalho, conclui-se que todas as lâminas de irrigação estudadas favorecem o desempenho de plântulas de milho, híbrido BRS 1040. Recomenda-se menores quantidades de água para a produção de sementes de qualidade.

Palavras-chave: germinação; restrição hídrica; vigor; *Zea mays* L

ABSTRACT: The cultivation of plants of economic importance in the semi-arid region is an alternative to the existing production system, however, it is necessary to know its growth and production limitations under water deficit, due to the reduction in water use. Thus, the objective of this work was to evaluate the performance of corn seedlings from seeds produced under different water conditions in the soil. The experimental design used was in randomized blocks, with five soil moisture points, based on field capacity (100,

85, 70, 55 and 40%), which consisted of treatments, with four replications. Corn seeds, hybrid BRS 1040, were used. After harvesting, the seeds were evaluated for seedling length, fresh mass and dry mass of seedlings. The data obtained were subjected to analysis of variance and regression, with parameter estimates evaluated by the “t” test at a 5% level of significance. There was no significant effect of irrigation depths for the analyzed variables. Under the conditions under which this work was developed, it is concluded that all irrigation depths studied favor the performance of corn seedlings, hybrid BRS 1040. Lower amounts of water are recommended for the production of quality seeds.

Keywords: germination; water restriction; force; *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays* L.) se destaca como uma das culturas de relevância mundial, representando um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matéria-prima para indústria (1).

A produção de grãos média brasileira 2022/23 está estimada em 312,5 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo de 40,1 milhões de toneladas, um aumento de 15% se comparado aos anos de 2021/22 (2).

A deficiência hídrica é uma situação comum a muitas culturas e constitui-se em um dos fatores que mais afetam a produção agrícola, influenciando praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal (3). O manejo da irrigação deve priorizar por eficiência no uso da água, no qual está diretamente relacionado o sucesso da cultura com a quantidade de água requerida na produção durante os processos fisiológicos (4). Desta forma, a eficiência do uso da água pode estar relacionada à quantidade mínima para se obter um bom desenvolvimento da cultura, ao fornecimento adequado de água nos períodos de maior demanda hídrica da cultura e ao sistema de irrigação adotado. (5)

A germinação da semente em solos com baixo potencial hídrico, varia de acordo a espécie. Para a germinação de sementes, o conhecimento sobre como o déficit hídrico influencia esse processo tem importância principalmente na ecofisiologia para mensurar os limites de tolerância e a capacidade de adaptação das espécies, pois os fatores abióticos interferem na germinação de sementes (6).

O efeito da uniformidade de irrigação na produção das culturas é fator significativo a ser considerado em projetos de irrigação por aspersão. A quantidade de água que o milho utiliza durante o ciclo é chamada demanda sazonal, podendo variar com as condições climáticas da região onde é cultivado. Há um período durante o ciclo da cultura em que mais água é consumida diariamente. No caso do milho, esse período coincide com o florescimento e o enchimento de sementes e um estresse hídrico nessa fase pode causar diversos prejuízos para o agricultor. (7) O déficit hídrico pode afetar os

vegetais sob diferentes aspectos, apresentando desempenho ecofisiológico diferente quando sob disponibilidade hídrica limitada . (8)

Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho de plântulas de milho oriundas de sementes produzidas sob diferentes condições de água no solo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Janaúba, Norte de Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas centrais são 15°49'44,26'' S e 43°16'09,11'' O, com 54 m de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Koppen é do tipo "AW", tropical com inverno seco (9) Foram utilizadas sementes de milho, híbrido BRS 1040.

O preparo do solo consistiu de aração e gradagem seguido da abertura das linhas de plantio com o uso de enxadão. As adubações de plantio e cobertura foram baseadas nas características químicas do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade e de acordo com as recomendações para a cultura do milho adaptada de (10) Realizou-se a adubação de plantio, no momento da semeadura, sendo 30 kg ha⁻¹ de N (ureia - 45% de N, KNO₃ - 12% de N), 100 kg há¹ P₂O₅ (super fosfato simples - 18% de P₂O₅) e 40 kg ha⁻¹ de KNO₃ (45% de K₂O e 12% de N) manualmente em uma área de 384 m², utilizando-se espaçamento de 0,8 m entre fileiras, com semeadura de 7 sementes por metro na linha de plantio. Cada parcela foi composta por 3 fileiras simples de plantas com 4 m de comprimento cada, tendo como bordadura 1 fileira externa e 0,5 m das extremidades, ficando como área útil 4,8 m². Posteriormente foi feita a adubação de cobertura dividida em três aplicações por fertirrigação até a diferenciação dos tratamentos, com 140 kg há⁻¹ de N (ureia - 45% de N, KNO₃ - 12% de N).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco pontos de umidade do solo, baseadas na capacidade de campo (100, 85, 70, 55 e 40%), que consistiram nos tratamentos, com quatro repetições. Após a semeadura foram adotadas recomendações técnicas necessárias ao desenvolvimento adequado da cultura, incluindo monitoramento de pragas e doenças e controle de plantas daninhas (10).

O sistema de irrigação por gotejamento foi composto por tubos gotejadores espaçados 0,8 m entre si e 0,33 m entre emissores, com vazão média de 2,04 L h⁻¹ 83 a 15 mca. Desde a semeadura irrigações diárias foram feitas de maneira a manter a umidade do solo próxima da capacidade de campo. Para isso, dados diários eram coletados de uma estação próxima para calcular a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith (11), calculando-se a evapotranspiração da cultura à partir do coeficiente de cultura (Kc) (12) e à partir de resultados de intensidade de aplicação e eficiência do sistema de irrigação obtidos em avaliações de campo foram calculados os tempos de irrigação. Para verificação e ajustes posteriores foi determinada a umidade de solo nas parcelas experimentais, por meio de amostras coletadas semanalmente.

Quando aproximadamente 80% das plantas apresentavam aproximadamente sete folhas definitivas, o que ocorreu aos 27 dias após a semeadura (DAS), iniciou-se a diferenciação dos tratamentos com as reposições de água mantendo-se as umidades máximas do solo até 40, 55, 70, 85 e 100% da capacidade de campo até o fim do ciclo. As irrigações foram diárias, com as lâminas de água aplicadas definidas de acordo o cálculo da evapotranspiração do dia anterior. A colheita foi realizada aos 108 DAS quando as espigas apresentaram-se secas e a palha com coloração bege. As espigas foram colhidas manualmente, acondicionados em sacos plásticos vedados e encaminhadas ao laboratório de sementes, onde realizou-se o beneficiamento para extração das sementes das espigas e em seguida, procederam-se as análises:

O teste de comprimento de plântulas foi conduzido sob condições ambientais de laboratório (± 26 °C), utilizando-se como substrato areia lavada e esterilizada a 200 °C por 2 horas. As sementes foram semeadas a uma profundidade de 2,0 cm, em bandejas plásticas, contendo o substrato umedecido com quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de retenção, seguindo a metodologia contida nas Regras para Análise de Sementes - RAS, (13) cuja umidade foi mantida por meio de irrigações diárias, sempre que necessário. No final do teste, o qual ocorreu aos sete dias após a semeadura, as plântulas normais emergidas de cada repetição foram retiradas e o comprimento foi mensurado com o auxílio de uma régua milimétrica (cm). Os resultados médios por plântula foram expressos em centímetros/plântula.

Para determinação da massa fresca, as plântulas normais de cada repetição foram pesadas em balança com precisão de 0,001 g, com os resultados expressos em gramas/plântula.

Para a determinação da massa seca, as plântulas consideradas normais no teste de comprimento de plântulas foram colocadas em sacos de papel e levadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C durante 72h. Após esse período, as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,0001g, para obtenção da massa seca, sendo os resultados expressos em gramas/plântula.

A análise estatística foi realizada por meio do programa estatístico Sisvar. (14) Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, com as estimativas dos parâmetros avaliadas pelo teste “t” em nível de 5% de significância, selecionando-se as equações de regressão que apresentaram comportamento biológico para explicar o fenômeno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância demonstraram que não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os níveis de umidade no solo para as variáveis analisadas. Para o comprimento de plântulas (Tabela 1) foi possível observar, valores médios de 41,42 cm, entre os níveis de umidade do solo. Esses resultados mostram que mesmo cultivadas em condições de estresse, caracterizada pelo menor nível de água no solo, as plantas se destacaram em produzir sementes vigorosas, permitindo maior crescimento de plântulas. Sementes mais vigorosas contribuem para aumentar a porcentagem de

emergência em campo, possibilita a formação de estande uniforme e favorece o crescimento inicial das plântulas (15),(16)

Tabela 1. Valores médios de comprimento de plântulas (CP), oriundas de sementes de milho, híbrido BRS 1040, submetidas a diferentes condições de água no solo em função da capacidade de campo.

Variável	Capacidade de campo (%)					\bar{Y}	ER
	100	85	70	55	40		
CP (cm)	41,6	42,2	41,2	39,8	42,3	41,42	$\hat{Y} = \bar{Y}$

\bar{Y} = valor observado; \bar{Y} = média geral. ER = Equação de Regressão

O teste de comprimento de plântulas tem sido um importante teste para distinguir diferenças no potencial fisiológico de sementes de várias espécies. (15) O maior comprimento de plântulas é uma característica desejável sendo indicativo de vigor, pois, sementes de alto vigor conseguem mobilizar com maior rapidez suas reservas energéticas, proporcionando maior crescimento inicial e desenvolvimento.

Os valores médios obtidos nas determinações de massa fresca e massa seca de plântulas oriundas de sementes produzidas sob diferentes condições de água no solo, foram de 1,26 e 0,14g, respectivamente, sendo possível, dessa forma, utilizar menores níveis de umidade no solo, e obtendo a produção de sementes vigorosas, conforme relatado anteriormente (Tabela 2). Sementes mais vigorosas apresentam maior acúmulo e maior habilidade na transferência de reservas.

Tabela 2. Valores médios de massa fresca (MS) e massa seca de plântulas (MS), oriundas de sementes de milho, híbrido BRS 1040, submetidas a diferentes condições de água no solo em função da capacidade de campo.

Variáveis (g)	Capacidade de campo (%)					\bar{Y}	ER
	100	85	70	55	40		
MF	1,45	1,11	1,34	1,13	1,26	1,26	$\hat{Y} = \bar{Y}$
MS	0,13	0,12	0,15	0,13	0,15	0,14	

\bar{Y} = valor observado; \bar{Y} = média geral. ER = Equação de Regressão

(17) observaram que a produção de massa seca está intimamente associada à lâmina de água colocada à disposição da planta. O teste de massa seca de plântulas pode ser utilizado como um indicativo para determinação do vigor de lotes de sementes (15). Dessa forma, os resultados do presente trabalho mostraram que, independentemente do nível de umidade no solo utilizado, as sementes de milho, híbrido BRS 1040, produzidas mostraram-se vigorosas por apresentarem maior acúmulo de massa fresca e seca de

plântulas, e maior habilidade na transferência de reservas. Plantas que apresentam os parâmetros de altura e massas frescas e secas maiores que outras, para uma mesma espécie, indicam a boa qualidade fisiológica das sementes que as originaram, e são consideradas mais vigorosas. (18)

Em situações de baixa disponibilidade hídrica para as plantas, o vigor das sementes, pode ser reduzido durante a fase de produção, quando a ocorrência se dá no período de deposição de reservas ou próximo ao final da maturação (19) Por outro lado, o excesso de água pode provocar problemas devido a restrições de oxigênio e aos possíveis danos durante a embebição, pois diminui o desenvolvimento do embrião e expõe as sementes por mais tempo as condições do ambientais desfavoráveis, resultando em redução no desenvolvimento e estabelecimento do sistema radicular do feijoeiro. (20)

De forma geral, os resultados do presente trabalho indicam que mesmo quando a lâmina de água utilizada na irrigação foi menor (40%), não houve incrementos nos valores de comprimento, e acúmulo de massa seca e fresca de plântulas, de forma que, os produtores que utilizam a prática da irrigação nas lavouras possam otimizar o uso da água e, conseqüentemente, reduzir os custos de produção, sem comprometer a qualidade fisiológica das sementes produzidas.

CONCLUSÃO

Este estudo sobre o cultivo de plântulas de milho (híbrido BRS 1040) sob diferentes regimes de irrigação revelou que todas as condições testadas, mesmo com quantidades reduzidas de água, foram efetivas para o desenvolvimento saudável das plântulas. A descoberta mais significativa é que quantidades menores de água são suficientes para produzir sementes de qualidade. Este resultado é crucial para a agricultura, especialmente em regiões com limitações hídricas, pois sugere que a eficiência no uso da água pode ser alcançada sem comprometer a produtividade. O estudo fornece dados importantes para práticas de manejo sustentável de água na agricultura, destacando a resiliência do milho BRS 1040 a diferentes níveis de irrigação e sua aplicabilidade em cenários de escassez de água.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro e técnico para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Weriland, P. Biomass digestion in agriculture: a successful pathway for the energy

- production and wastetreatment in Germany. Engineering Life Science, Dresden, v. 6, n. 3, p. 302–309, 2006.
2. Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos** Monitoramento agrícola – Safra 2023/24, v. 8. n. 10. Brasília, DF: CONAB, 2021. 110 p.
 3. Damatta, F. M. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. Brazilian Journal of Plant Physiology, Campos dos Goytacazes, v. 19, n. 4, p. 239-244, 2007.
 4. Zhuo, L.; Hoekstra, A. Y. The effect of different agricultural management practices on irrigation efficiency, water use efficiency and green and blue water footprint. Frontiers of Agricultural Science and Engineering, v. 4, n. 2, p.185–194, 2017.
 5. Melo, R.F., Oliveira, A.R., Simões, W.L., Santos, M. L. S., Desenvolvimento e produtividade do milho BRS Gorutuba sob diferentes lâminas de irrigação e adubação orgânica. Revista Científica Intellecto Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil v.3, n.1, 2018p. 1-14
 6. Larcher, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima, 2006, 531 p.
 7. Nascimento, F.N., Bastos, E.A., Carsoso, M. J, Júnior, A. S. A. Ribeiro, V. Q. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.14, n.2, p. 167-181, 2015. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n2p167-181>
 8. Santos, O. O.; Falcão, H.; Antonino, A. C. D.; Lima, J. R. S.; Lutosa, B. M.; Santos, M. G. Desempenho ecofisiológico de milho, sorgo e braquiária sob déficit hídrico e reidratação. Bragantia, Campinas, v. 73, n. 2, p. 203-212, 2014.
 9. Alvares, C.A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. de M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, Germany, v.22, n.6, p.711–728, 2013.
 10. Borém, A.; Galvão, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. Milho do plantio à colheita. 2 ed. Viçosa: UFV. 240, 2015.

11. Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Evapotranspiración del cultivo. Rome: FAO, 2006.
12. Albuquerque, P.E.P. de.; Resende, M. 2007. Irrigação: manejo de irrigação. Cultivo do milho. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.
13. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
14. Ferreira, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, 2011.
15. Nakagawa, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: Krzyzanowski, F.C. et al. Vigor de sementes: conceitos e testes Londrina: Abrates, 1999. p.2.1-2.21
16. Nunes, R.N. et al. Efeito da época de colheita, irrigação e permanência de sementes em solo seco no desenvolvimento inicial de plântulas de *Synonanthus elegans* (Bong.) Ruhland. *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.3, p.64-70, 2008.
17. Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.
18. Vieira, R.D.; Carvalho, N.M. Teste de condutividade elétrica. In: (Ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.
19. Aumonde T.Z., Pedo, T., Martinazzo, E.G. 2019. Fisiologia da qualidade de sementes. In: PESKE, S.T., VILELA, F.A., MENEGHELLO, G.E (Ed.). 4 ed. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. UFPel, Pelotas, pp.105-145.
20. Marcos Filho, J. (2015). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. (2.ed.) 299 Piracicaba: FEALQ, 660p.

Capítulo 20

DOI: 10.53934/IIICBPAV-20

ENXOFRE INFLUÊNCIA O DESENVOLVIMENTO DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS?

Luis Carlos Oliveira Borges^{ID}*; Geane Aparecida Campos Dourado^{ID}; Gustavo Barbosa Alves Silva^{ID}; Anna Beatriz Oliveira Moura^{ID}; Carla Heloisa Avelino Cabral^{ID}; Camila Fernandes Domingues Duarte^{ID}; Carlos Eduardo Avelino Cabral^{ID}

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlinhos0799@gmail.com

Resumo: O enxofre desempenha um papel importante no desenvolvimento dos capins, entretanto, os fertilizantes com este nutriente aumentam os custos de adubação, o que exige estudos para determinar o requerimento nutricional de enxofre pelas forrageiras. Por isso, com este estudo objetivou-se verificar o quanto o enxofre influencia no desenvolvimento de capins tropicais. Foram realizados três experimentos na Universidade Federal de Rondonópolis, na casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos. Os tratamentos consistiram em aplicação de enxofre somente na implantação e na implantação+manutenção, que foram denominados baixo e alto enxofre, respectivamente. Em cada experimento estudou-se um capim: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Megathyrus maximus* cv. Mombaça. Os resultados para os capins foram semelhantes, visto que quando adubados com alta quantidade de enxofre tiveram maior número de folhas, densidade de perfilhos, índice de clorofila, taxa de crescimento e massa seca da parte aérea e lâminas foliares. Dessa forma, o enxofre influencia o desenvolvimento dos capins Marandu, Xaraés e Mombaça e o uso exclusivo de superfosfato simples, na implantação, não supre a demanda de enxofre destes capins.

Palavras-chave: deficiência de enxofre; sulfato de amônio; superfosfato simples.

Abstract: Sulfur plays an important role in the development of grasses, however, nutrient fertilizers increase fertilization costs, which requires studies to determine the nutritional requirement for sulfur by forage crops. Therefore, this study aimed to verify how much sulfur influences the development of tropical grasses. Three experiments were carried out at the Federal University of Rondonópolis, in the greenhouse, in a completely randomized design with two treatments. Treatments consisted of applying sulfur only during

implementation and during implementation+maintenance, which were called low and high sulfur, respectively. In each experiment, one grass was studied: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Urochloa brizantha* cv. Xaraés and *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa. The results for grasses were similar, since when fertilized with a high amount of sulfur they had a greater number of leaves, tiller density, chlorophyll index, growth rate and dry mass of the aerial part and leaf blades. Therefore, sulfur influences the development of Marandu, Xaraés and Mombasa grasses and the exclusive use of simple superphosphate, during implementation, does not meet the sulfur demand of these grasses.

Key Word: sulfur deficiency; ammonium sulfate; simple superphosphate.

INTRODUÇÃO

Apesar do Brasil ocupar uma posição de destaque na bovinocultura mundial, as pastagens brasileiras têm sérios problemas com a degradação. Isso ocorre por diversos motivos, sendo a falta de adubação um dos principais fatores. A escassa disponibilidade de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas prejudica seu desenvolvimento, levando à redução da biomassa forrageira e à exposição do solo, o que propicia o crescimento de plantas invasoras e ocasiona assim baixa capacidade de suporte do pasto.

Nesse contexto, fica evidente a relevância da adubação no fornecimento de nutrientes para melhorar a eficiência das gramíneas e, por consequência, a nutrição dos animais. Os nutrientes mais destacados no processo de adubação de pastagens são o nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). O fósforo desempenha um papel crucial na formação do sistema radicular, de modo que sua ausência pode comprometer o desenvolvimento das plantas e limitar a absorção de outros nutrientes. Por sua vez, o nitrogênio é fundamental para o crescimento das folhas e da síntese de proteínas (1), enquanto o potássio influencia o processo de abertura e fechamento dos estômatos (2), que é um aspecto essencial na transferência de nutrientes nas plantas. Curiosamente, esses nutrientes costumam receber mais atenção por parte de técnicos e produtores, enquanto o enxofre costuma ser subestimado e negligenciado, talvez por sua menor citação em estudos que viabilizam a adubação com macronutrientes nas plantas.

O enxofre é um elemento essencial, haja vista que é um macronutriente fundamental na constituição de aminoácidos como cisteína, metionina e cistina, além de proteínas. Os principais fertilizantes que contêm enxofre em sua composição, como o sulfato de amônio e o superfosfato simples são menos utilizados devido ao seu custo relativamente alto em comparação com outros fertilizantes nitrogenados e fosfatos que não contêm enxofre. Além disso, o sulfato de amônio tem um maior efeito acidificante no solo do que outros fertilizantes nitrogenados (3), o que requer uma correção mais rápida do pH do solo.

Além dos insumos mencionados, o gesso também fornece enxofre, não afeta diretamente o pH do solo e desempenha um papel crucial na redução da saturação do alumínio e no aumento dos níveis de cálcio e enxofre nas camadas mais profundas do solo (4). Embora seja considerada uma fonte alternativa de enxofre para as plantas, a aplicação de gesso deve ser feita com cautela e sempre em associação com a calagem, quando necessário, para evitar desequilíbrios na concentração de nutrientes, como

magnésio e potássio, na camada arável (5). Apesar de ser um consumo de custo relativamente baixo, os custos de transporte podem encarecer sua aquisição. Diante disso, é importante identificar o impacto da adubação com enxofre na massa de forragem para verificar se há eficiência econômica.

Observando as respostas morfológicas e produtivas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, o uso de enxofre na adubação, em conjunto com o nitrogênio, promove a emissão de perfilhos, folhas e massa seca das folhas (6). De maneira semelhante, (7) observou em seu estudo com cultivares de *Panicum maximum* que a aplicação de enxofre aumentou a massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, perfilhos e índice de clorofila.

Quanto as raízes, (8) relatou que a combinação de doses de nitrogênio e enxofre encontradas em uma maior massa seca das raízes de *B. brizantha* cv. Marandu, em comparação com a ausência desses nutrientes. Por outro lado, (9) não identificaram interações significativas entre as doses de nitrogênio e enxofre na concentração de nitrogênio nas raízes de *Brachiaria brizantha*. Em geral, as relações ideais entre as doses de nitrogênio e enxofre para alcançar a produção máxima de massa seca estão em torno de 10:1 (9).

Portando, diante dos diversos resultados nas pesquisas e da baixa extração de enxofre pelos capins, torna-se importante verificar se este nutriente pode ser utilizado somente na implantação ou deve também ser suprido nas adubações de manutenção. Assim, com este trabalho, teve-se o objetivo de verificar se o enxofre influencia o desenvolvimento de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos em casa de vegetação, na Universidade Federal de Rondonópolis. Os experimentos foram realizados com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Experimento 1), *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés (Experimento 2) e *Panicum maximum* cv. Mombaça (Experimento 3). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com oito, seis e oito repetições, respectivamente, nos Experimentos 1, 2 e 3. Os tratamentos foram nomeados baixo e alto enxofre. O baixo enxofre foi caracterizado pelo suprimento de enxofre na dose de 120 mg dm⁻³ na implantação, por meio de superfostato simples e ausência de enxofre na adubação de manutenção. No alto enxofre, utilizou-se 360 mg dm⁻³ na implantação, por meio de superfostato simples e sulfato de amônio, e 240 mg dm⁻³ em manutenção, a cada ciclo de desfolha, por meio de sulfato de amônio.

Cada unidade experimental foi constituída de um vaso com capacidade de 5,0; 3,5 e 5,0 dm³ nos Experimentos 1, 2 e 3, respectivamente, contendo cinco, três e cinco plantas, sucessivamente. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho de textura argilosa, coletado na camada de 0 a 0,20 cm. O solo foi peneirado e transferido para os vasos e realizado calagem, elevando a saturação por bases para 60% (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização granulométrica e química do Latossolo Vermelho argiloso proveniente de

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V	m	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³					%		g kg ⁻¹		
4,1	1,1	47	0,2	0,1	1,0	4,7	6,1	6,9	70,4	575	50	375

Cerrado nativo

Trinta dias após a calagem realizou-se a semeadura e a adubação fosfatada. Na implantação, todos os vasos foram adubados com superfosfato simples (20% P₂O₅, 8% S), sendo as doses de fósforo (P₂O₅) de 300 mg dm⁻³. Esta dose é capaz de suprir a exigência de *Panicum maximum*, que é um capim de alta exigência. Dez dias após a semeadura, realizou-se o desbaste e a adubação de cobertura com nitrogênio e potássio, nas doses de 200 e 100 mg dm⁻³, respectivamente. Utilizou-se cloreto de potássio (58% K₂O) como fonte de potássio e para o tratamento com alto e baixo enxofre utilizou-se sulfato de amônio (20% N, 24% S) e ureia (46% N) como fonte de nitrogênio, respectivamente.

O primeiro corte de avaliação ocorreu 30 dias após o desbaste. Na ocasião, mensurou-se o índice de clorofila (IC), número de folhas, densidade de perfilhos e corte da massa de forragem acima de 15 cm. O índice de clorofila foi medido em cinco folhas recentemente expandidas por parcela experimental, por meio de um clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG® modelo CFL 1030. Separou-se a massa vegetal em lâminas foliares e colmo+bainha e submeteu-se a secagem em estufa de circulação de ar a 55±5°C por 72 horas e, em seguida, pesou-se todo o material. Repetiu-se a adubação de cobertura com nitrogênio e potássio nas mesmas doses mencionadas. Realizou-se três cortes avaliativos do capim Marandu, quatro no capim Xaraés, e dois no capim Mombaça com intervalo de 20 dias.

A massa seca da parte aérea (MSPA) foi calculada pela soma das lâminas foliares (MSLF) e colmo+bainha (MSCB). A massa seca de cada perfilho (MPERF) foi estimada pela razão entre a MSPA e a densidade populacional de perfilhos (DPP). A massa seca de cada lâmina foliar (MFOLHA) foi obtida dividindo-se a MSLF pelo número de folhas (NF). Estimou-se o número de folhas por perfilho por meio da razão entre o NF e NP e quando se dividiu esta variável pelo intervalo entre cortes obteve-se a taxa de aparecimento de folhas (TApF). O inverso da taxa de aparecimento de folhas foi denominado filocrono (FILO), que corresponde ao intervalo de dias entre a emissão de folhas. Em cada experimento, para comparação das médias, utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando o capim Marandu, Xaraés e Mombaça foram submetidos a uma adubação com uma elevada quantidade de enxofre (alto S), constatou-se um aumento significativo no número de folhas, densidade de perfilhos e na massa seca da parte aérea (Tabela 2). O aumento na produção de forragem indica que o enxofre confere ao pasto uma maior capacidade de suporte, o que, por sua vez, promove um aumento na taxa de lotação.

Esse incremento pode ser atribuído ao fato de que o enxofre desempenha um papel essencial na síntese de proteínas, o que resulta em efeitos normalmente associados à adubação nitrogenada (6). Além disso, como o enxofre afeta a atividade fotossintética, resultando em um aumento na massa de forragem, no número de folhas e no número de perfis.

Ademais, o efeito positivo da adubação com enxofre está associado a capacidade deste nutriente de ativar a enzima redutase no nitrato, que, por sua vez, é responsável pela conversão do nitrato em aminoácidos dentro da planta (10), o que é fundamental para a síntese proteica. O enxofre é um componente fundamental de certos aminoácidos responsáveis pela formação de proteínas, como a metionina e a cisteína. Além disso, a adubação sulfurosa promove o aumento da atividade da enzima redutase, o que, por sua vez, aumenta os níveis de proteína solúvel na planta (10).

O índice de clorofila de todos os capins foi afetado pela adubação com enxofre, com exceção do capim Xaraés (Tabela 2). Este índice está intimamente ligado ao teor de nitrogênio nos tecidos vegetais e, portanto, impacta diretamente o teor de proteína bruta presente na planta (11). Além disso, o índice de clorofila pode ser utilizado como um indicador para avaliar o estado nutricional de enxofre (7).

Tabela 2 - Densidade populacional de perfilhos (DPP), número de folhas (NF), massa seca de lâmina foliar (MSLF), massa seca de colmo e bainha (MSCB), massa seca de material morto (MSMM), massa seca de parte aérea MSPA), índice de clorofila (IC), massa de perfilho (MPERF), massa de folha (MFOLHA), número de folhas por perfilho (NF:DPP), taxa de aparecimento de folha (TA_pF), filocrono (FILO) e taxa de crescimento (TC) de cultivares de *U. brizantha* submetidos a adubação com alto e baixo enxofre.

	Baixo S	Alto S	CV (%)	Variável	Baixo S	Alto S	CV (%)
Variável							
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu							
NF	149 B	180 A	14,10	IC	49,6 B	54,1 A	4,05
DPP	52 B	64 A	9,54	MPERF	0,424 A	0,431A	12,48
MSLF	18 B	23 A	13,01	MFOLHA	0,126 A	0,131 A	12,14
MSCB	3 A	4 A	30,08	TA _p F	0,12 A	0,13 A	11,91
MSPA	20 B	27 A	12,44	FILO	8,2 A	8,4 A	10,97
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Xaraés							
NF	83 B	96 A	14,59	IC	53,0 A	51,4 A	5,82

DPP	49 B	56 A	8,17	MPERF	0,59 A	0,63 A	13,29
MSLF	15 B	18 A	13,14	MFOLHA	0,183 A	0,192A	14,81
MSCB	3 A	3 A	26,85	TApF	0,12 A	0,12 A	8,68
MSPA	19 B	21 A	12,87	FILO	8,1 A	8,2 A	8,89

Megathyrus maximus cv. Mombaça

NF	70 B	85 A	18,28	IC	32, B	36,11 A	8,36
DPP	27 B	37 A	25,82	MPERF	0,29 B	0,25 A	43,76
MSLF	7 A	8 A	17,79	MFOLHA	0,099 A	0,092 A	35,31
MSCB	0 A	0 A	84,58	TApF	0,12 A	0,11 A	18,37
MSMM	0 B	1 A	85,84	FILO	8,2 A	8,9 A	18,28
MSPA	7 B	9 A	16,13				

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p > 0,05$). NF: folhas vaso⁻¹, DPP: perfilhos vaso⁻¹, MSLF: g vaso⁻¹, MSCB: g vaso⁻¹, MSMM: MSPA: g vaso⁻¹, MPERF: g perfilho⁻¹, MFOLHA: g folha⁻¹, NF:DPP: folha perfilho⁻¹, FILO: dias folha⁻¹.

No entanto, não foi constatado que o enxofre promovesse um crescimento rápido nos capins Marandu, Xaraés e Mombaça, uma vez que não houve alterações significativas nas taxas de crescimento, no filocrono e nas taxas de aparecimento de folhas (Tabela 2). Em vez disso, o principal efeito do enxofre foi distribuído na massa de forragem, que foi impulsionado pelo aumento no perfilhamento, já que não houve mudanças na massa de cada folha. Dessa forma, como o enxofre influencia o perfilhamento, este nutriente pode ser importante para a perenidade da pastagem e para retardar o processo de degradação. A estabilidade do perfilhamento é crucial para a longevidade do pasto e para aumentar a competição das gramíneas com outras espécies de plantas daninhas (12). Em contraste com as braquiárias, o enxofre teve um efeito sobre a massa de cada perfilho do capim Mombaça (Tabela 3).

O emprego exclusivo do enxofre durante a fase de implantação, combinado com a adubação fosfatada (baixo teor de enxofre), teve um impacto menor no capim Xaraés. Isso resultou em uma redução de 13% no número de perfilhos e uma diminuição de 10% na massa seca da parte aérea (Figura 1). Essa restrição do fornecimento de enxofre afetou mais a produção de forragem do que o perfilhamento no capim Marandu, enquanto no capim Mombaça, o impacto predominantemente concentrou-se no perfilhamento (Figura 1).

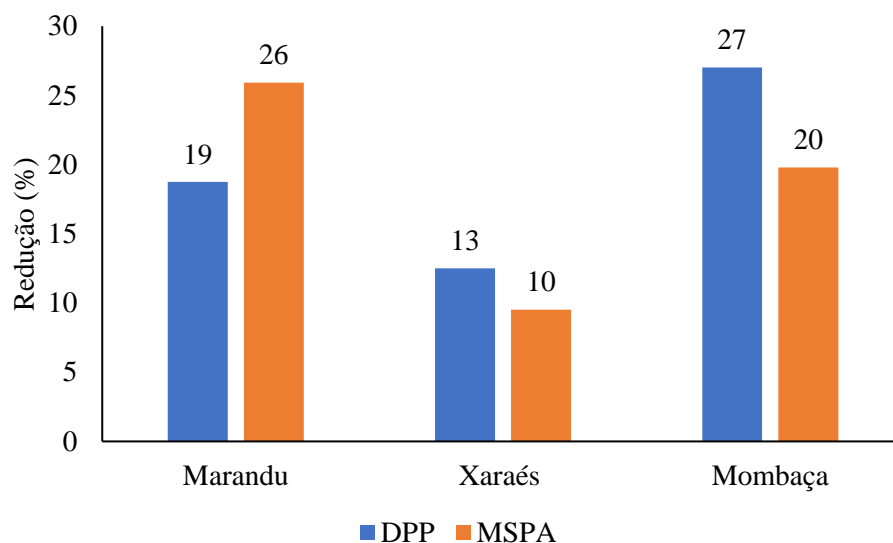


Figura 1 – Redução na densidade de perfilhos (DPP) e na massa seca da parte aérea (MSPA) em caso de adubação com Baixo S (enxofre somente com superfosfato simples na implantação).

Conseqüentemente, torna-se evidente que o fornecimento de enxofre por meio da aplicação de sulfato de amônio (alto teor de enxofre) impulsiona o aumento da produção de forragem e do perfilhamento em todos os capins estudados. No entanto, para todas estas gramíneas é fundamental conduzir uma análise econômica para determinar se o aumento na produção obtido com o uso de sulfato de amônio compensa o custo adicional de aquisição, visto que este fertilizante tem maior custo por quilo de nitrogênio que a ureia. Uma opção é o uso de enxofre elementar, entretanto, a transformação do enxofre em sulfato é um processo lento e pode acidificar o solo (13). Em consequência, para a maioria das culturas na fase inicial da adubação anual com enxofre, é recomendado um fertilizante contendo enxofre como o sulfato de amônio em substituição ao enxofre elementar (14).

Portanto, a gestão eficiente de nutrientes em pastagens deve considerar de forma criteriosa as necessidades de enxofre das gramíneas forrageiras, especialmente quando objetiva-se o incremento produtividade e a sustentabilidade dos sistemas agropecuários. Este estudo contribui na produção de conhecimento sobre a nutrição de plantas forrageiras e oferece diretrizes práticas para a melhoria da qualidade e da produtividade das pastagens, que são essenciais para a bovinocultura e outras atividades agrícolas dependentes da produção eficiente de forragem.

CONCLUSÕES

O enxofre é um nutriente relevante na adubação de pastagens haja vista que influencia no desenvolvimento dos capins Marandu, Xaraés e Mombaça. A aplicação de enxofre por meio do uso combinado de superfosfato simples na fase de implantação e

sulfato de amônio durante a manutenção (alto enxofre) resulta em maior massa de forragem, densidade de perfilhos e número de folhas dos capins tropicais avaliados, em comparação com o tratamento de baixo enxofre, em que apenas o superfosfato simples foi utilizado.

Dessa forma, a utilização exclusiva de superfosfato simples durante a fase de implantação (baixo S) reduz o desenvolvimento dos capins Marandu, Xaraés e Mombaça, comparativamente, ao uso adicional de enxofre por meio do sulfato de amônio (alto S).

REFERÊNCIAS








1. FONSECA, N.V.B. **Eficiência de diferentes fontes de nitrogênio na qualidade do capim-marandu**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. Jaboticabal. 2021, p. 28.
2. PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**, 2004. [Acesso em 11 de outubro de 2021]. Disponível em: <http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/culturas/algodao/funcoes.php>.
5. STIPP, S. R; CASARIN, V. **A importância do enxofre na agricultura**. Piracicaba: IPNI, 2010. 14-20p. (Informações Agronômicas nº 129).
6. [BATISTA, K.; MONTEIRO, F.A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-Marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. Revista Brasileira de Zootecnia. 2006, v.35, n.4, p.1281-1288.](#)
7. SANTOS, L.F.M. **Efeito de doses, fontes e granulometria de enxofre na produção e estado nutricional dos capins Mombaça e Piatã**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Dracena. 2018, p. 48.
8. ARTUR, A.G. **Adubações com nitrogênio e enxofre: frações no solo, características estruturais, nutricionais, produtivas e uso da água pelo capim-Marandu**. Tese (Doutorado em Ciência: Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2010, p. 45, 46 e 66.
9. [BONFIM-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim braquiária em degradação. Revista Brasileira de Zootecnia. 2010, v.39. n.8, p.1641-1649.](#)
10. BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria. 2000, v. 30, n. 2, p.365 a 372.
11. SALES, R. A.; SALES R. A.; SANTOS, R. A.; QUARTEZANI, W. Z.; BERILLI, S. S.; OLIVEIRA, E. C de. Influência de diferentes fontes de matéria orgânica em componentes fisiológicos de folhas da espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi. (Anacardiaceae). *Revista Scientia Agraria*. 2018, v. 19, n.1, p. 132-141.

12. SANTOS M.E.R.; MIRANDA, D.; GOMES, V.M. et al; GOMIDE, C. A. M.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; QUEIROZ, D. S. Capim-braquiária sob lotação contínua e com altura única ou variável durante as estações do ano: dinâmica do perfilhamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2011, v. 40, n. 11, p.2332-2339.
13. SILVA, R. M. G.; ROCHA, J. L. A.; DIAS, V. B.; COSTA, R. C.; SANTOS, E. N. Influência do enxofre elementar adicionado em um resíduo da mineração visando à liberação de nutrientes no solo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 2, p. 309-316, 2021.
14. REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA. 2017, 179 p.

Capítulo 21

DOI: 10.53934/IIICBPAV-21

ADUBAÇÃO NITROGENADA NO ESTABELECIMENTO DE BRAQUIÁRIAS

Luis Carlos Oliveira Borges *; Géssica Priscila De Moraes ; Gustavo Barbosa Alves Silva ; Anna Beatriz Oliveira Moura ; Carla Heloisa Avelino Cabral ; Camila Fernandes Domingues Duarte ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlinhos0799@gmail.com

Resumo: A mineralização da matéria orgânica é fonte de nitrogênio na formação da pastagem, contudo existe dúvida se este nitrogênio mineralizado é suficiente para o desenvolvimento inicial de braquiárias. Assim, objetivou-se investigar se a ausência de adubação nitrogenada compromete o estabelecimento das braquiárias. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos (esquema fatorial 2 x 4) e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em duas estratégias de adubação de estabelecimento (com e sem nitrogênio) e quatro cultivares de braquiária: *B. brizantha* cv. Marandu, *B. brizantha* cv. Xaraés, *B. brizantha* cv. Piatã e o híbrido Ipyporã, derivado do cruzamento de *B. brizantha* e *B. ruziziensis*. A adubação nitrogenada não afetou a altura, independentemente dos capins. No entanto, a ausência de nitrogênio ocasionou um menor índice de clorofila, acompanhado da ocorrência de clorose em folhas mais velhas. Para as cultivares de *Brachiaria brizantha*, a ausência de nitrogênio reduziu em 24% a massa de forragem e não afetou o capim Ipyporã. Portanto, a ausência de nitrogênio compromete o estabelecimento das braquiárias. Novos estudos devem ser realizados com o capim Ipyporã, uma vez que seu estabelecimento é mais lento.

Palavras-chave: adubação de implantação, *Brachiaria brizantha*, nitrogênio.

Abstract: The mineralization of organic matter is a source of nitrogen in the formation of pasture, however there is doubt as to whether this mineralized nitrogen is sufficient for the initial development of brachiaria. Thus, the objective was to investigate whether the absence of nitrogen fertilization compromises the establishment of brachiaria. The experiment was carried out in a greenhouse, in a completely randomized design, with eight treatments (2 x 4 factorial scheme) and four replications. The treatments consisted of two establishment fertilization strategies (with and without nitrogen) and four *Brachiaria* cultivars: *B. brizantha* cv. Marandu, *B. brizantha* cv. Xaraés, *B. brizantha* cv. Piatã and the hybrid Ipyporã, derived from the crossing of *B. brizantha* and *B. ruziziensis*. Nitrogen fertilization did not affect height, regardless of grass. However, the absence of

nitrogen caused a lower chlorophyll content, accompanied by the occurrence of chlorosis in older leaves. For *Brachiaria brizantha* cultivars, the absence of nitrogen reduced forage mass by 24% and did not affect Ipyporã grass. Therefore, the absence of nitrogen compromises the establishment of brachiaria. New studies must be carried out with Ipyporã grass, since its establishment is slower.

Key Word: implantation fertilization, *Brachiaria brizantha*, nitrogen.

INTRODUÇÃO

As forrageiras mais utilizadas em pastagens brasileiras são as braquiárias (*Brachiaria* spp.), que se destacam pela ampla adaptação de clima e fertilidade do solo. Esta característica é importante, pois os solos do cerrado brasileiro naturalmente apresentam baixos teores de nutrientes, enquanto a adubação não é uma prática comumente adotada pelos pecuaristas, o que requer capins adaptados a esta condição. No entanto, para variedades não adaptadas à baixa fertilidade do solo, para que os sistemas sejam mantidos produtivos e para retardar a degradação da pastagem, as deficiências nutricionais devem ser corrigidas por meio de práticas de manejo como a calagem e a adubação, que visam corrigir a acidez e o baixo teor de nutrientes do solo.

Um dos principais nutrientes necessários para manter e aumentar a produtividade do pasto é o nitrogênio, uma vez que é um dos mais extraídos do solo pelos capins utilizados em pastejo (1). Sua demanda elevada deve-se à sua importância em vários processos metabólicos e na síntese de moléculas específicas para as plantas, como proteínas, ácidos nucleicos, pigmentos e outras (2).

Por estar amplamente associado a estrutura e fisiologia vegetal, o nitrogênio é capaz de aumentar o acúmulo de forragem, o perfilhamento, as taxas de aparecimento e alongamento de folhas (3). Caso o manejo do pastejo não seja adequado, a adubação nitrogenada pode aumentar até a taxa de senescência, em virtude da redução do filocrono da forrageira (3). A falta desse nutriente é caracterizada pelo amarelecimento das folhas, inicialmente as mais velhas e pode-se expandir a clorose para toda a planta (4). O nitrogênio é mais demandado nas adubações de manutenção de pastagens implantadas, pois no estabelecimento da pastagem parte do nitrogênio é suprido por meio da mineralização da matéria orgânica.

Um dos métodos de recomendação de adubação de implantação de pastagens recomenda não aplicar nitrogênio antes do primeiro pastejo quando o solo não for arenoso e o teor de matéria orgânica for maior que 16 g kg^{-1} (5), uma vez que a mineralização de compostos orgânicos é a principal fonte de nitrogênio no estabelecimento de forrageiras. No entanto, é necessário verificar se este nitrogênio mineralizado é suficiente para o crescimento inicial dos capins, que resulta em rápida cobertura do solo, que é fundamental para a supressão de plantas daninhas e para evitar a erosão.

Sendo assim, com esta pesquisa pretendeu-se verificar se a ausência de nitrogênio antes da primeira colheita compromete o estabelecimento das braquiárias.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação da Universidade Federal de Rondonópolis, de janeiro a fevereiro de 2021, durante 45 dias. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos, em esquema fatorial 2 x 4, e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em duas estratégias de adubação de formação do pasto (sem e com nitrogênio) e quatro capins, sendo três cultivares de *B. brizantha* (Marandu, Xaraés e Piatã) e o híbrido Ipyporã (cruzamento de *B. brizantha* e *B. ruziziensis*).

Cada unidade experimental consistiu em um vaso com capacidade de 5,0 dm³ contendo cinco plantas. O solo utilizado foi coletado na camada de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho, que foi peneirado e transferido para os vasos. Realizou-se análise química e granulométrica do solo peneirado (Tabela 1) para planejamento da adubação de implantação.

Tabela 4 - Caracterização química e granulométrica de Latossolo vermelho argiloso proveniente de Cerrado.

pH	P	K	Ca+Mg	Al+H	CTC	V	m	M.O	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	mg dm ³		cmol _c dm ³			%		g kg ⁻¹			
4,9	4,6	108	2,4	3,4	6,1	44	0,0	19,2	290	150	560

CTC: capacidade de troca de cátions; M.O: matéria orgânica; V%: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Após a transferência do solo para os vasos, foi realizada a adubação fosfatada, na dose de 100 mg P₂O₅ dm⁻³, com superfosfato simples (18% P₂O₅; 9% S). Em seguida, adicionou-se 20 sementes por vaso, na profundidade de 1,0 cm. Dez dias após a semeadura, desbastou-se o excesso de plântulas, mantendo-se seis plantas por vaso. No dia do desbaste, aplicou-se potássio (K₂O) na dose de 70 mg dm⁻³ em todos os vasos, na forma de cloreto de potássio (58% K₂O). No mesmo momento, somente a estratégia de adubação nitrogenada na implantação, aplicou-se nitrogênio na dose de 100 mg dm⁻³, na forma de ureia.

Trinta e cinco dias após o desbaste, mediu-se a altura das plantas e o índice de clorofila, contaram-se os perfilhos, colheu-se a forragem e quantificou-se o número de folhas. A altura de plantas foi medida com régua graduada. O índice de clorofila foi medido com clorofilômetros ótico portátil ClorofiLOG (Falker®) em três folhas expandidas por parcela experimental. Foram contados todos os perfilhos presentes em cada parcela experimental e todas as folhas presentes acima da altura de resíduo. A colheita da forragem foi realizada a 20 cm do solo e a massa colhida foi armazenada em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de circulação de ar a 55±5°C por 72 horas e, posteriormente, pesadas.

As variáveis analisadas nesse experimento foram: altura do pasto (cm), número de perfilhos e folhas, massa seca de forragem (MSF) e índice de clorofila. A quantificação

da redução no perfilhamento, massa de forragem e índice de clorofila que a ausência de nitrogênio resultou no estabelecimento dos capins foi calculada por meio da equação:

$$\text{Redução (\%)} = [(\text{variável com N} - \text{variável sem N}) / \text{variável com N}] \times 100$$

O modelo estatístico adotado foi: $y_{ijk} = \mu + C_i + A_j + C_i \cdot A_j + \varepsilon_{ijk}$;

em que:

y_{ijk} = resposta esperada;

μ = média;

C_i = efeito do capim i ;

A_j = efeito da adubação j

$C_i \cdot A_j$ = interação entre o capim i e a adubação j

ε_{ijk} = erro experimental associado ao capim i , adubação j e repetição k .

Após a análise de variância, procedeu-se o teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi identificada uma interação significativa entre os tipos de capim e as estratégias de adubação apenas em relação à massa de forragem e a densidade populacional de perfilhos (Tabela 2). Além disso, foi observado efeito isolado das gramíneas em todas as variáveis, com exceção do número de folhas. Não foi identificado efeito isolado da estratégia de adubação apenas para a altura das plantas (Tabela 2).

Tabela 2 - Síntese da análise de variância para efeitos de gramíneas, adubação e interação entre estes fatores.

Variáveis	Capim	Adubação	Capim x Adubação	EPM	CV (%)
Altura	<0,001	0,5873	0,5429	1,354	8,99
Perfilhos	<0,001	<0,001	<0,001	0,606	5,21
Folhas	0,4793	<0,001	0,5511	6,372	18,72
Massa de forragem	<0,001	<0,001	0,0004	0,882	15,99
Clorofila	0,0381	<0,001	0,2290	0,811	7,41

Independentemente da aplicação de nitrogênio, não foram registradas diferenças significativas na altura das plantas (Figura 1). Isso indica que a altura do dossel forrageiro não é uma variável sensível o suficiente para identificar deficiências de nitrogênio durante a formação do pasto. A altura observada está próxima da recomendação de altura de manejo para as cultivares de braquiária testadas, que varia de 30 a 35 cm (6).

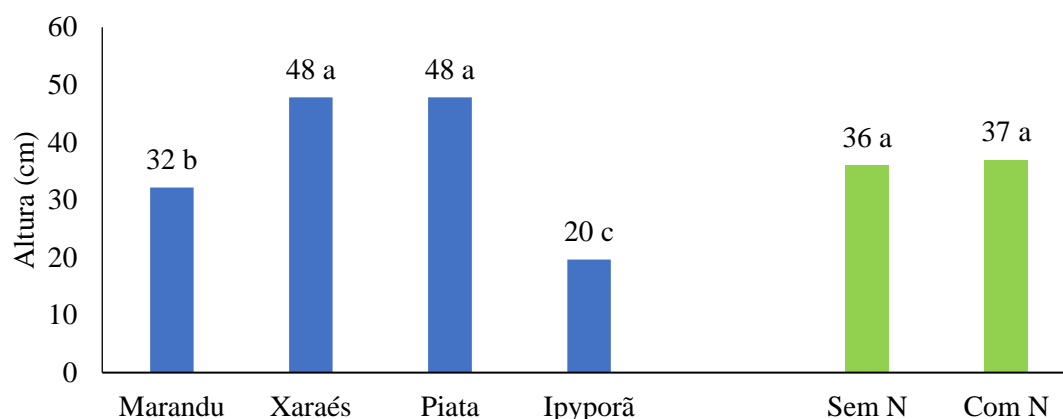


Figura 1 - Altura do dossel forrageiro de braquiárias submetidas a implantação com e sem nitrogênio.

Embora a adubação nitrogenada não tenha afetado a altura do dossel forrageiro, constatou-se uma redução na densidade de perfilhos (Tabela 3). A deficiência de nitrogênio pode ter comprometido a síntese de citocinina, que é um hormônio vegetal que apresenta nitrogênio na composição e afeta o perfilhamento (7). Essa redução na densidade de perfilhos pode resultar em uma maior exposição do solo, o que aumenta a vulnerabilidade do pasto ao estabelecimento de plantas invasoras e à erosão.

Os capins Ipyporã, Xaraés e Piatã exibiram uma redução mais acentuada na densidade de perfilhos em comparação com o capim-marandu (Figura 2), o que indica uma maior rusticidade deste capim. Mesmo que o capim-marandu tenha sido o capim menos afetado no perfilhamento diante da ausência de nitrogênio, outro estudo verificou uma maior presença de plantas invasoras quando o capim-marandu não foi adubado com nitrogênio (8), o que é resultado da menor densidade de perfilhos.

Tabela 3 - Densidade populacional de perfilhos (DPP) e massa de forragem de braquiárias implantadas na presença e ausência de nitrogênio.

Adubação	Marandu	Xaraés	Piatã	Ipyporã
	DPP (perfilhos vaso ⁻¹)			
Sem N	20 Bb	19 Bb	18 Bb	28 Ab
Com N	23 Ca	31 Ba	33 Ba	56 Aa
Massa de forragem (g vaso ⁻¹)				
Sem N	7,3 BCb	11,9 ABb	13,4 Ab	5,2 Ca
Com N	12,8 Ba	25,6 Aa	25,3 Aa	6,3 Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

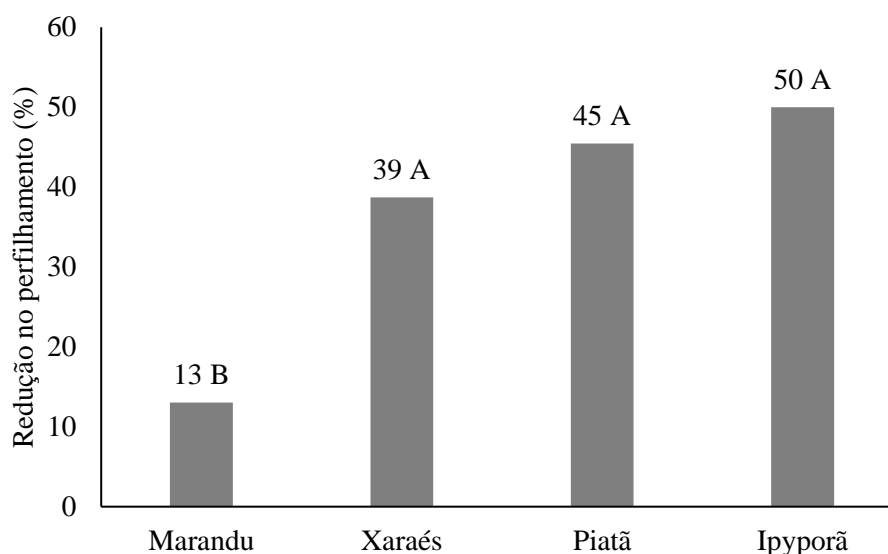


Figura 2 - Redução no perfilhamento de braquiárias implantadas na ausência de nitrogênio.

Além do impacto na densidade de perfilhos, a falta de nitrogênio durante a formação do pasto também prejudicou a emissão de folhas (Figura 3), bem como na massa de forragem em todos os tipos de capim, com exceção do capim-ipyoporã (Tabela 3). Para os cultivares de *Brachiaria brizantha*, foi observada uma diminuição significativa na massa de forragem, que chegou a 24% (Figura 4). Este efeito sobre a massa de forragem compromete a capacidade de suporte, uma vez que a quantidade de forragem produzida é o principal fator que influencia nesta variável. A redução na massa de forragem está relacionada a um desequilíbrio entre a quantidade de nitrogênio liberada pela mineralização dos resíduos orgânicos e a demanda de nitrogênio por parte dos capins.

A ausência desse efeito sobre o capim-ipyoporã está associada ao seu estabelecimento mais lento, uma vez que atingiu apenas 20 cm de altura no momento da colheita da forragem. O estabelecimento lento e gradual de híbridos de braquiárias foi especificado por (9).

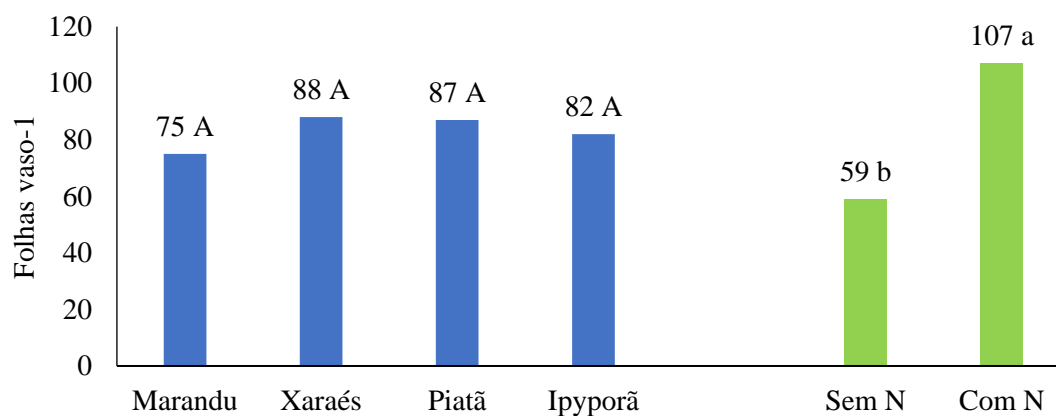


Figura 3 - Número de folhas de braquiárias implantadas na ausência de nitrogênio.

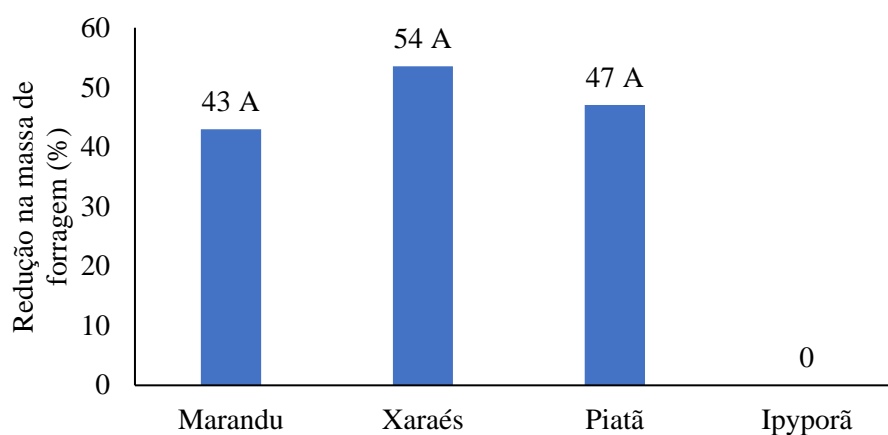
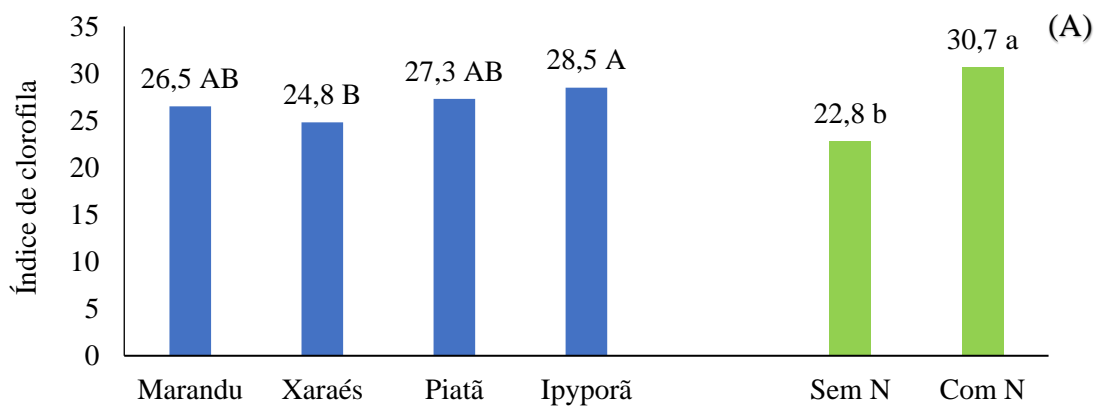


Figura 4 - Redução na massa de forragem de braquiárias implantadas na ausência de nitrogênio.

A ausência de aplicação de nitrogênio durante o estabelecimento dos capins provocou o amarelecimento das folhas, que é conhecido como clorose, como indicado pela diminuição do índice de clorofila (Figura 5). Estudos conduzidos por (10) indicaram que existe associação entre o índice de clorofila e o teor de nitrogênio no capim. Por isso, a clorose é um sintoma visual característico da deficiência de nitrogênio, manifestando-se devido à realocação de nitrogênio para os tecidos vegetais em crescimento quando há carência desse nutriente no solo (11).



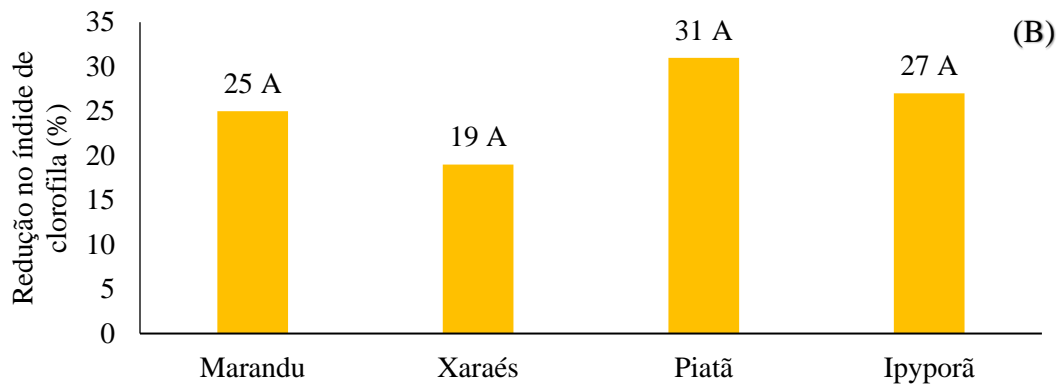


Figura 5 - Índice de clorofila (A) e redução deste índice (B) de braquiárias implantadas em ausência de nitrogênio.

Como mencionado anteriormente, o nitrogênio se revelou um nutriente essencial no processo de estabelecimento das braquiárias. Os capins que não receberam adubação nitrogenada apresentaram uma diminuição na densidade de perfilhos, manifestaram clorose nas folhas e, como consequência, registraram menor emissão de folhas e massa de forragem em todos os capins avaliados, com exceção do Ipyporã. A ausência desse nutriente pode ter impactos adversos na estrutura do pasto, uma vez que o subdesenvolvimento das plantas resulta em baixa produtividade e torna o pasto mais suscetível ao estabelecimento de plantas invasoras e à erosão, o que pode trazer uma degradação precoce da pastagem.

CONCLUSÕES

A omissão de nitrogênio do estabelecimento compromete o estabelecimento de braquiárias. Novos experimentos devem ser realizados com o capim-ipyporã, visto que pelo estabelecimento lento não foi possível identificar efeito sobre a massa de forragem.

REFERÊNCIAS

1. GALINDO, F. S.; BUZZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. acúmulo de matéria seca e nutrientes no capim-mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 1–9, 2018.
2. TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed., Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

3. MARTUSCELLO, J. A.; RIOS, J. F.; FERREIRA, M. R.; ASSIS, J. A.; BRAZ, T. G. S.; CUNHA, D. V. Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2019.
4. COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, M. A. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 115–123, 2009.
5. MARTHA JUNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. Adubação nitrogenada. IN: MARTHA JUNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p.117-144.
6. EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) e *Panicum maximum* Jacq. **Revista Ceres**, v. 61, p. 808-818, 2014.
7. CAMAS-REYES, A.; Vuelvas-Nolasco, R.; Cabrera-Ponce, J. L.; Pereyra-Alfárez, B.; Molina-Torres, J.; Martínez-Antonio. Effect of different cytokinins on shoot outgrowth and bioactive compounds profile of lemongrass essential oil. **Internacional Journal of Plant Biology**, v. 13, n. 1, p. 298–314, 2022.
8. SALES, K. C.; CABRAL, C. E. A.; ABREU, J. G.; BARROS, L.V.; SILVA, F. G.; CABRAL, C. H. A.; SANTOS, A. R. M.; SILVA JUNIOR, C. A.; CAMPOS FILHO, J.B. What is the maximum nitrogen in marandu palisadegrass fertilization? **Grassland Science**, v. 66, n. 1, p. 153-160, 2020.
9. ALMEIDA, E. M.; MONTAGNER, D. B.; FERNANDES, P. B.; ARAUJO, A. R.; MACEDO, M. C. M.; GURGEL, A. L. C. H.; DIFANTE, G. S.; FERREIRA, K. C. Produção de biomassa de forrageiras do gênero *Brachiaria* sp. em solo arenoso do Mato Grosso do Sul. IN: In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS ARENOSOS, 3., 2019, Campo Grande, MS. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2019.
10. CABRAL, C. E. A.; ABREU, J. G.; BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. H. A.; SCARAMUZZA, J. F.; SILVA, T. J. A. Eficiência de produção e concentração de

nitrogênio nos capins Marandu, Decumbens e Convert submetidos à adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 1653-1663, 2013.

11. CAMPOS, A. X.; BATISTA, G. S.; SALAS, M. D. C.; VIANNA, J. S. Movimentação de Nitrogênio na horizontalidade e recuperação de áreas degradadas de capim-brachiaria na integração com a cultura do milho após aplicação de níveis de nitrogênio. **Synergismus scyentifica**, v. 9, p.1-5, 2014.

Capítulo 22

DOI: 10.53934/IIICBPAV-22

BIOTECNOLOGIA UTILIZADA POR PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO PARA RESISTÊNCIA A DOENÇA EM ORGANISMOS AQUÁTICOS: REVISÃO DE LITERATURA

Diana Carla Fernandes Oliveira *; **Renan Rosa Paulino** ; **Rafael Borges Antônio** ; **Matheus Ribeiro Galuppo** ; **Rilke Tadeu Fonseca de Freitas** 

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: diana_zootecnista@yahoo.com.br*

Resumo: A crescente ocorrência de um grande número de infecções bacterianas e virais em instalações de aquicultura representa um sério risco para a saúde animal, produção e consumo de peixes, o que afeta o retorno econômico na aquicultura. Apesar da crescente intensificação da aquicultura, a falta de planejamento seguida de insuficientes medidas de controle sanitário tem sido identificada como um potencial fator limitante da produção aquícola. As práticas inadequadas nas pisciculturas comerciais, como alta densidade populacional, procedimentos periódicos de manejo dos peixes, nutrição inadequada e problemas relacionados à qualidade da água, têm causado vários surtos de doenças com perdas significativas na produção. A seleção genética para resistência a doenças pode representar uma alternativa sustentável e eficaz para reduzir a mortalidade e, assim, melhorar o desempenho produtivo em [sistemas de aquicultura](#). As inovações biotecnológicas incluem o uso de tecnologias de edição de genoma para fazer alterações direcionadas aos genomas de espécies de aquicultura, resultando em melhor saúde e desempenho. A seleção de animais com maior resistência a doenças específicas é um método viável para melhorar a produtividade e o bem-estar animal e oferece vantagens sobre outros métodos de controle contra infecções, como os benefícios cumulativos e permanentes da resistência melhorada. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre as principais doenças que acometem a aquicultura e a utilização da seleção genômica para identificação de animais resistentes a doenças. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica abrangente usando bases de dados de literatura científica.

Palavras-chave: aquicultura; bactéria; peixes; produção

Abstract: The health status of farmed fish is one of the main factors that affect the economic return in aquaculture. The increasing occurrence of a large number of bacterial and viral infections in aquaculture facilities represents a serious risk to animal health,

production and consumption of fish and shellfish. Despite the increasing intensification of aquaculture, the lack of planning followed by insufficient health control measures has been identified as a potential limiting factor in aquaculture production. Inadequate practices in commercial fish farms, such as high population density, periodic fish handling procedures, inadequate nutrition and problems related to water quality, have caused several disease outbreaks with significant losses in production. Genetic selection for disease resistance can represent a sustainable and effective alternative to reduce mortality and thus improve production performance in aquaculture systems. Biotechnological innovations include the use of genome editing technologies to make targeted changes to the genomes of aquaculture species, resulting in improved health and performance. Selection of animals with greater resistance to specific diseases is a viable method for improving productivity and animal welfare and offers advantages over other infection control methods, such as the cumulative and permanent benefits of improved resistance. The present work aimed to carry out a literature review on the main diseases that affect aquaculture and the use of genomic selection to identify disease-resistant animals. A comprehensive bibliographical search was carried out using scientific literature databases.

Key Word: aquaculture; bacterium; fish; production

INTRODUÇÃO

[A aquicultura](#) tem um papel importante e crescente na segurança alimentar e na estabilidade econômica em todo o mundo. A produção global de peixes e mariscos atingiu 172,6 milhões de toneladas em 2017, aproximadamente metade da qual é atualmente derivada da aquicultura (1). A pesca de captura, que extrai organismos em ambientes naturais marinhos e de água doce para fins comerciais, está exercendo sérias pressões sobre os estoques selvagens, com margem mínima para expansão sustentável (2).

Contudo, o rápido desenvolvimento da aquicultura implicou na intensificação da produção, muitas vezes desordenada e sem controle sanitário, o que acrescentou a ocorrência de doenças transmitidas por bactérias, vírus, fungos e parasitas (3, 4). Em consequência, geram-se prejuízos econômicos devido aos custos dos tratamentos, as medidas de controle da doença e a perda da produção (5). Assim sendo, o sucesso dos sistemas de produção aquícola depende, em grande parte, do controle das doenças infecciosas (6). A redução na ocorrência e gravidade de doenças melhoraria a produtividade, lucratividade, eficiência e bem-estar dos peixes (5). Dessa forma, é importante a realização de pesquisas tecnológicas e utilização de novas ferramentas genéticas para superar os entraves e assegurar uma produção contínua e melhorada dos estoques.

Segundo Gjedrem (2015) (3), as mortalidades causadas por doenças é relativamente alta, mesmo com o desenvolvimento de medicamentos e vacinas. Além do mais, estes tratamentos com medicamentos são muitas vezes poluentes, caros e parcialmente

eficazes, e o seu uso irrestrito pode gerar linhagens de patógenos resistentes (7). Frente a isto, os programas de melhoramento genético resultam como uma estratégia viável e potencialmente mais sustentável para o controle de surtos de doenças a longo prazo (8), o que tem permitido melhorar a situação sanitária dos peixes.

A resistência a doenças pode ser definida como a capacidade do hospedeiro de limitar a infecção reduzindo a replicação do patógeno (9, 10). A seleção de animais com maior resistência a doenças específicas é um método viável para melhorar a produtividade e o bem-estar animal e oferece vantagens sobre outros métodos de controle contra infecções, como os benefícios cumulativos e permanentes da resistência melhorada (11, 12).

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre as principais doenças que acometem a aquicultura e a utilização da seleção genômica em programas de melhoramento para identificação de animais resistentes a doenças.

BACTERIOSES

As bacterioses são as principais causadoras de prejuízos em sistemas aquícolas e tem se tornado alvo de muitos estudos. A *Aeromonas hydrophila* é uma bactéria oportunista gram negativa de vida livre responsável por perdas econômicas substanciais na [aquicultura de água doce](#) em todo o mundo (13, 14). Mortalidades de peixes por aeromoniose foram verificadas em espécies importantes, como carpas (15), tilápia (16), truta (17), bagres (18) e, principalmente, pacu (19).

Atualmente, o tratamento para doenças bacterianas na indústria aquícola brasileira é predominantemente baseado na aplicação de antibióticos comerciais (20). Contudo, o uso dessas substâncias na piscicultura pode contaminar o ambiente aquático, resultar em resíduos de antibióticos na carne, contribuir para o surgimento de patógenos resistentes e impactar outras espécies da cadeia alimentar e, conseqüentemente, a saúde dos consumidores (20). Por exemplo, o uso de antibióticos para controlar *A. hydrophila* em pisciculturas comerciais tem favorecido o desenvolvimento de cepas bacterianas resistentes a vários antibióticos em espécies de peixes nativos do Brasil, incluindo o pacu (21).

Muitos estudos também avaliaram o uso da vacinação como medida de controle contra o *A. hydrophila* em diferentes espécies de peixes (22). No entanto, ainda são poucos os estudos relacionados à eficácia das estratégias de vacinação em sistemas de produção e seu efeito no aumento da resposta imune das espécies cultivadas (23). Adicionalmente, apesar das maiores taxas de sobrevivência já observadas em experimento com animais vacinados (24), essa estratégia é considerada demorada, trabalhosa e estressante para os peixes.

MELHORAMENTO GENÉTICO

A seleção genética para resistência a doenças pode representar uma alternativa sustentável e eficaz para reduzir a mortalidade e, assim, melhorar o desempenho produtivo em sistemas de aquicultura (25). Nesse sentido, a variação genética significativa para resistência contra *A. hydrophila* foi demonstrado para diferentes espécies de peixes, o que permitirá o desenvolvimento de estoques geneticamente resistentes por meio de reprodução seletiva (26, 27).

Para incluir a resistência a doenças no objetivo de melhoramento, a estimativa de parâmetros genéticos e herdabilidade são necessários para entender se a variação genética ocorre para a característica analisada (28). Nas últimas décadas foram realizados vários experimentos de desafio baseados em teste de sobrevivência a patógenos específicos para buscar estimativas confiáveis de seleção de famílias resistentes às doenças (3). Os resultados dos testes de desafio são promissores e a herdabilidade da taxa de sobrevivência é geralmente alta (29, 30). A maioria desses estudos abordam a resistência a bactérias e vírus (31, 32, 33, 34, 35, 36, 37). Em relação aos parasitas, o número de estudos é limitado e a maioria está dirigido a parasitas que afetam salmonídeos, como: *Caligus rogercresseyi* (38, 39, 40) e *Neoparamoeba perurans* (41).

A genômica está crescendo rapidamente à medida que a tecnologia de sequenciamento está melhorando. O uso das tecnologias de sequenciamento de nova geração (NGS) se tornou uma opção interessante, uma vez que permitem o sequenciamento de milhões de pares de base de qualquer organismo, inclusive de espécies não modelos, em curto período de tempo e a custos reduzidos (42, 43).

Embora os custos de sequenciamento estejam caindo gradativamente, o sequenciamento, análise e a comparação de genomas inteiros ainda são custosas, pela enorme complexidade e demanda computacional exigida. Desta forma, estratégias que permitam análises e comparações representativas, são de amplo interesse. O RAD-seq (*Restriction-site associated DNA sequencing*) é uma estratégia de sequenciamento de genoma fracionário que utiliza enzimas de restrição e sequenciamento das regiões adjacentes aos cortes destas enzimas (44), reduzindo a necessidade de altas coberturas de sequenciamento. A vantagem desta técnica é que é possível formar um pool de uma grande quantidade de amostras a qual pode ser sequenciada de uma vez só (45).

Estudos de MAS e seleção genômica são particularmente úteis para serem direcionados a características que são difíceis ou impossível de medir diretamente sobre os candidatos de seleção (28). Um dos exemplos bem-sucedido de análises de QTL é o caso de resistência à infecção da necrose pancreática no salmão do Atlântico, a qual foi realizada por dos estudos independentes na Escócia e na Noruega, onde identificaram que um único QTL explicava mais de 80% da variação genética da resistência (46), o que permitiu diminuir as altas taxas de mortalidade (mais de 90%) para perto de zero (47). Esta descoberta representa um exemplo bem-sucedido de controle da doença, e mostra a importância das ferramentas genômicas para o desenvolvimento da aquicultura mundial.

CONCLUSÕES

Enfermidades em peixes são comuns em sistemas aquáticos, porém práticas de manejo adequadas podem prevenir mortalidades. Contudo, a seleção de animais com maior resistência a doenças específicas é um método viável para melhorar a produtividade e o bem-estar animal e oferece vantagens sobre outros métodos de controle contra infecções, como os benefícios cumulativos e permanentes da resistência melhorada.

REFERÊNCIAS

1. FAO, Organização Alimentar e Agrícola. *Anuário FAO de Estatísticas de Pesca e Aquicultura*, 2019.
2. LONGO, S. B. et al. Aquicultura e o deslocamento das capturas pesqueiras. *Conserva Biol.* **33**, eobi.13295, 2019.
3. GJEDREM, T. Disease resistant fish and shellfish are within reach: a review. **Journal of Marine Science and Engineering**. 2015; 3:146-153.
4. LEIRA, M. H. et al. As principais doenças na criação de tilápias no Brasil: revisão de literatura. **Nutri Time, Viçosa**. 2017;14: 4982-4996.
5. ELASWAD, A.; DUNHAM, R. Disease reduction in aquaculture with genetic and genomic technology: current and future approaches. **Reviews in Aquaculture**. 2018; 10: 876-898.
6. YÁÑEZ, J. M.; MARTÍNEZ, V. Factores genéticos que inciden en la resistencia a enfermedades infecciosas en salmónidos y su aplicación en programas de mejoramiento. **Archivos de medicina veterinária**. 2010;42: 1-13.
7. HOUSTON, R. D. Future directions in breeding for disease resistance in aquaculture species. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2017; 46: 545-551.
8. BISHOP, S. C.; WOOLLIAMS, J. A. Genomics and disease resistance studies in livestock. **Livestock Science**. 2014; 166: 190-198.
9. RÅBERG, Lars; SIM, Derek; READ, Andrew F. Disentangling genetic variation for resistance and tolerance to infectious diseases in animals. **Science**. 2007; 318: 812-814.
10. DOESCHL-WILSON, A. B. et al. Novel methods for quantifying individual host response to infectious pathogens for genetic analyses. **Frontiers in genetics**. 2012; 3: 266.
11. STEAR, M. J. et al. The sustainability, feasibility and desirability of breeding livestock for disease resistance. **Research in veterinary Science**. 2001; 71: 1-7.

12. BISHOP, Stephen C. Disease resistance: genetics. **Encyclopedia of animal Science**. 2010; 288-290.
13. MU, Y. et al. Transcriptome and expression profiling analysis revealed changes of multiple signaling pathways involved in immunity in the large yellow croaker during *Aeromonas hydrophila* infection. **BMC genomics**. 2010; 11: 1-14.
14. CHEN, P.-L. et al. A comparative study of clinical *Aeromonas dhakensis* and *Aeromonas hydrophila* isolates in southern Taiwan: *A. dhakensis* is more predominant and virulent. **Clinical Microbiology and Infection**. 2014; 20: 428-434.
15. YIN, G. et al. Chinese herbs (*Astragalus radix* and *Ganoderma lucidum*) enhance immune response of carp, *Cyprinus carpio*, and protection against *Aeromonas hydrophila*. **Fish & Shellfish Immunology**. 2009; 26: 140-145.
16. ARDÓ, L. et al. Chinese herbs (*Astragalus membranaceus* and *Lonicera japonica*) and boron enhance the non-specific immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and resistance against *Aeromonas hydrophila*. **Aquaculture**. 2008; 275: 26-33.
17. NYA, E. J.; AUSTIN, B. Use of garlic, *Allium sativum*, to control *Aeromonas hydrophila* infection in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Journal of fish diseases**. 2009; 32: 963-970.
18. ZHANG, D.; XU, D-H; SHOEMAKER, C. Experimental induction of motile *Aeromonas septicemia* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) by waterborne challenge with virulent *Aeromonas hydrophila*. **Aquaculture Reports**. 2016; 3: 18-23.
19. FARIAS, T. H. V. et al. Probiotic feeding improves the immunity of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, during *Aeromonas hydrophila* infection. **Animal Feed Science and Technology**. 2016; 211:137-144.
20. MONTEIRO, S. H. et al. Antibiotic residues and resistant bacteria in aquaculture. **Pharmaceut. Chem. J**. 2018; 5: 127-147.
21. BELÉM-COSTA, A; CYRINO, J. E. P. Antibiotic resistance of *Aeromonas hydrophila* isolated from *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) and *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). **Scientia Agricola**. 2006; 63: 281-284.
22. NAYAK, D. K. et al. Evaluation of biofilm of *Aeromonas hydrophila* for oral vaccination of *Clarias batrachus*—a carnivore model. **Fish & Shellfish Immunology**. 2004; 16: 613-619.

23. FIGUEIREDO, H. C. P.; LEAL, C. A. G. Tecnologias aplicadas em sanidade de peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2008; 37: 8-14.
24. POOBALANE, S. et al. Production and efficacy of an *Aeromonas hydrophila* recombinant S-layer protein vaccine for fish. **Vaccine**. 2010; 28: 3540-3547.
25. ØDEGÅRD, J. et al. Methodology for genetic evaluation of disease resistance in aquaculture species: challenges and future prospects. **Aquaculture research**. 2011; 42: 103-114.
26. XIONG, X-M. et al. Estimation of genetic parameters for resistance to *Aeromonas hydrophila* in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). **Aquaculture**. 2017; 479: 768-773.
27. SRISAPOOME, P. et al. Heritability of immunity traits and disease resistance of bighead catfish, *Clarias macrocephalus* Günther, 1864. **Fish & shellfish immunology**. 2019; 92: 209-215.
28. MASTROCHIRICO-FILHO, V. A. et al. Genetic parameters for resistance to *Aeromonas hydrophila* in the Neotropical fish pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**. 2019; 513: 734442.
29. YÁÑEZ, J. M.; HOUSTON, R. D.; NEWMAN, S. Genetics and genomics of disease resistance in salmonid species. **Frontiers in genetics**. 2014; 5: 415.
30. GJEDREM, T; RYE, M. Selection response in fish and shellfish: a review. **Reviews in Aquaculture**. 2018; 10: 168-179.
31. BARRÍA, A. et al. Genomic predictions and genome-wide association study of resistance against *Piscirickettsia salmonis* in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) using ddRAD sequencing. **G3: Genes, genomes, genetics**. 2018; 8: 1183-1194.
32. BASSINI, L. N. et al. Genetic parameters for *Piscirickettsia salmonis* resistance, sea lice (*Caligus rogercresseyi*) susceptibility and harvest weight in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**. 2019; 510: 276-282.
33. SUKHAVACHANA, S. et al. Heritability estimates and selection response for resistance to *Streptococcus agalactiae* in red tilapia *Oreochromis* spp. **Aquaculture**. 2019; 502: 384-390.

34. WANG, Wenwen et al. GWAS analysis indicated importance of NF- κ B signaling pathway in host resistance against motile *Aeromonas septicemia* disease in catfish. **Marine Biotechnology**. 2019; 21: 335-347.
35. ARIEDE, R. B. et al. Microsatellites associated with growth performance and analysis of resistance to *Aeromonas hydrophila* in tambaqui *Colossoma macropomum*. **Frontiers in Genetics**. 2018; 9: 3.
36. JIA, Z. et al. Genetic mapping of koi herpesvirus resistance (KHVR) in Mirror carp (*Cyprinus carpio*) revealed genes and molecular mechanisms of disease resistance. **Aquaculture**. 2020; 519:734850.
37. MASTROCHIRICO-FILHO, V. A. et al. Development of a SNP linkage map and genome-wide association study for resistance to *Aeromonas hydrophila* in pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **BMC genomics**. 2020; 21: 1-13.
38. TSAI, H-Y et al. Genomic prediction of host resistance to sea lice in farmed Atlantic salmon populations. **Genetics Selection Evolution**. 2016; 48: 1-11.
39. CORREA, K. et al. Genome wide association study for resistance to *Caligus rogercresseyi* in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) using a 50K SNP genotyping array. **Aquaculture**. 2017; 472: 61-65.
40. ROBLEDO, D. et al. Discovery and functional annotation of quantitative trait loci affecting resistance to sea lice in Atlantic salmon. **Frontiers in genetics**. 2019; 10: 56.
41. LILLEHAMMER, M. et al. Genetic parameters of resistance to amoebic gill disease in two Norwegian Atlantic salmon populations. **Aquaculture**. 2019; 508: 83-89.
42. MILLER, M. R. et al. Rapid and cost-effective polymorphism identification and genotyping using restriction site associated DNA (RAD) markers. **Genome research**. 2007;17:240-248.
43. KUMAR, G.; KOCOUR, M. Applications of next-generation sequencing in fisheries research: A review. **Fisheries Research**. 2017; 186:11-22.
44. BAIRD, N. A. et al. Rapid SNP discovery and genetic mapping using sequenced RAD markers. **PLoS one**. 2008; 3: 3376.
45. ANDREWS, K. R. et al. Harnessing the power of RADseq for ecological and evolutionary genomics. **Nature Reviews Genetics**. 2016; 17: 81-92.

46. MOEN, T. et al. Confirmation and fine-mapping of a major QTL for resistance to infectious pancreatic necrosis in Atlantic salmon (*Salmo salar*): population-level associations between markers and trait. **BMC genomics**. 2009; 10: 1-14.

47. HOUSTON, R. D. et al. Harnessing genomics to fast-track genetic improvement in aquaculture. **Nature Reviews Genetics**. 2020; 21: 389-409.

Capítulo 23

DOI: 10.53934/IIICBPAV-23

GRÃOS DE DESTILARIA EM DIETAS PARA BOVINOS CONFINADOS: EFEITOS SOBRE O METABOLISMO RUMINAL E QUALIDADE DE CARNE

Mariana da Natividade Ferreira Vital *; Ariane Maria Almeida Siqueira 
; Flávio Dutra de Resende 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: mariana.vital@unesp.br

Resumo: Diante da crescente preocupação em relação ao impacto ambiental associado ao uso de combustíveis fósseis, juntamente com o estímulo à produção e adoção de biocombustíveis, o Brasil direcionou investimentos para o desenvolvimento da produção de etanol a partir do milho. No âmbito desse processo, o principal subproduto é representado pelos grãos de destilaria, que podem ser destinados para a alimentação animal, resultando na diminuição dos custos de produção e do consumo de grãos destinados à alimentação humana, como milho e soja. Tais coprodutos podem ser utilizados na dieta de ruminantes, tanto como fonte de proteína, quanto de energia. Dentre os principais coprodutos, destacam-se os DDG, WDG bem como suas variantes combinadas com os solúveis condensados. Um novo método de processamento, denominado como *Fiber Separation Technology*TM, vem ganhando cada vez mais espaço, resultando no DDBS, WDBS e HPDG. Esta revisão tem como objetivo principal ressaltar diversos resultados da utilização dos grãos de destilaria, explorando aspectos relativos ao desempenho animal, metabolismo ruminal, características da carcaça e a qualidade da carne bovina.

Palavras-chave: desempenho, grãos de destilaria, metabolismo, qualidade de carne

Abstract: Given the growing concern regarding the environmental impact of using fossil fuels and promoting the production and adoption of biofuel, Brazil directed investments toward developing ethanol production from corn. Within the scope of this process, the primary byproduct consists of distillers grains, which can be utilized in animal feed, promoting the reduction of production cost in addition to alleviating competition for grains intended for human consumption, such as corn and soybeans. These coproducts can be integrated into the diet of ruminants, serving as sources of protein and energy. Among the key coproducts, distillers dried grains (DDG), wet distillers grains (WDG), as well as their condensed soluble variations, stand out. A new processing method known as *Fiber Separation Technology*TM has been gaining traction, resulting in dry distillers bran plus solubles (DDBS), wet distillers bran plus dolubles (WDBS), and high protein distillers grains (HPDG). This review aims to underscore various outcomes associated

with utilizing of distillers grains, exploring aspects related to animal performance, ruminal metabolism, carcass characteristics, and the beef quality.

Key Word: distillery grains, performance, metabolism, beef quality

INTRODUÇÃO

Com o crescimento constante da demanda global por combustíveis e a crescente preocupação com os impactos ambientais associados ao uso de combustíveis fósseis, tem-se observado significativa promoção da produção e adoção de biocombustíveis. No contexto brasileiro, um marco relevante nessa trajetória foi a expansão das usinas de produção de etanol a partir do milho, sendo essa uma tendência observada nos últimos dez anos (1). Adicionalmente, o Brasil ocupa a terceira posição no ranking mundial de produção de milho, superado apenas pelos Estados Unidos e China, e registrou produção de 116 milhões de toneladas na safra de 2021/2022 (2). Outro aspecto interessante da produção de etanol a partir do milho é a elevada produtividade por tonelada processada (399,44 L/t) em comparação com a cana-de-açúcar (82,2 L/t) (1).

Nesse cenário, a produção de etanol a partir do milho, além de complementar, passou a ser vista também como estratégica. Diversos fatores tais como a otimização da indústria e obtenção de sinergias operacionais, associado a benefícios como maior capacidade de armazenamento e, conseqüentemente, aprimoramento do gerenciamento de risco (3) desempenham papel fundamental na sustentabilidade econômica dessa atividade. Tais benefícios são ainda mais evidenciados durante a entressafra de cana-de-açúcar (1). Esses autores sugerem também que o crescimento da produção de etanol de milho está relacionado ao avanço da produção animal, visto que os coprodutos do processo podem ser direcionados para nutrição animal.

O principal coproduto decorrente do processo de produção de etanol de milho é representado pelos grãos de destilaria. Estes resíduos secundários têm a possibilidade de serem direcionados para a alimentação animal, o que resulta na redução dos custos de produção, ao mesmo tempo em que minimiza a competitividade pelo consumo dos grãos originalmente destinados à alimentação humana, como o milho e a soja (1).

A incorporação dos grãos de destilaria na dieta animal no Brasil ocorreu de forma gradual, em parte devido à predominância da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. A Usimat, inaugurada em 2012, desempenhou um papel pioneiro ao tornar-se a primeira usina a produzir etanol a partir do milho no Brasil, também operando no modelo de produção “flex”, ou seja, gerando etanol tanto a partir da cana-de-açúcar quanto do milho. Posteriormente, em 2017, a abertura da FS Bioenergia marcou a inauguração da primeira usina de etanol de milho “full”, na qual a produção de etanol é exclusivamente derivada do milho (1). Segundo a Unem (4), no próximo ano safra de etanol deve iniciar com 20 indústrias autorizadas, duas a mais que no ciclo 22/23. Nesse contexto, em virtude da contínua expansão na demanda por etanol, as usinas têm implementado novas

tecnologias visando aprimorar a eficiência do processo de produção, ao mesmo tempo que geram novos coprodutos passíveis de serem empregados na alimentação animal (5), indicando um aumento significativo na capacidade produtiva e disponibilidade deste produto no mercado.

A utilização desses coprodutos na alimentação animal pode ser realizada de maneira abrangente, sendo que, em dietas formuladas para ruminantes, esses ingredientes podem ser incluídos tanto como fonte de proteína quanto de energia em virtude do elevado teor de extrato etéreo e fibra altamente digestível (6). Dados provenientes de confinamentos brasileiros revelam que 57,6% destes estabelecimentos incorporam entre 81 - 90% de alimento concentrado na dieta, e 81,8% utilizam mais de 51% de milho moído como a principal fonte de energia nas formulações, sendo este ingrediente um dos principais responsáveis pelos custos relacionados à alimentação (7, 8). Diante desse cenário, a inclusão de coprodutos tem sido cada vez mais utilizada e aceita nas formulações de dietas com o propósito de promover redução nos custos associados à alimentação (7; 8).

COPRODUTOS DE ETANOL

O processo de conversão do milho em etanol pode ser realizado por meio de diversas tecnologias de moagem. No método tradicional, ocorre a moagem do grão de milho inteiro, submetendo todo o seu conteúdo à fermentação. Isso resulta na produção de coprodutos que são amplamente estudados e empregados, sobretudo em formulações de dietas para sistemas de confinamento.

Os principais coprodutos derivados desse processo são os grãos destilados secos (*dry distillers grain* - DDG) e os grãos destilados úmidos (*wet distillers grain* - WDG), bem como suas variantes combinadas com solúveis condensados, resultando nos grãos destilados secos com solúveis (*dry distillers grain with soluble* - DDGS) e nos grãos destilados úmidos com solúveis (*wet distillers grain with soluble* - WDGS). Os DDGs tradicionais apresentam uma composição nutricional média que compreende 31% de proteína bruta, 10,5% de extrato etéreo, 30% de fibra em detergente neutro, 0,86% de fósforo e 0,67% de enxofre (6; 9; 10).

Um método inovador que vem ganhando aceitação na produção de etanol envolve o fracionamento do grão de milho antes do processo de fermentação, por meio da técnica conhecida como *Fiber Separation Technology*TM ([FST] ICM Inc., Colwich, KS). Esse procedimento se caracteriza pela separação do pericarpo dos demais componentes do grão antes da etapa de fermentação. Este método demonstra maior eficiência devido ao fato de que o substrato a ser fermentado apresenta maior concentração de amido, o que, por sua vez, contribui para uma fermentação mais eficaz (6; 11).

Nesse procedimento, os solúveis resultantes do processo de produção de etanol são posteriormente adicionados a fração de fibra que foi inicialmente separada, resultando no produto denominado "Fibra Úmida de Grão Destilado com Solúveis" (*Wet Distillers Bran plus Solubles* - WDBS). Esse, por sua vez, pode ser submetido a um processo de secagem para dar origem à "Fibra Seca de Grão Destilado com Solúveis" (*Dry Distillers Bran plus*

Solubles - DDBS). Estes produtos apresentam uma composição nutricional média de 18,2% de proteína bruta, 48,5% de fibra em detergente neutro e 10,3% de extrato etéreo.

A fração sólida resultante do processo de fermentação é conhecida como "Grão Destilado Seco de Alta Proteína" (*High Protein Distillers Grains* - HPDG), com uma composição nutricional média de 44,3% de proteína bruta, 33,1% de fibra em detergente neutro e 14,3% de extrato etéreo. Vale destacar que, por serem produtos relativamente recentes tanto nos Estados Unidos quanto no Brasil, a quantidade de estudos publicados sobre eles ainda é limitada (6; 12).

É importante enfatizar que a composição nutricional de coprodutos, como os grãos de destilaria, demonstra variabilidade, e é influenciada pelo tipo do grão, bem como pelos procedimentos de processamento adotados nas destilarias.

USO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS

Inicialmente, a introdução dos grãos de destilaria na ração de ruminantes era prática comum para empregá-los como substitutos dos concentrados proteicos. No entanto, devido ao crescente suprimento desse recurso, observa-se uma tendência de maior utilização em substituição de ingrediente energéticos, como o milho. Nesse contexto surge a viabilidade de substituição parcial ou total dos concentrados por este coproduto, sem comprometer o desempenho animal.

No estudo conduzido por Antunes (6), que envolveu a avaliação de bovinos terminados em confinamento com a inclusão de 30% de DDBS em substituição total ao farelo de soja e caroço de algodão, e parcial ao milho moído seco, observou aumento no ganho de peso diário e no peso da carcaça quente dos animais. Garland et al. (13) comparou a influência de HPDG e DDBS em relação a uma dieta controle, a qual apresentava alto teor de milho, em dietas de terminação. Nesse estudo, houve a inclusão de 40% desses produtos na matéria seca das dietas. Os resultados indicaram que tanto HPDG quanto DDBS promoveram ganhos médios diários superiores e maior eficiência alimentar quando comparados à dieta controle.

O uso de DDGS em dietas para bovinos tem sido uma forma de fortalecer a sustentabilidade econômica das usinas de etanol (14). Segundo ARIAS et al., (15), a substituição parcial de até 40% da silagem de milho na dieta pelo DDGS não provocou nenhum impacto deletério no ganho de peso e índices reprodutivos do rebanho. Uma vez que os grãos de destilaria são ricos em proteínas e fibras, o uso desse ingrediente reduz a necessidade de ingredientes mais caros como a soja e milho na formulação. Considerando valor reduzido dos grãos de destilaria em relação a estes ingredientes, uma vez que não houve impacto negativo na produção animal, pode-se sugerir que esses coprodutos favorecem a redução dos custos e o aumento da receita dos produtores.

Os grãos de destilaria representam uma fonte de proteína de notável interesse devido à sua elevada concentração de proteína não degradada no rúmen (PNDR), que se situa em torno de 68%, (9). Isso ocorre devido ao fato de que o glúten não é removido durante o

processamento do grão, o qual inclui a hidrólise e fermentação do amido, conforme descrito por Stock et al. (16). A significativa quantidade de PNDR presente nos grãos de destilaria contribui para o aumento da disponibilidade de proteína metabolizável, tornando-se particularmente relevante na busca por ganhos substanciais de peso, especialmente em animais jovens, cujas necessidades de aminoácidos essenciais e proteína são mais acentuadas (17).

EFEITOS RUMINAIS DA UTILIZAÇÃO DE GRÃOS DE DESTILARIA

Embora as fontes de PNDR contribuam significativamente para o aumento do suprimento de proteína metabolizável, é importante destacar que essa forma de suplementação apresenta uma eficiência relativamente baixa na manutenção dos níveis de nitrogênio amoniacal ruminal, quando comparada a uma dieta rica em proteína degradada no rúmen (PDR) (18). A escassa disponibilidade de nitrogênio amoniacal no ambiente ruminal para as bactérias afeta adversamente o crescimento microbiano, podendo resultar em redução no consumo total dos animais. Isso se deve, em grande parte, à diminuição da proliferação de bactérias celulolíticas, uma vez que, a concentração de nitrogênio amoniacal é indispensável para o seu crescimento e afeta a taxa de passagem, ocasionando aumento no enchimento ruminal e, conseqüentemente, redução no consumo de matéria seca.

Portanto, é crucial estabelecer um equilíbrio adequado entre a oferta de PDR e PNDR, uma vez que o desequilíbrio dessa relação resultaria na redução da passagem de proteína microbiana para o intestino, comprometendo os efeitos positivos da suplementação com PNDR (19). Nesse sentido, é interessante adicionar uma fonte de nitrogênio (N) altamente degradável no rúmen, como a ureia, ao utilizar grãos de destilaria, buscando otimizar o processo de fermentação ruminal e, por conseguinte, melhorar o desempenho dos animais (19; 20).

Em comparação com a PDR, ou até mesmo carboidratos, a PNDR pode demonstrar maior eficiência energética, uma vez que não sofre perdas significativas durante a fermentação ruminal. Portanto, a alta porcentagem de PNDR, combinada com o elevado teor de extrato etéreo encontrado nos grãos de destilaria, está correlacionada com maiores valores nutricionais desses coprodutos em relação ao milho (21).

Uma metanálise que avaliou estudos com níveis de inclusão de 0%, 10%, 20%, 30% e 40% da matéria seca de grãos destilados em dietas de terminação revelou valores alimentares de 150%, 143%, 136% e 130% para os níveis de inclusão correspondentes de WDGS, enquanto o DDGS apresentou valor alimentar de 112% em todas as inclusões, quando comparado a uma mistura de milho laminado e grãos úmidos (22). Além disso, Gardland et al. (13), ao avaliar a inclusão de DDBS e HPDG em 40% da matéria seca das dietas, obtiveram valores nutricionais 26% e 21% maiores, respectivamente, em comparação com a dieta controle composta por 50% de milho laminado e 50% de silagem de grãos úmidos.

Os grãos de destilaria constituem um componente de interesse quando se considera a ocorrência da acidose subaguda, sendo essa uma preocupação crescente nos sistemas de confinamento devido à ampla adoção de dietas ricas em grãos, que contêm elevadas quantidades de amido altamente fermentável no rúmen. Nesse cenário, as dietas que incorporam grãos de destilaria emergem como uma alternativa viável para substituir ingredientes tradicionalmente utilizados, uma vez que apresentam teores reduzidos de amido, variando entre 2 e 5% da matéria seca, e uma elevada concentração de fibras (21).

No entanto, apesar dos grãos de destilaria exibirem elevados teores FDN, esses ingredientes não são necessariamente adequados para substituir integralmente as forragens e alimentos volumosos. Isso se deve ao fato de que a fibra presente nesses alimentos, além de ser altamente fermentável no rúmen, possui um tamanho médio de partícula reduzido, o que pode limitar sua atuação como fibra efetiva. Dessa forma, quando comparado a dietas que apresentam elevadas proporções de milho, a inclusão desses coprodutos não resulta necessariamente em um aumento do pH ruminal (9).

Em um estudo conduzido por Moraes (23), avaliando diferentes níveis de inclusão de DDBS em dietas de terminação para bovinos confinados, variando de 0% a 45% da matéria seca, foi observado redução no pH ruminal nas dietas que continham 15% e 30% desse produto. Esses autores relataram que somente na inclusão de 45%, o pH se assemelhou ao da dieta controle. Ao comparar uma dieta controle de alto grão com dietas contendo DDGS, WDGS, HPDG e DDBS, não foram identificadas diferenças significativas nos valores de pH ruminal (13).

LIMITAÇÕES DO USO DE GRÃOS DE DESTILARIA NA DIETA DE RUMINANTES

No processo de produção do etanol, o procedimento de inclusão de ácido sulfúrico é necessário, variando de acordo com o método de produção. Dessa forma, os grãos de destilaria podem conter elevada concentração de enxofre. O aumento nos níveis de enxofre na dieta pode induzir a redução no consumo de matéria seca e influenciar negativamente os parâmetros de carcaça, além de estar associado à ocorrência de polioencefalomalacia (24; 25).

De acordo com as diretrizes do NRC (26), o nível máximo de concentração de enxofre em uma dieta composta por 85% de alimento concentrado deve ser de 0,3%. Contudo, em metanálise realizada por Torres et al. (27) que investigou dietas contendo até 0,6% de enxofre não detectou efeitos adversos no desempenho e nas características de carcaça. Segundo esses autores, isso pode ser atribuído ao fato de que o enxofre presente nos grãos de destilaria pode estar associado a aminoácidos sulfurados, resultando em uma liberação mais lenta, o que, por sua vez, pode aumentar a tolerância dos animais a níveis mais elevados de enxofre na dieta (27).

Outra limitação a ser considerada é o aumento no teor de extrato etéreo das dietas devido à inclusão de grãos de destilaria, frequentemente ultrapassando o nível máximo recomendado de 5% (26). Isso tem levantado preocupações sobre a possível redução no

consumo de matéria seca e, conseqüentemente, no desempenho dos animais. No entanto, não foi possível observar efeito no consumo de matéria seca e características de carcaça em animais alimentados com dietas entre 50 e 70 g/kg MS de extrato etéreo (27). Além disso, esses autores também relataram que em dietas com teor de extrato etéreo entre 90 e 110 g/kg MS, foi possível observar um aumento na área de olho de lombo. A ausência de efeitos deletérios, mesmo com o aumento significativo do extrato etéreo nas dietas contendo grãos de destilaria, pode ser atribuída ao processo de saponificação que ocorre durante a produção de etanol, o qual reduz a solubilidade dos lipídios no ambiente ruminal.

QUALIDADE DE CARNE

A incorporação de grãos de destilaria na alimentação de bovinos tem demonstrado influências significativas nas características da carcaça e da carne, principalmente no que se refere a composição dos ácidos graxos. Klopfenstein et al. (21) constataram um aumento na gordura subcutânea quando a inclusão de DDGS na dieta ultrapassou 35%. Além disso, foi observada uma tendência à redução no grau de marmoreio em dietas contendo mais de 40% de inclusão de DDGS.

A presença de gordura parcialmente protegida nos grãos de destilaria, devido ao processamento para produção do etanol, resulta em uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados alcançando o duodeno, o que se traduz em uma maior concentração de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) na carne desses animais (21). A composição dos ácidos graxos desempenha um papel crucial no sabor, na taxa de oxidação e na estabilidade da cor da carne, sendo que os ácidos graxos insaturados são mais susceptíveis à oxidação lipídica (28).

A análise do perfil dos ácidos graxos na carne é de grande relevância devido aos efeitos específicos que exercem sobre o organismo humano. Ácidos graxos como o mirístico, o palmítico e o láurico têm sido associados ao aumento dos níveis de lipoproteínas de baixa densidade no sangue, sendo essas consideradas prejudiciais à saúde humana. Por outro lado, ácidos graxos como o ácido linoleico conjugado (CLA) são conhecidos por suas propriedades anticarcinogênicas e hipolipidêmicas (29).

Reis et al. (30) conduziram um estudo utilizando dietas com e sem a inclusão de 21% de DDGS na matéria seca. Os resultados indicaram que os animais alimentados com a dieta contendo DDGS apresentaram maior peso corporal, ganho médio diário superior, aumento no consumo de matéria seca e acréscimo de 10,3% no peso da carcaça quente em comparação com aqueles alimentados com a dieta controle. Além disso, em relação ao perfil de ácidos graxos, o estudo revelou uma concentração mais elevada dos ácidos láurico, mirístico e palmítico na dieta controle (sem inclusão de DDGS), enquanto os animais que receberam DDGS apresentaram aumentos nos ácidos linoleico, araquidônico e PUFAs.

Na meta-análise conduzida por Torres et al. (27), que investigou dietas com diferentes níveis de inclusão de grãos de destilaria, foi possível observar aumento no peso corporal final, no rendimento de carcaça, na espessura de gordura subcutânea e na gordura

intramuscular nos animais que receberam qualquer nível de inclusão de DDG. A inclusão desse produto não afetou as concentrações de ácidos graxos saturados e insaturados, mas provocou uma modificação na proporção de ácidos graxos insaturados, resultando na redução da proporção de ácido graxos insaturados em 2,8%, e aumentando as concentrações de CLA, PUFAs, ômega-3 e ômega-6.

CONCLUSÕES

A produção de etanol a partir do milho no Brasil está em constante crescimento, com a construção de novas usinas em todo o país. Como resultado, a disponibilidade e oferta de grãos de destilaria estão aumentando significativamente. Esse coproduto está emergindo como uma alternativa cada vez mais atrativa para a indústria de bovinocultura de corte no Brasil devido a capacidade de substituir tanto os concentrados proteicos quanto os concentrados energéticos sem apresentar prejuízos ao desempenho dos animais, rendimento de carcaça e qualidade da carne.

REFERÊNCIAS

1. da Silva HJT, Santos PFA, Nogueira Junior EC, Vian CEDF. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil. Rev. Polít. Agrícola. 2020;29(4):142-159.
2. CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos – Safra 2021/22 – 10 Levantamento. 2022;9(10):46-60.
3. Nastari PM. Etanol de milho tem futuro no Brasil. Agro ANALYSIS [Internet]. 2018 [acesso em 2023 Set 6]. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/view/78264/74963>.
4. UNEM. União Nacional do Etanol de Milho. Cuiabá [Internet] 2023 [acesso em 2023 Set 6]. Disponível em: <https://etanoldemilho.com.br/2023/03/07/unem-projeta-alta-de-etanol-de-milho/>.
5. Winkler-Moser JKL, Breyer L. Composition and oxidative stability of crude oil extracts of corn germ and distillers grains. Ind. Crops Prod. 2011;33:572-578.
6. Antunes SL. Inclusão de novos coprodutos derivados do processo de produção de etanol de milho em dietas de terminação de bovinos. Universidade de São Paulo, ESALQ. Piracicaba, SP; 2020.
7. Ferreira MS. Níveis de grãos úmidos de destilaria desengordurado em dietas para bovinos de corte confinados: desempenho, características de carcaça e qualidade de carne. Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, FCAV. Jaboticabal; 2020.








8. Pinto ACJ, Millen DD. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: The 2016 Brazilian survey. *Can. J. Anim. Sci.* 2019;99(2):392–407.
9. NASEM. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 8th Revised Edition. Washington, DC: National Academies Press, 2016.
10. Buckner CD, et al. Evaluation of Dry Distillers Grains Plus Solubles Inclusion on Performance and Economics of Finishing Beef Steers¹. *Prof. Anim. Sci.* 2008;24(5):404-410.
11. Garland AS. Impact of ethanol process changes on distillers grains for beef cattle. University of Nebraska. Lincoln; 2018:98.
12. Garland SA, Boyd BM, Erickson GE, MacDonald JC. Evaluation of Fractioned Distillers Grains (High Protein and Bran Plus Solubles) on Performance and Carcass Characteristics in Finishing Diets. *Nebraska Beef Cattle Report*. 2019;1021:88-90.
13. Garland SA, Jolly-Breithaupt ML, Hamilton HCH, Erickson GE, MacDonald JC. Evaluation of the Energy Value and Nutrient Digestibility of Distillers Grains That Have Undergone a Fiber Separation Process in Finishing Diets. *Nebraska Beef Cattle Report*. 2019;1019:88-90.
14. Mohammadi Shad Z, Venkitasamy C, Wen Z. Corn distillers dried grains with solubles: production, properties, and potential uses. *Cereal Chem.* 2021;98(5):999-1019.
15. Arias RP, et al. Effects of feeding corn modified wet distillers grain plus solubles co-ensiled with direct-cut forage on feedlot performance, carcass characteristics, and diet digestibility of finishing steers. *J. Anim. Sci.* 2015;90:3574-3583.
16. Stock RA, et al. Review of new information on the use of wet and dry milling feed byproducts in feedlot diets. *J. Anim. Sci.* 2000;77:1-12.
17. MacDonald JC, Klopfenstein TJ, Erickson GE, et al. Effects of dried distillers grains and equivalent undegradable intake protein or ether extract on performance and forage intake of heifers grazing smooth brome grass pastures. *J. Anim. Sci.* 2007;85:2614–2624.
18. Lazzarini I, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Valadares RFD, Oliveira FA; Da Silva PT, Reis WLS. Nutritional performance of cattle grazing on low-quality tropical forage supplemented with nitrogenous compounds and/or starch¹. *Rev. Bras. Zootec.* 2013;42(9):664–674.

19. Ortelam JC. Ureia em suplementos com fibra seca de grão destilado com solúveis em dietas com forragem de baixa qualidade. Universidade Federal do Mato Grosso. Sinop, MT; 2020.
20. Lana RDP. Nutrição e alimentação animal (mitos e verdades). Viçosa, MG: 143 Ufv, 111, 112. 2005
21. Klopfenstein TJ, Erickson GE, Bremer VR. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 2008;86(5):1223–1231.
22. Bremer VR, Watson AK, Liska AJ, Erickson GE, Cassman KG, Hanforrd KJ, Klopfenstein TJ. Effect of distillers grains moisture and inclusion level in livestock diets on greenhouse gas emissions in the corn-ethanol-livestock life cycle. *Prof. Anim. Sci.* 2011;27(5):449–455.
23. Moraes JMM. Níveis de inclusão de fibra seca com solúveis de destilaria de etanol de milho em dietas para bovinos terminados em confinamento. Universidade de São Paulo, ESALQ. Piracicaba, SP.2023.
24. Drewnoski ME, Pogge, DJ, Hansen, SL. High-sulfur in beef cattle diets: A review. *J. Anim. Sci.* 2014;92(9):3763–3780.
25. Felix TL, Murphy TA, Loerch SC. Effects of dietary inclusion and NaOH treatment of dried distillers grains with solubles on ruminal metabolism of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 2012;90(13):4951–4961.
26. NRC. National Research Council. Mineral Tolerance of Animal. Washington, DC: National Academies Press. 2005.
27. Torres RDNS, Coelho LM, Paschoaloto JR, Ghedini CP, Neto ORM, Chardulo LAL, Almeida MTC. Does distillers' grains supplementation affect beef cattle performance, carcass characteristics, and meat quality? A meta-analysis study. *Res. Vet Sci.* 2022;149:21-35.
28. De Mello AS, Jenschke BE, Senaratne LS, Carr TP, Erickson GE, Calkins CR. Effects of finishing diets containing wet distillers grains plus solubles on beef quality attributes and fatty acid profile. *Meat Sci.* 2018;136:16–22.
29. Webb E, O'Neill H. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Sci, Barking.* 2008;80(1):28–36.
30. Reis VA; Reis RA; Araújo TLDR; Lage JF; Teixeira PD; Gionbelli TRS; Lanna DP; Ladeira MM. Performance, beef quality and expression of lipogenic genes in young bulls fed low-fat dried distillers grains. *Meat Sci.* 2020;160:107962.

Capítulo 24

DOI: 10.53934/IIICBPAV-24

RECRIA INTENSIVA DE BOVINOS DE CORTE: REVISÃO DE LITERATURA

Anna Lidia Francino Garcia *; Luciana Melo Sousa ; Ariane Maria Almeida Siqueira ; Gilyard Angelo Pinheiro de Souza ; Bianca Rodrigues Domingos ; Flávio Dutra de Resende ; Gustavo Rezende Siqueira .

**Autor correspondente (Corresponding author) – E-mail: annalidiafrancino@gmail.com*

Resumo: Esta revisão de literatura tem como objetivo elucidar questões sobre a intensificação da recria de bovinos de corte. A grande dificuldade da pecuária de corte a pasto, base da produção de bovinos no Brasil, está na utilização de conhecimentos e possibilidades tecnológicas capazes de elevar a produtividade e a qualidade do produto final, de forma sustentável e com mínimo impacto ambiental. Nesse contexto, têm-se buscado estratégias de manejo que permitam o fornecimento contínuo de nutrientes aos animais. Para que a terminação de bovinos de corte seja antecipada ao longo de todo o processo produtivo, tem-se utilizado a intensificação da recria. A intensificação do sistema de produção exige, além da utilização de técnicas de manejo de pastagens, a adoção de estratégias nutricionais, como a suplementação da dieta de bovinos a pasto, o confinamento de bezerros na época seca, bem como o aproveitamento do potencial genético dos animais. Na pecuária de ciclo curto, com abate de animais até 24 meses, a redução do tempo da fase de recria é uma ferramenta a ser planejada nas propriedades, com o objetivo de abater animais jovens mais pesados e com carne de qualidade.

Palavras-chave: bovinos de corte; intensificação; recria

Abstract: This literature review aims to elucidate questions about the intensification of growing phase in beef cattle. The difficulty of grass-fed beef cattle, the basis of cattle production in Brazil, is the use of knowledge and technological alternatives capable of improving productivity and quality of the final product in a sustainable way, and with minimal environmental impact. In this context, it is necessary using alternatives that allow the continuous supply of nutrients to the animals. For finishing phase of beef cattle to be anticipated throughout the entire production process, the intensification of growing phase has been used. The intensification of the production system requires, in addition to the use of pasture management techniques, the adoption of nutritional strategies, such as supplementation on pasture, calves feedlot in the dry season, as well as taking advantage of the genetic potential of animals. In short-cycle livestock, with animals slaughtered at least 24 months, reducing the time of the growing phase is a tool to be planned on farms, with the aim of slaughtering heavier young animals with meat quality.

Key-words: beef cattle; growing phase; intensification

INTRODUÇÃO

A grande extensão territorial e o clima tropical, (favorável ao crescimento das gramíneas tropicais), fazem das pastagens a base da alimentação do gado de corte. A pastagem é considerada a fonte mais prática e econômica para alimentar bovinos no Brasil (1), e é responsável pela produção de 85% de todo o rebanho, que chega a quase 197 milhões de cabeças (2).

A globalização da economia induz a agricultura a se tornar cada vez mais eficiente e competitiva, portanto, falhas no manejo das pastagens podem ser decisivas para o sucesso ou insucesso da pecuária de corte (3). Nesse sentido, o grande desafio dos sistemas de produção de gado de corte a pasto é a utilização de práticas capazes de aumentar a produtividade e qualidade da carne com baixo impacto ambiental (4;5). Diante disso, melhorar o desempenho animal e otimizar o uso dos recursos forrageiros basais é o principal objetivo das estratégias de manejo a serem adotadas (6).

No Brasil Central, as forrageiras tropicais apresentam como característica típica a sazonalidade de produção, concentrando seu crescimento entre 70 e 80% na estação chuvosa, e 20 a 30% na estação seca (7). Os efeitos dessa sazonalidade na pecuária de corte são evidentes através de variações na composição química e estrutural do dossel forrageiro, que refletem diretamente no consumo, digestibilidade e ganho de peso e, conseqüentemente, retarda a idade de abate dos animais (8). A estação chuvosa apresenta vantagens para a produção de ruminantes, pois possui condições edafoclimáticas favoráveis para as produções de folhas verdes e massa de forragem com maiores teores de proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT), quando comparado com a estação seca, além de ser o momento de explorar o máximo desempenho animal e ganho por área (9).

A intensificação do sistema de produção exige, além da utilização de técnicas de manejo de pastagens, a adoção de estratégias nutricionais, como a suplementação da dieta de bovinos a pasto, confinamento de bezerros na época seca, bem como o aproveitamento do potencial genético dos animais, por meio de seleção e cruzamentos. Tais estratégias devem ser consolidadas a fim de garantir a rentabilidade do sistema de produção, sustentabilidade da pastagem, e produção de carne de qualidade para o mercado consumidor (10;6).

Pensando em uma pecuária de ciclo curto, com abate de animais até 24 meses, a redução do tempo da fase de recria é uma ferramenta a ser planejada nas propriedades, pois é considerada um período de ganho eficiente em relação às demais fases, onde os animais apresentam menor exigência de manutenção e maior deposição muscular (11). Neste contexto, busca-se um sistema de produção eficiente onde se atenda as exigências nutricionais dos animais na recria em até 12 meses, iniciando a fase de terminação com animais mais pesados e conseqüentemente, abatendo animais jovens (até 24 meses) e com carne de qualidade, utilizando tecnologias (12;13;14). Nesse sentido, estratégias nutricionais e de manejo são fundamentais para otimizar e alcançar as metas preconizadas em cada fase.

FASE DE RECRIA

No sistema de produção de bovinos de corte brasileiro, as vacas parem no final do período seco e início do período de transição secas-águas, e os bezerros são desmamados no período de transição águas-secas (15), quando então se inicia a fase de recria. A recria é definida como a fase entre a desmama, (7 a 8 meses de idade com média de peso de 180 kg), até o momento em que o animal entra na terminação, com aproximadamente 370 kg (15;16) e constitui a maior parte do ciclo de produção. A fase de recria apresenta-se como um dos principais gargalos do setor produtivo, devido à sua longa duração e baixo nível tecnológico (17).

O crescimento e/ou aumento de peso corporal é determinado por o quanto a dieta é capaz de satisfazer as necessidades nutricionais do animal (18). Ao analisar a curva de crescimento de ruminantes proposta por Batt (19), verifica-se que o período da recria é de extrema importância para uma pecuária de ciclo curto. Durante a fase de recria, deve-se explorar o potencial de ganho de peso dos animais, período no qual o animal apresenta boa conversão alimentar (20) e alta deposição muscular. Contudo, esta é uma fase geralmente negligenciada pelo produtor, pois é considerada uma fase improdutivo para àquele que faz ciclo completo.

Animais com diferentes taxas de ganho durante a recria iniciarão a fase de terminação com diferentes pesos corporais, refletindo em diferentes pesos de carcaça (18;14;21). Segundo Moretti (22), mudanças na taxa de ganho de peso de uma fase para outra afetam o ganho de peso futuro. A taxa de ganho pode ser alterada por diferentes alturas de pastejo (23;24) ou através da utilização de suplementos (18;14). As estratégias nutricionais empregadas durante a recria influenciam diretamente o desempenho do animal e podem causar alterações na composição corporal (25). Além da diferença de peso no início da terminação, o desempenho durante esta fase pode ser influenciado pela estratégia nutricional empregada durante a fase de recria, conseqüentemente, animais que apresentarem maiores ganhos de peso na recria resultarão em maior peso ao abate e/ou menor idade no abate (21).

Dessa forma, a compreensão fisiológica do crescimento animal é de extrema importância, uma vez que a quantidade de cada tecido, a velocidade com que são depositados, e a nutrição animal podem influenciar o ganho de peso animal, na composição do ganho e na qualidade de carne.

CRESCIMENTO ANIMAL E ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS

O crescimento animal pode ocorrer por hiperplasia (aumento no número de células) ou por hipertrofia (aumento no tamanho das células existentes) (26). Em ruminantes, a curva de crescimento inicia-se na concepção, seguida pelo nascimento, puberdade e por fim, na maturidade do animal (19). Esta curva ocorre de forma alométrica (26), ou seja, a deposição de tecidos ou componentes corporais ocorrem em ritmos diferentes. O primeiro tecido a se desenvolver no animal é o neural, seguido pelo crescimento do tecido ósseo, muscular e adiposo (26; Figura 1).

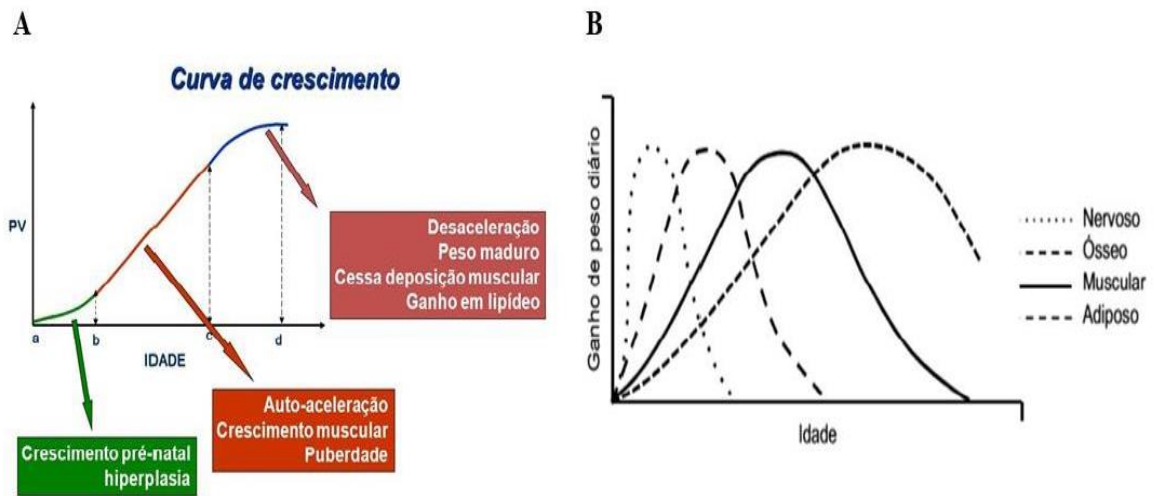


Figura 1. A - Curva representando o crescimento de ruminantes. B - Dinâmica de deposição dos tecidos do corpo do bovino pós-natal. Adaptado de Luchiari Filho (27).

Durante o desenvolvimento fetal todos os tecidos crescem por hiperplasia, no entanto, após o nascimento alguns tecidos como nervos e músculo esquelético passam a crescer apenas por hipertrofia ou incorporação de células satélites (28). A fase entre o nascimento e a puberdade é o intervalo onde o animal apresenta rápido crescimento, principalmente muscular (29). Já entre a pós-puberdade e maturidade, é a fase em que o animal tende a equilibrar o peso corporal com mudanças na composição do ganho em peso, e a porcentagem de tecido muscular depositado na carcaça por quilo de ganho tende a reduzir, enquanto a proporção de gordura tende a aumentar de forma exponencial (30).

Estudos com bovinos mantidos em pastagem tropical, tem demonstrado o efeito da suplementação durante a fase de recria na fase de terminação (18;14;6). De acordo com Roth et al. (18), trabalhando com diferentes níveis de suplementação em diferentes fases de crescimento de bovinos, observaram que níveis constantes de suplementação durante as fases da vida do animal pode fornecer um aporte maior de crescimento e reduzir os dias de terminação.

Diante disso, a suplementação de bovinos em pastejo torna-se alternativa viável, complementando o déficit de nutrientes que os pastos apresentam em algumas fases do ano e, ao mesmo tempo, explorando o máximo ganho do animal em fase de melhor eficiência (31;18;14;9). A utilização de suplementos para bovinos de corte permite potencializar o ganho de peso, melhorar a qualidade da carcaça e carne, além dos benefícios de encurtar o ciclo de vida do animal (18;14).

Ao longo do ano, além dos períodos de águas e secas, pode-se ainda incluir dois períodos de transições: transição águas-secas e transição secas-águas (31;32;18). O período de transição secas-águas, que ocorre nos meses de setembro a novembro, no Brasil central, é marcado pelo início das chuvas após a estiagem e é um momento de mudanças no dossel forrageiro, o qual apresenta composição quantitativa e qualitativa diferentes daquela do final do período de secas (31;32). Portanto, além dos ajustes

nutricionais devido à suplementação, o manejo de pastagens é primordial para otimizar o desempenho animal (23;24;6).

Na busca por ferramentas que melhorem o desempenho animal e manejo do pasto, têm-se usado o confinamento de bezerros no período de transição secas-águas (pós-desmama). Nesta técnica, os bezerros são confinados por um curto período, até a melhora da qualidade estrutural e química do dossel forrageiro, servindo também como ferramenta para manejar o pasto, permitindo a intensificação da produção de carne, evitando a perda de peso, pois impede a restrição alimentar. E, após o restabelecimento das pastagens, os animais retornam para os pastos (33).

Na fase de recria, o animal apresenta maior crescimento do tecido muscular e necessita de maior aporte de nutrientes, que muitas vezes não é suprido apenas pela pastagem. Conseqüentemente, o animal que apresenta menor taxa de crescimento depois do desmame, pode produzir uma carcaça mais magra e leve na fase de terminação, alterando a quantidade e qualidade da carne produzida (34).

RECRIA CONFINADA E RECRIA INTENSIVA A PASTO (RIP)

Os animais em fase de recria apresentam melhor eficiência biológica quanto a deposição de tecidos, devido a apresentarem curva de crescimento mais acentuada (26). A deposição de proteína é quatro vezes mais eficiente em comparação a deposição de gordura, uma vez que para a deposição de tecido muscular, aproximadamente 78% de água é estocada, enquanto 10% de água é armazenada para deposição de gordura (35).

O confinamento de bezerros é uma técnica bem consolidada no sistema americano de recria (36;37) e nos últimos anos sua utilização no sistema brasileiro vem aumentando. No sistema americano os bezerros são confinados logo após a desmama, que ocorre por volta dos 7 meses com os animais pesando entre 200 a 270 kg, e recebem dieta contendo entre 40 a 60% de volumoso (feno ou silagem) na matéria seca, onde permanecem entre 1 a 5 meses, e após este período vão direto para a terminação (37).

Em nosso país, esta técnica é empregada de três formas: confinamento de recria completa, confinamento de recria durante todo o período de secas e confinamento de recria durante a transição secas-águas. No confinamento de recria completa os bezerros entram logo após o desmame e permanecem até o abate, ocorrendo a recria e a terminação dos animais, tendo duração total média de 7 meses, sistema este muito semelhante ao americano. No confinamento de recria durante o período de secas os bezerros são confinados logo após o desmame e permanecem durante o período total de secas até o início do período de águas, onde ocorre o reestabelecimento das pastagens, tendo duração média de 180 dias, e após este período os animais retornam para o pasto onde permanecem durante a recria até a entrada na terminação. No confinamento de recria durante a transição secas-águas os bezerros são desmamados e permanecem em pastagens até agosto/setembro quando então são confinados durante a transição secas-águas, período de 60 a 90 dias, sendo empregada esta técnica como auxílio no manejo do pasto, após o reestabelecimento das pastagens os bezerros retornam para o pasto permanecendo até o final da recria e início da terminação (33).

Ao contrário do confinamento tradicional, onde se utiliza de 81 a 90% de concentrado na dieta (16), nesta estratégia são utilizadas dietas com altas proporções de volumosos. As dietas desta estratégia devem proporcionar ganhos “limitados” (médio de 0,750 kg/dia), pois a ideia não é terminar os animais e sim permitir crescimento de tecidos magros, evitando deposição excessiva de gordura (37). Mesmo a dieta contendo grande quantidade de volumoso, os animais necessitam de tempo para se adaptarem ao ambiente, ao novo grupo que foi formado (hierarquia) e à dieta, podendo ocorrer redução no consumo nas 2 primeiras semanas de adaptação (37).

A suplementação é uma estratégia de produção que pode ser utilizada para explorar a fase de recria, sendo que o ganho adicional nessa fase é mantido durante a fase de terminação, sendo a pasto ou em confinamento, e o tempo necessário para engorda desses animais é reduzido em relação ao uso de sal mineral (38). A recria intensiva a pasto (RIP) trata-se de uma estratégia nutricional cada vez mais usada nas fazendas brasileiras para encurtar o ciclo pecuário, aumentar a lotação por hectare e, conseqüentemente, a lucratividade do produtor. Sua proposta é fornecer ração aos animais, desde a desmama até o início da terminação, na proporção de 0,5% a 1% de seu peso vivo, visando ganhos de 650 g a 1 kg/cab/dia, sob altas lotações (3 a 5 UA/ha). A técnica tem impacto significativo, pois elimina o principal gargalo da pecuária de corte brasileira, que é o longo período de recria a pasto, com duração de até 36 meses, marcados por perdas de peso na seca. Com a RIP é possível reduzir a recria para períodos mais curtos, de 7 a 9 meses.

Se, por um lado, a recria confinada libera pasto e permite maior controle do ganho de peso (conceito de dieta total); por outro lado, ela requer uma maior estrutura (currais, vagão) e mais mão de obra, um volumoso suplementar, adaptação dos animais ao novo ambiente e um plano nutricional bem elaborado de retorno ao pasto. Já a RIP demanda menos estrutura. Nesse sistema, o animal necessita uma maior quantidade de concentrado, porém não precisará se readaptar no retorno ao pasto.

Nesse sentido, a intensificação da fase de recria permite a produção de animais mais precoces, aumento da capacidade de suporte das pastagens, maior ganho por animal e por área, redução do tempo necessário para atingir o peso de abate, o que, conseqüentemente, abrevia o tempo de recria e terminação dos animais, além da produção de carne e carcaça de melhor qualidade (9). Entretanto, a intensificação da fase de crescimento só deve ser utilizada quando na fase subsequente houver um plano nutricional que proporcione alta taxa de ganho de peso (18). Quando os animais não são suplementados corretamente, tem seu crescimento e desenvolvimento limitados, comprometendo todo o ciclo de produção até o abate.

EFEITOS NA QUALIDADE DA CARNE

Qualidade da carne é um conceito amplo, que envolve diversos aspectos inter-relacionados, pode ser influenciada por fatores antes mesmo do nascimento animal até o momento do preparo do produto, dessa forma, os fatores que influenciam a qualidade da carne podem ser divididos como *antemortem* e *postmortem* (39;40). O pH, cor, textura, capacidade de retenção de água, quantidade de gordura são principais atributos de qualidade de carne considerados importante para a indústria da carne (39).

O peso corporal durante a terminação tem relação negativa com a fase de crescimento (41). Animais que tem crescimento restrito na fase de recria quando submetidos a uma terminação com alta taxa de crescimento podem apresentar maior *turnover* proteico *in vivo* e dessa forma maior maciez da carne (42), uma vez que a taxa de crescimento pode afetar a proteólise miofibrilar no *postmortem*. Por outro lado, esses animais podem produzir carcaça mais leve e magras, o que não é desejado pela indústria da carne.

Silva et al. (34), trabalhando com três diferentes taxas de crescimentos (0, 0,6 e 1,2 kg ganho médio diário, respectivamente) de bovinos na fase de recria (8,4 meses de idade), e seguidos por uma fase de terminação (1,5 kg de ganho médio diário) por 112 dias, observaram que a baixa e média taxa de crescimento reduziram o peso de carcaça quente e a gordura subcutânea em comparação aos que tiveram alta taxa de crescimento.

A coloração da carne é um dos principais aspectos de qualidade no momento da compra, principalmente por ser o primeiro atributo a ser avaliado pelo consumidor (43). A diferença da coloração da carne é causada pela quantidade e o estado oxidativo da mioglobina, uma proteína presente no músculo, responsável por sua oxigenação (43). Fatores como idade, raça, nutrição, sistema de produção e localização anatômica do músculo mostram ter relação com a concentração deste pigmento (43). Animais de sistema extensivo possuem maior quantidade de mioglobina em comparação a animais de sistema intensivo, isso acontece devido à maior atividade física e necessidade de oxigenação dos músculos (44).

A maciez da carne é uma característica importante avaliada pelo consumidor, (45) e está relacionada ao comprimento de sarcômero (46) que é influenciado no momento do resfriamento da carcaça pela temperatura e pelo grau de acabamento animal. O nível de ingestão de energia pode afetar a composição da carcaça, principalmente na proporção de gordura. Em animais precoces, os quais atingem a puberdade mais cedo, a deposição de tecido muscular é reduzida e há o aumento de deposição de tecido adiposo, dessa forma, esses animais apresentam espessura de gordura exigida por alguns países para importação de carne (47). Nesse sentido, o acabamento de carcaça que garanta a deposição de espessura mínima de gordura, funciona principalmente como proteção durante o resfriamento da carcaça, evitando escurecimento da carcaça, perdas de água excessiva, encurtamento do sarcômero (*cold shortening*) e conseqüentemente diminuição da maciez.

Existem interações entre fatores que influenciam na qualidade do produto acabado, como raça, idade, sexo, nutrição, manejo, entre outros. Dessa forma é fundamental o conhecimento da biologia muscular e dos fatores fisiológicos que podem afetar a qualidade da carne, para um melhor controle desses aspectos e garantir um produto que agrade o consumidor final.

EFEITOS NA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Existe uma relação direta entre a intensidade de emissão de gases de efeito estufa e eficiência animal. Quanto mais produtivo o animal é, menor será o impacto ambiental (por unidade base de produto). Tanto o manejo de qualidade quanto a expressão do potencial genético do animal são necessários para aumentar a eficiência de produção. O gado de corte produz cerca de 2,5 a 3,0 bilhões de toneladas de eqCO₂ de gases de efeito

estufa (GEE) a cada ano, com a intensidade dessas emissões variando de 14 até mais de 70 kg eqCO₂ por kg de carne bovina. As emissões de GEE provenientes da pecuária de corte incluem CO₂, CH₄ e N₂O, sendo as emissões entéricas de CH₄ a maior proporção (48). A intensidade das emissões de GEE da carne bovina é maior em sistemas de produção extensivos do que intensivos. Alguns fatores contribuem para essa diferença, incluindo o período mais longo para atingir o peso de abate em sistemas extensivos e, ainda, as emissões por kg de ração consumida são maiores para dietas à base de forragem do que de concentrado (49).

Foi feita uma pesquisa considerável na identificação de aditivos, desenvolvimento de vacinas, identificação de programas de melhoramento animal e formulação de dietas que reduzam a emissão de metano entérico em ruminantes (50). Destes, a formulação da dieta é a abordagem mais comum, com o aumento dos níveis de grãos sendo o melhor método para diminuir a intensidade de GEE em bovinos de corte. Equilibrar a dieta para evitar o excesso de excreção de N pode reduzir as emissões de N₂O nas fezes, enquanto os sistemas de manejo de fezes podem diminuir emissões de CH₄. Se as fezes forem direcionadas para um biodigestor, o CH₄ produzido pode ser captado e utilizado para gerar eletricidade (51).

Embora os sistemas extensivos de produção de carne tendem a ter uma pegada de carbono maior, muitas abordagens que estimam essas emissões não consideram as vastas quantidades de carbono que são armazenados nas pastagens do mundo. É estimado que as pastagens globais abrigam até 120 bilhões de toneladas de carbono, quase 50% disso contidos em florestas globais. Consequentemente, uma verdadeira avaliação da sustentabilidade da pecuária de corte requer uma avaliação holística de cada sistema de produção com valorização de seus vários impactos negativos e positivos sobre a prestação de serviços ecossistêmicos (49).

O sistema intensivo de produção apresenta menor emissão de gases de efeito estufa (GEE) por quilo de carne do que os tradicionais, extensivos (52). Essa queda é atribuída à qualidade e produtividade das pastagens, potencialmente aumentando o sequestro de carbono do solo, diminuindo a poluição atmosférica (53). Além de reduzir as emissões de CH₄ entérico/kg de carne produzida, outra vantagem da intensificação está associada à redução da área de terra necessária para produzir a mesma quantidade de produto. Isso tem potencial para reduzir a área degradada e, ainda, contribuir com a não abertura de novas áreas e mitigar o desmatamento futuro (54). Apesar da principal desvantagem da intensificação ser a necessidade de investimento inicial substancial e capital de giro, a maior produção de carne (kg produzido/área) no sistema intensivo de pastagem resultou em redução no custo unitário e aumento na taxa de retorno do investimento, apesar da maior necessidade de investimento e custo por animal, quando comparado aos sistemas extensivos (55).

CONCLUSÕES

Confinamento, sequestro e intensificação da recria a pasto podem ser opções viáveis, tendo em vista a possibilidade de melhorar os índices produtivos e intensificar o sistema de produção de forma sustentável, de acordo com cada cenário. Contudo, para a tomada de decisão é imprescindível saber qual o objetivo da intensificação, para

utilização de tecnologias corretas, de acordo com raça, peso e categoria, além de adaptar o melhor plano nutricional que direcionará os animais para a fase de terminação.

REFERÊNCIAS

1. McManus C, Barcellos JO, Formenton BK, Hermuche PM, Carvalho OA, Guimarães R, Gianezini M, Dias EA, Lampert Vd, Zago D, Neto JB. Dynamics of Cattle Production in Brazil. *Plos One*. 2016; 11(1):0147138.
2. Abiec - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Beef Report: Perfil da Pecuária no Brasil 2022 [Internet]. [acesso em 18 Fev 2023]. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>
3. Dubeux Jr, JCB, Sollenberger JCB, Muir JP, Tedeschi LO, Dos Santos MV, da Cunha MV, Dilorenzo N. Sustainable intensification of livestock production on pastures. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 2017; 25:3-4.
4. Cardoso, A.S., Berndt, A., Leytem, B.J.R., Alves, I.D.N., De Carvalho, L.H., De Barros Soares, S., Boddey R.M. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems*. 2016; 143:86-92.
5. Cardoso, A.S., Barbero, R.P., Romanzini, E.P., Teobaldo, R.W., Ongaratto, F., Fernandes, M.H.M.R., Ruggieri, A.C., Reis, R.A. Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in Brachiaria grasslands. *Sustainability*. 2020; 12:6656.
6. Delevatti LM, Romanzini EP, Koscheck JFW, Araujo TLR, Renesto DM, Ferrari AC, Barbero RP, Mullinikis JT, Reis RA. Forage management intensification and supplementation strategy: Intake and metabolic parameters on beef cattle production. *Animal Feed Science and Technology*. 2019; 247:74-82.
7. De Jesus FLF, Sanches AC, De Souza DP, Mendonça FC, Gomes EP, Santos RC, Da Silva JLB. Seasonality of biomass production of irrigated Mombaça 'Guinea grass'. *Acta Agriculturae Scandinavica, Soil e Plant Science*. 2021; 71(3):156-164.
8. Reis RR, Ruggieri AC, Oliveira AA, Azenha MV, Casagrande DR. Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2012. 13:642-655.
9. Poppi DP, Quigley SP, Silva TACCD, McLennan SR. 2018. Challenges of beef cattle production from tropical pastures. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2018; 47:1-9.
10. Cardoso, A.S., Barbero, R.P., Romanzini, E.P., Teobaldo, R.W., Ongaratto, F., Fernandes, M.H.M.R., Ruggieri, A.C., Reis, R.A. Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in Brachiaria grasslands. *Sustainability*. 2020; 12:6656.

11. Filho, SCV, Silva, LFC, Gionbelli, MP, Rotta, PP, Marcondes, MI, Chizzotti, ML, Prados, LF. Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados Br-Corte. 3ed. Viçosa: UFV/ DZO; 2016.
12. Roth, M.T.P., Resende, F.D., Siqueira, G.R., Fernandes, R.M., Custódio, L., Roth, A.P.T.P., Moretti, M.H., Campos, W.C. Supplementation of Nellore young bulls on Marandu grass pastures in the dry period of the year. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2013; 42(6):447-455.
13. Barbero, R.P., Malheiros, E.B., Nave, R.L.G., Mulliniks, J.T., Delevatti, L.M., Koscheck, J.F.W., Romanzini, E.P., Ferrari, A.C., Renesto, D.M., Berchielli, T.T., Ruggieri, A.C., Reis, R.A. 2017. Influence of post-weaning management system during the finishing phase on grasslands o rfeed lot on aiming to improvement of the beef cattle production. *Agricultural Systems*. 2017; 153:23-31.
14. Sampaio RL, Resende FD, Reis RA, Oliveira IM, Custódio L, Fernandes RM, Pazdiora RD, Siqueira GR. 2017. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. *Tropical Animal Health Production*. 2017; 49:1015-1024.
15. Millen DD, Pacheco RDL, Meyer PM, Rodrigues PHM, Arrigoni MB. Current outlook and future perspectives of beef production in Brazil. *Animal Frontiers*. 2011; 1(2):46-52.
16. Pinto ACJ e Millen DD. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: The 2016 brazilian survey. *Canadian Journal of Animal Science*. 2019; 99:392-407.
17. Resende FD, Siqueira GR. Estratégias de suplementação de bovinos de corte recriados em pastagens durante o período das águas. *Pesquisa e Tecnologia*. 2011; 8(2).
18. Roth MTP, Resende FD, Oliveira IM, Fernandes RM, Custódio L, Siqueira GR. Does supplementation during previous phase influence performance during the growing and finishing phase in Nellore cattle? *Livestock Science*. 2017; 204:122–128.
19. Batt, R.A.L. *Studies in Biology. Influences on Animal Growth and Development*. Camelot Press, London. 1980; 116.
20. Fernandes HJ, Paulino MF, Martins RGR, Valadares Filho, SC, Torres RA, Paiva LM, Moraes GFBK. Ganho de peso, conversão alimentar, ingestão diária de nutrientes e digestibilidade de garrotes não castrados de três grupos genéticos em recria e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2004; 33:2403-2411.

21. Mota VAC, Fernandes RM, Prados LF, Alves Neto JA, Berti GF, Resende FD, Siqueira GR. Relationship between gain rate during the growing phase and forage allowance in the finishing phase in Nelore cattle. *Tropical Animal Health Production*. 2020; 52:1881–1891.
22. Moretti MH. Estratégias alimentares para a recria e terminação de tourinhos Nelore. [Doutorado] Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista (Unesp); 2015.
23. Barbero, R.P., Malheiros, E.B., Araújo, T.L.R., Nave, R.L.G., Mulliniks, J.T., Berchielli, T.T., Ruggieri, A.C., Reis, R.A. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. *Animal Feed Science Technology*. 2015; 209:110–118.
24. Costa, J.P.R., De Jesus, R.B., Oliveira, I.M., Resende, F.D., Siqueira, G.R., Malheiros, E.B. Does virginiamycin supplementation affect the metabolism and performance of Nelore bulls grazing under low and high gain rates? *Journal of Animal Science*. 2018; 89:1432–1441.
25. Sharman ED, Lancaster PA, McMurphy CP, Garmyn AJ, Pye BJ, Mafi GG, Goad CL, Phillips WA, Starkey JD, Krehbiel CR, Horn GW. Effect of rate of body weight gain in steers during the stocker phase. I. Growth, partitioning of fat among depots, and carcass characteristics of growing-finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*. 2013; 91(9): 4322–4335.
26. Owens FN, Dubeski P, Hanson CF. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*. 1993; 71.11:3138-3150.
27. Luchiari Filho, A. Pecuária da carne bovina. São Paulo; 2000. ISBN 85-901481-1-4.
28. Allen, R.E., Merkel, R.A., Young, R.B. Cellular aspects of muscle growth: Myogenic cell proliferation. *Journal of Animal Science*. 1979; 49:115-127.
29. Fowler VR. Body development and some problems of its evaluation in growth and development of mammals. Butterworth, London. 1968; 195-211.
30. Resende FD, Moreira AD, Oliveira IM, Siqueira GR. Ponto de abate: Peso corporal ou acabamento? IX Simpósio de Pecuária de Corte. Anais... Lavras:UFLA. 2015.
31. Moretti MH, Resende FD, Siqueira GR, Roth APTP, Custódio L, Roth MTP, Campos WC, Ferreira LH. Performance of Nelore Young bulls on Marandu grass pasture with protein supplementation. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2013; 42:438-446.
32. Fernandes RM, Almeida CM, Carvalho BC, Alves Neto JA, Mota VAC, Resende FD, Siqueira GR. Effect of supplementation of beef cattle with different protein levels and degradation rates during transition from the dry to rainy season. *Tropical Animal Health and Production*. 2016; 48:95–101.

33. Nascimento, FDA. Confinamento de bezerros no período de transição secas-águas e seus efeitos sobre a recria e a terminação. [Doutorado]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista (Unesp); 2021.
34. Silva LH, Paulino PV, Assis GJ, Assis DE, Estrada MM, Silva MC, Silva JC, Martins TS, Valadares Filho SC and Paulino MF. Effect of post-weaning growth rate on carcass traits and meat quality of Nellore cattle. *Meat Science*. 2017; 123:192-197.
35. Owens FN, Gill DR, Secrist DS, Coleman SW. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 1995; 73:3152–3172.
36. Cox-O’neill, J.L., Hales, K.E., Ulmer, K.M., Rasby, R.J., Parsons, J., Shackelford, S.D., Freetly, H.C., Drewnoski, M.E. The effects of backgrounding system on growing and finishing performance and carcass characteristics of beef steers. *Journal of Animal Science*. 2017. 95:5309–5319.
37. McAllister TA, Stanford K, Chaves AV, Evans PR, Figueiredo EES, Ribeiro G. Nutrition, feeding and management of beef cattle in intensive and extensive production systems. *Animal Agriculture: Sustainability, Challenges and Innovations*. 2020; 75-98.
38. Casagrande, D.R., Azenha, M.V., Vieira, B.R., Resende, F.D., Faria, M.H., Berchielli, T.T., Ruggieri, A.C., Reis R.A. Performance and carcass quality of feedlot-or pasture-finished Nellore heifers according to feeding managements in the postweaning phase. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2013; 42:899-908.
39. Bridi, A.M. Qualidade da carne para o mercado internacional. Londrina: Universidade Estadual de Londrina. 2004.
40. Guerrero AM, Valero MV, Campo MM, Sañudo C. Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. Review. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2013; 35:335-347.
41. Drouillard J, Ferrell C, Klopfenstein T, Britton R. Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in beef steers. *Journal of Animal Science*. 1991; 69:811-818.
42. Therkildsen M, Stolzenbach S, Byrne DV. Sensory profiling of textural properties of meat from dairy cows exposed to a compensatory finishing strategy. *Meat Science*. 2011; 87:73-80.
43. Mancini RA e Hunt MC. Current research in meat color. *Meat Science*. 2005; 71:100-121.

44. Vestergaard M, Oksbjerg N and Henckel P. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*. 2000; 54: 177-185.
45. Ornaghi MG, Guerrero A, Vital ACP, de Souza KA, Passetti RAC, Mottin C, de Araújo Castilho R, Sañudo C, do Prado IN. Improvements in the quality of meat from beef cattle fed natural additives. *Meat Science*. 2020; 163:108059.
46. Battaglia, C., Vilella, G.F., Bernardo, A.P., Gomes, C.L., Biase, A.G., Albertini, T.Z., Pflanzler, S.B. Comparison of methods for measuring shear force and sarcomere length and their relationship with sensorial tenderness of longissimus muscle in beef. *Journal of texture studies*. 2019.
47. Prado IN. *Produção de bovinos de corte e qualidade da carne*. Maringá: Eduem; 2010.
48. Opio C, Gerber P, Mottet A, Falcucci A, Tempio G, MacLeod M, Vellinga T, Henderson B, Steinfeld H. *Greenhouse Gas Emissions from Ruminant Supply Chains - A Global Life Cycle Assessment*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) [Internet]. [acesso em 18 Fev 2023]. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3461e/i3461e.pdf2013>.
49. Pogue SJ, Krobek R, Janzen HH, Beauchemin KA, Legesse G, Souza DM, Iravani M, Selin C, Byrne J, McAllister T. Beef production and ecosystem services in Canada's prairie provinces: a review. *Agricultural Systems*. 2018; 166:152-172.
50. De Vries M, Van Middelaar CE, De Boer IJM. 2015. Comparing environmental impacts of beef production systems: a review of life cycle assessments. *Livestock Science*. 2015; 178:279-288.
51. Hristov AN, Oh J, Firkins JL, Dijkstra J, Kebreab E, Waghorn G, Makkar HPS, Adesogan AT, Yang W, Lee C, Gerber PJ, Henderson B, Tricarico JM. Special topics - Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*. 2013; 91:5045-5069.
52. Swain M., Blomqvist L., McNamara J., Ripple W.J. Reducing the environmental impact of global diets. *Sci. Total Environ*. 2018; 610:1207–1209.
53. Stanley P.L., Rowntree J.E., Beede D.K., DeLonge M.S., Hamm M.W. Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. *Agric. Syst*. 2018; 162:249–258.
54. A.E. Latawiec, B.B.N. Strassburg, J.F. Valentim, F. Ramos, H.N. Alves-Pinto (2014). Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. *Animal*. 2014; 8(8):1255-1263.

55. Raphael Amazonas Mandarino, Fabiano Alvim Barbosa, Luciano Bastos Lopes, Vando Telles, Eduardo de Azevedo Sondré Florence, Filipe Lage Bicalho. (2019). Evaluation of good agricultural practices and sustainability indicators in livestock systems under tropical conditions. *Agricultural Systems*. 2019; 174:32-38.

Capítulo 25

DOI: 10.53934/IIICBPAV-25

PRINCIPAIS HELMINTOS GASTRINTESTINAIS DE EQUINOS

Tábata Alves do Carmo *; Victor Maia Moellmann ; Mateus Oliveira Mena 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: tabata.alves@unesp.br

Resumo: Infecções por nematoides gastrintestinais são extremamente importantes em equinos, devido aos prejuízos causados, e tendem a acometê-los durante toda a vida, afetando a saúde, bem-estar e produtividade. O objetivo desta revisão é destacar os principais helmintos gastrintestinais de equinos e a principal forma de controle. A fauna parasitária que afeta os equinos é composta por diversas famílias e gêneros, dentre eles, os nematoides estrongilídeos são os que mais acometem os animais. Os pequenos estrôngilos, conhecidos como *ciatostomíneos*, são considerados os helmintos de maior importância, devido a sua elevada prevalência, potencial patogênico e capacidade de desenvolver resistência anti-helmíntica. As lactonas macrocíclicas fazem parte da classe de anti-helmínticos mais eficiente para o controle de parasitas gastrintestinais, pois sua atividade é de amplo espectro, apesar de não atuarem em cestódeos. Desta forma, o conhecimento sobre a prevalência das helmintoses em equinos é de grande importância, pois reflete a intensidade da infecção e pode auxiliar no delineamento de um programa de controle adequado a cada realidade, sendo a utilização de drogas anti-helmínticas a principal forma de controle das helmintoses. Seu uso indiscriminado pode levar ao surgimento da resistência anti-helmíntica, o que representa um problema crescente na equinocultura.

Palavras-chave: anti-helmíntico; equídeos; helmintíases; nematoides;

Abstract: Gastrointestinal nematodes infections are extremely important in equines due to the damage caused by it, and tend to affect horses throughout the animal's life affecting their health, welfare and productivity. The aim of this review is to highlight the main equine gastrointestinal helminths and control methods. The parasitic fauna that affects horses is constituted of several families and genders and strongyle nematodes are the ones that most affect animals. Small strongyles, known as cyathostomines, are considered the most important helminths due to their high prevalence, pathogenic potential and ability to develop anthelmintic resistance. Macrocyclic lactones are among the most efficient class of anthelmintics against gastrointestinal parasites because of their wide spectrum activity, although they have no effect on cestodes. Therefore, knowing about the prevalence of helminthiasis in horses is very important, as it reflects the infection intensity

and can help design an appropriate control program for each situation, by using anthelmintic drugs as the main control method. Its indiscriminate use can lead to the emergence of anthelmintic resistance, which represents a growing problem in equine farming.

Key words: anthelmintic; equids; helminthiasis; nematodes;

INTRODUÇÃO

O rebanho de equinos no Brasil é de aproximadamente 6 milhões de animais, o que permite ao país ocupar a 3ª posição no ranking dos países com maiores rebanhos equinos no mundo, atrás somente dos Estados Unidos e México (1).

Nos últimos anos houve um aumento no interesse pela equideocultura, principalmente aos animais utilizados para esportes equestres e lazer. Pois, diferente dos animais direcionados para o trabalho, ao cavalo de esporte e lazer são oferecidos mais cuidados e gastos, que acabam movimentando a indústria de medicamentos, ferragens, cosméticos e acessórios, movimentando cerca de R\$16,15 bilhões/ano (2).

No Brasil, grande parte da criação dos equinos é realizada sob regime extensivo, onde os animais são mantidos em pastagens naturalmente infestadas com larvas de terceiro estágio de nematoides, o que favorece constantemente as helmintoses (3).

Em razão da valorização dos equinos e sua contribuição para a economia, é indispensável a atenção quanto à saúde destes animais, pois podem ser acometidos por diversas doenças, incluindo as helmintoses (4).

O parasitismo por helmintos gastrintestinais se destaca devido aos prejuízos consequentes da infecção parasitária, como perda de desempenho e no bem-estar dos animais independentemente do sistema de criação ser a pasto ou estabulado (5; 6; 7).

A principal forma de controle das helmintoses na maioria dos sistemas de criação é a utilização exclusiva de anti-helmínticos químicos (8). Os principais grupos químicos utilizados para o controle das helmintoses em equinos são os benzimidazóis e as lactonas macrocíclicas (9).

O maior impasse na utilização dos anti-helmínticos comerciais vem sendo o seu uso de maneira indevida, indiscriminada e sem a associação de estratégias auxiliares de controle (10). Devido a isto, a situação mundial atual é de presença da resistência parasitária a várias classes de anti-helmínticos comerciais disponíveis no mercado (11). Conseqüentemente, a disseminação das populações de nematoides resistentes aos parasiticidas tornou-se uma séria ameaça para a saúde e produção animal em vários países.

A resistência dos ciatostomíneos a benzimidazóis e pirimidinas está bem documentada em todo o mundo (12; 13). Dentre a família das lactonas macrocíclicas, a ivermectina é atualmente a mais utilizada para controle de parasitas em animais de

produção, particularmente em equinos (14), já havendo alguns relatos no mundo de pequenos estrôngilos e *Parascaris equorum* resistentes a ivermectina (15; 16; 17).

Desta forma, é de grande importância traçar estratégias de profilaxia das helmintoses em equinos, o conhecimento epidemiológico, a atual situação da eficácia dos anti-helmínticos mais utilizados e possíveis formas alternativas no controle.

PRINCIPAIS HELMINTOS GASTRINTESTINAIS DOS EQUINOS

Os equinos são apontados como sendo um dos animais mais susceptíveis a uma gama de parasitos e podem abrigar várias espécies simultaneamente (4). Isso acontece pelo fato do trato gastrointestinal e o ambiente fornecerem condições favoráveis para a sobrevivência e desenvolvimento das formas de vida livre de diversos parasitos (18).

Os helmintos gastrintestinais de equinos são organismos realmente onipresentes. Estudos em propriedades de criação de equinos em todo o mundo têm demonstrado que as populações de helmintos estão presentes em uma vasta gama de diferentes condições geográficas e climáticas (19).

Esses parasitas estão presentes em praticamente todo território nacional e são responsáveis por diversos prejuízos, como: espoliação do sistema digestório, redução de peso, menor desenvolvimento, queda de imunidade, maior predisposição a outras doenças e parasitas, entre outros (20). Além do grande impacto que as helmintoses causam na saúde dos equídeos, elas também causam grande desconforto, podendo inclusive ocasionar episódios fulminantes de cólica e morte (21).

As helmintoses são enfermidades de grande destaque na equinocultura, podendo causar cólicas gástricas e intestinais, diarreia ou constipações, desconforto abdominal acompanhado ou não de fraqueza, pelagem áspera, anemia, hiporexia e até episódios fulminantes de cólicas (22). Ocasionalmente causam queda no desempenho, retardo no crescimento, além de gastos com medidas profiláticas.

A fauna parasitária que afeta os equinos é composta por diversas famílias e gêneros, dentre eles, os nematoides estrongilídeos são os que mais acometem os animais (23). Os estrongilídeos mais comuns em equinos são os pequenos estrôngilos, também chamados de ciatostomíneos: *Cyathostomum* spp., *Triodontophorus* spp., *Cylicostephanus* spp.; seguidos dos grandes estrôngilos: *Strongylus vulgaris*, *Strongylus equinus*, *Strongylus edentatus* e ainda, *Parascaris equorum*, *Oxyuris equi*, *Strongyloides westeri* e *Trichostrongylus axei* (10; 4).

Em uma população de helmintos, os estrongilídeos constituem 67 a 100% do total de nematoides que podem ser encontrados no intestino de qualquer espécie de equídeo, formando uma comunidade parasitária estável dominada por interações positivas e poucas negativas, sugerindo uma ausência de competição entre si (24).

Os pequenos estrôngilos, conhecidos como *ciatostomíneos*, são considerados os helmintos de maior importância, devido a sua elevada prevalência, potencial patogênico e capacidade de desenvolver resistência anti-helmíntica (25). Podem parasitar equinos de todas as idades, porém, apresentam maior patogenicidade nos animais jovens (26; 27) e

são comumente encontrados no intestino grosso de equinos, influenciando negativamente a saúde e bem-estar de seus hospedeiros.

Durante décadas, os grandes estrôngilos, em especial *Strongylus vulgaris*, foram considerados como uma grande ameaça aos equinos, sendo um dos principais motivos dos programas de controle parasitário. Meios de controle estratégico com anti-helmínticos conseguiram reduzir satisfatoriamente a população de *S. vulgaris* (28). Entretanto, resultou em um aumento da prevalência dos ciatostomíneos, principalmente pelo fato de se adaptarem facilmente às novas moléculas de anti-helmínticos e tipos de tratamentos (26).

Os estrôngilídeos possuem ciclo biológico direto, ou seja, não necessitam de hospedeiro intermediário para completar seu ciclo. As fases de desenvolvimento desses nematoides consistem em ovo, larvas de primeiro a quinto estádios (L1 a L5) e parasitos adultos. Quando as condições ambientais se tornam favoráveis (temperatura e umidade) o ovo embrionado passa a se desenvolver, dando origem a L1, que se transforma em L2 e, posteriormente, em estágio L3. A L3 migra para a pastagem que circunda a massa fecal num raio máximo de cerca de 30 cm e a um máximo de 10 cm de altura, em função da umidade e da temperatura (29; 30).

No caso de *Strongyloides westeri*, pode ocorrer também a auto-infecção, que possui dois modos: a externa, onde ocorre a transformação de larvas rabditóides em filarióides infectantes na pele da região anal ou perianal; e a interna, onde casos de baixa imunidade podem propiciar a evolução do parasita no intestino delgado ou grosso e penetração direta da mucosa por L3 (31).

Assim como os ciatostomíneos, os grandes estrôngilos (*Strongylus vulgaris*, *S. equinus*, *S. edentatus* e *Triodontophorus*) parasitam o intestino grosso, porém as espécies do gênero *Strongylus* apresentam uma fase migratória no ciclo de vida. O ciclo de vida na fase pré-parasitária é semelhante para as três espécies de *Strongylus*. A infecção dos animais ocorre através da ingestão das L3 presentes no pasto ou na água. Quando ingeridas pelos hospedeiros, as L3 realizam rotas migratórias que variam entre as espécies (32).

A infecção helmíntica tem caráter sazonal, porém há diferença da época de ocorrência nas diferentes regiões do mundo. Dessa forma, as condições mais favoráveis nos países com clima temperado ocorrem na primavera e outono, enquanto nos países de clima subtropical, essas condições ocorrem durante o inverno (33). Porém, nas regiões de clima tropical, há poucos estudos sobre a dinâmica dos helmintos gastrintestinais de equinos. Logo, aprimorar-se neste assunto, quanto a epidemiologia dos ciatostomíneos, contribuem positivamente para o controle destas parasitoses (34; 35; 36).

Dados sobre a prevalência de helmintos em equinos são de grande importância pelo fato destes refletirem a intensidade da infecção e auxiliar no delineamento de um programa de controle adequado à cada realidade (37; 38).

TRATAMENTO ANTI-HELMÍNTICO

No início do século XX surgiram os primeiros testes e relatos do uso de antihelmínticos. O óleo de chenopodium já era recomendado por Thum em 1915 e Woolridge em 1916 para o tratamento de verminoses em equinos (39).

O controle parasitário dos estrogilídeos, até os dias atuais, é realizado basicamente pela administração de compostos anti-helmínticos, os quais diminuem a população parasitária nos equinos, a eliminação de ovos nas fezes e a contaminação do ambiente (40). Táticas tradicionais de controle baseiam-se principalmente na aplicação de anti-helmínticos, atualmente representado por três principais classes de medicamentos: as lactonas macrocíclicas (ex: ivermectina, abamectina e moxidectina), as pirimidinas e imidazotiazóis (ex: pamoato de pirantel e levamisol) e o grupo dos benzimidazóis (ex: albendazol, oxibendazol e fenbendazol) (41). As diferenças entre os grupos químicos, quando comparados, estão principalmente no seu mecanismo de ação (8).

Grande parte dos anti-helmínticos existentes no mercado foram desenvolvidos a partir de 1960. Após a descoberta do tiabendazole, primeiro anti-helmíntico benzimidazólico oral, surgiram várias outras drogas similares pertencentes ao mesmo grupo e de boa eficácia contra parasitos internos. A principal característica desse grupo de anti-helmínticos é seu tríplice ação, considerando que agem sobre vermes adultos, formas larvais e ovos de vermes (42).

Já no início da década de 80, com o surgimento das lactonas macrocíclicas, principalmente da ivermectina, ocorreu uma revolução no mercado de produtos veterinários para o controle de parasitos (43). As lactonas macrocíclicas são divididas em dois grandes grupos, chamados avermectinas e milbemicinas. Ambas apresentam mecanismo de ação e propriedades farmacológicas semelhantes, sendo eficazes nos mesmos grupos de nematódeos e ácaros (44).

Tais fármacos são altamente efetivos no tratamento e controle dos pequenos e grandes estrogilídeos de equinos, bem como de outras espécies de parasitos gastrintestinais (21). Possuem alta persistência no plasma, pois são armazenadas no fígado e gordura, prolongando seu tempo de ação (45).

A característica lipofílica das lactonas macrocíclicas influencia na farmacocinética e na atividade dos ativos, determinando a distribuição da droga no local de predileção do parasita no hospedeiro, a absorção pelos parasitos alvo e a persistência do fármaco no organismo hospedeiro (46).

As lactonas macrocíclicas fazem parte da classe de anti-helmínticos mais eficientes para o controle de parasitos gastrintestinais, pois sua atividade é de amplo espectro, com alta eficiência e elevada margem de segurança (47). Os esquemas de controle da helmintose equina preconizados no Brasil e em outros países são normalmente supressivos, com até seis tratamentos por ano (48).

A possibilidade de se realizar um tratamento estratégico envolve a everminação dos animais baseada na previsão das épocas de maior eliminação de ovos e maior contaminação da pastagem, de acordo com as curvas sazonais para a região ou tipo de

clima (49; 30). Este esquema comporta até três administrações anuais, dependendo da sazonalidade dos helmintos na região abordada.

A utilização de anti-helmínticos para este plano terapêutico pode ser limitada na medida em que haja baixa eficácia de um fármaco. Assim, atualmente, apenas as lactonas macrocíclicas são as mais eficientes para se utilizar na maioria dos casos, podendo haver populações de helmintos sensíveis também a outras drogas. Nesses casos, devem ser utilizadas para reduzir a pressão seletiva nas lactonas macrocíclicas, incluindo mais de um princípio ativo na rotação de produtos (50). Porém, as frequentes aplicações vêm favorecendo o desenvolvimento da resistência anti-helmíntica, principalmente dos ciatostomíneos (51). A intensa frequência de tratamento é uma das principais causas que favorecem o surgimento da resistência parasitária, seguido da subdosagem, alta densidade de animais em um local, e a falta de critérios para utilização dos produtos. (52; 10). Segundo Favare *et al.* (53), em seu estudo, houve a ocorrência de resistência de ciatostomíneos à ivermectina, sugerindo uma relação com a frequência de administração de anti-helmínticos, independentemente do manejo dos equinos.

A detecção da resistência numa fase precoce é importante, podendo permitir que a eficácia da classe das respectivas drogas possa ser mantida através de medidas adequadas, tais como redução na frequência de tratamento e preservação da refugia. Várias investigações demonstraram que uma vez desenvolvida a resistência anti-helmíntica em nematoides, ela permanecerá, e mesmo com a suspensão da utilização do respectivo medicamento por muitos anos, não ocorrerá a eliminação da resistência (54; 55; 56).

Outro fator preocupante é a eliminação das lactonas macrocíclicas e seus metabólitos através da urina e das fezes dos animais diretamente na pastagem, intensificando o volume de substâncias químicas compartilhadas no meio ambiente e intervindo negativamente na biodiversidade e na sustentabilidade dos ecossistemas (57; 58). O uso de drogas anti-helmínticas, como a abamectina, em um programa de controle parasitário em equinos, pode propiciar um impacto no desenvolvimento bacteriano nas fezes dos animais tratados (59).

CONCLUSÕES

As infecções por nematoides gastrintestinais em equinos podem ocasionar diversos prejuízos à saúde destes animais. Desta forma, o conhecimento sobre a prevalência das helmintoses em equinos é de grande importância, pois refletem a intensidade da infecção e podem auxiliar no delineamento de um programa de controle adequado à cada realidade, sendo a utilização de drogas anti-helmínticas a principal forma de controle das helmintoses, com o seu uso indiscriminado podendo levar ao surgimento da resistência anti-helmíntica.

REFERÊNCIAS

1. Anuário da Pecuária Brasileira (ANUALPEC). Vol. 1. São Paulo: FNP Consultoria/Agros Comunicação; 2021. 220–220 p.
2. Lima RA de S, Cintra AG. Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo. Brasília: MAPA; 2016.
3. Braga FR, Araújo JV, Silva AR, Araujo JM, Carvalho RO, Tavela AO, et al. Biological control of horse cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) using the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in tropical southeastern Brazil. *Vet Parasitol.* 2009 Aug;163(4):335–40.
4. Rehbein S, Visser M, Winter R. Prevalence, intensity and seasonality of gastrointestinal parasites in abattoir horses in Germany. *Parasitol Res.* 2013 Jan 11;112(1):407–13.
5. Bowman DD. *Parasitology for Veterinarians*. 11th ed. Philadelphia: Saunders-Elsevier; 2009.
6. Seyoum Z, Zewdu A, Dagnachew S, Bogale B. Anthelmintic Resistance of Strongyle Nematodes to Ivermectin and Fenbendazole on Cart Horses in Gondar, Northwest Ethiopia. *Biomed Res Int.* 2017; 2017:1–6.
7. Raza A, Qamar AG, Hayat K, Ashraf S, Williams AR. Anthelmintic resistance and novel control options in equine gastrointestinal nematodes. *Parasitology.* 2019 Apr 5;146(4):425–37.
8. Martin RJ. Modes of action of anthelmintic drugs. *The Veterinary Journal.* 1997 Jul;154(1):11–34.
9. Pérez-Álvarez S, Rojas-Mujica K, Bello H, Villoria D, Morales A. Comparative Study of Two Therapies Pharmacological Based a Ivermectin and Febendazol by Strongyles Control Intestinal in Thoroughbreds Horses. *J Vet Sci Technol.* 2013;04(05).
10. Molento MB. Resistência parasitária em helmintos de equídeos e propostas de manejo. *Ciência Rural.* 2005 Dec;35(6):1469–77.
11. Nielsen MK, Reinemeyer CR, Donecker JM, Leathwick DM, Marchiondo AA, Kaplan RM. Anthelmintic resistance in equine parasites—Current evidence and knowledge gaps. *Vet Parasitol.* 2014 Jul;204(1–2):55–63.
12. Peregrine AS, Molento MB, Kaplan RM, Nielsen MK. Anthelmintic resistance in important parasites of horses: Does it really matter? *Vet Parasitol.* 2014 Mar;201(1–2):1–8.

13. Dauparaitė E, Kupčinskas T, von Samson-Himmelstjerna G, Petkevičius S. Anthelmintic resistance of horse strongyle nematodes to ivermectin and pyrantel in Lithuania. *Acta Vet Scand.* 2021 Dec 25; 63(1):5.
14. Alegria-Lopez MA, Rodriguez-Vivas RI, Torres-Acosta JFJ, Ojeda-Chi MM, Rosado-Aguilar JA. Use of Ivermectin as Endoparasiticide in Tropical Cattle Herds Generates Resistance in Gastrointestinal Nematodes and the Tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). *J Med Entomol.* 2015 Mar 1; 52(2):214–21.
15. Canever RJ, Braga PRC, Boeckh A, Grycajuck M, Bier D, Molento MB. Lack of Cyathostomin sp. reduction after anthelmintic treatment in horses in Brazil. *Vet Parasitol.* 2013 May; 194(1):35–9.
16. Cooper LG, Caffè G, Cerutti J, Nielsen MK, Anziani OS. Reduced efficacy of ivermectin and moxidectin against *Parascaris* spp. in foals from Argentina. *Vet Parasitol Reg Stud Reports.* 2020 Apr; 20:100388.
17. Nielsen MK, Banahan M, Kaplan RM. Importation of macrocyclic lactone resistant cyathostomins on a US thoroughbred farm. *Int J Parasitol Drugs Drug Resist.* 2020 Dec; 14:99–104.
18. Egan CE, Snelling TJ, McEwan NR. The Onset of Ciliate Populations in Newborn Foals. *Acta Protozool.* 2010; 49:145–7.
19. Nielsen MK, Reinemeyer CR. *Handbook of Equine Parasite Control.* Wiley; 2018.
20. da Costa RB. Caracterização do parasitismo gastrintestinal em cavalos de desporto e lazer no distrito de Coimbra. [Lisboa]: Universidade técnica de Lisboa; 2011.
21. Klei TR, Chapman MR. Immunity in equine cyathostome infections. *Vet Parasitol.* 1999 Aug; 85(2–3):123–36.
22. Regina Albuquerque Lagaggio V, Leal Jorge L, Oliveira V, Lovato Flores M, Henrique da Silva J. Página 1 de 3 SANTA MARIA-RS/BRASIL PARASITE FORMS IN EQUINE BEDS-SANTA MARIA-RS/BRAZIL [Internet]. Available from: <http://redevet.com.br/index.php/profissionais/cursos>
23. Lichtenfels JR, Kharchenko VA, Dvojnós GM. Illustrated identification keys to strongylid parasites (strongylidae: Nematoda) of horses, zebras and asses (Equidae). *Vet Parasitol.* 2008 Sep; 156(1–2):4–161.
24. Madeira De Carvalho LM. Estrongilidose dos equídeos biologia, patologia, epidemiologia e controlo [Internet]. 2006. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/247777715>

25. Lester HE, Spanton J, Stratford CH, Bartley DJ, Morgan ER, Hodgkinson JE, et al. Anthelmintic efficacy against cyathostomins in horses in Southern England. *Vet Parasitol.* 2013 Oct; 197(1–2):189–96.
26. Kaplan RM, Nielsen MK. An evidence-based approach to equine parasite control: It ain't the 60s anymore. *Equine Vet Educ.* 2010 Jun 18; 22(6):306–16.
27. Luksovsky J, Craig TM, Bingham GM, Cyr T, Forrest D. Determining Treatment to Control Two Multidrug-Resistant Parasites on a Texas Horse Farm. *J Equine Vet Sci.* 2013 Feb; 33(2):115–9.
28. HERD RP. The changing world of worms: the rise of the cyathostomes and the ivermectin, fenbendazole and pyrantel pamoate, with preliminary observations on the efficacy of doramectin, as anthelmintics in horses. *J. South Afr. Vet. Assoc.* 1990; 71(3):144-147.
29. ENGLISH AW. The epidemiology of equine strongylosis in southern Queensland: 1. The Bionomics of the free-living stages in faeces and on pasture. *Aust. Vet. J.* 1979; 55:299-305.
30. Madeira De Carvalho LM. Epidemiologia e controlo da estrogilidose em diferentes sistemas de produção equina em Portugal. [Lisboa]: Universidade Técnica de Lisboa; 2006.
31. GASSER RB; WILLIAMSON RMC; BEVERIDGE I. *Anoplocephala perfoliata* of horses: significant scope for further research improved diagnosis and control. *Parasitology*, 2005;131(1-13).
32. Bowman DD. *Georgis Parasitologia Veterinária*. 9th ed. Elsevier; 2010. 432 p.
33. LYONS, E.T., Drudge, J.H. Larval cyathostomiasis. In: *Emerg. Infect. Dis. Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 2000; 16:501–513.
34. RODRIGUES, M.L.A. Sobrevivência de ovos e de larvas infectantes de nematoides (Nematoda-Strongylidae) de eqüinos na pastagem e nas fezes. [tese]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 1989.

35. COURTNEY, C.H. Seasonal transmission of equine cyathostomes in warm climates. *Vet. Parasitol.* 1999;85(2-3):173-180.
36. BAUDENA, M.A.; CHAPMAN, M.R.; FRENCH, D.D.; KLEI, T.R. Seasonal development of equine cyathostome larvae on pasture in south Louisiana. *Vet. Parasitol.* 2000;88(1-2):51-60.
37. PAPAZHARIADOU, M. et al. Gastrointestinal parasites of stabled and grazing horses in Central and Northern Greece. *J. Equine Vet. Sci.* 2009;29(4):233-236.
38. SHARMA, S. et al. Prevalence of gastrointestinal helminths in horses in Malwa region of Madhya Pradesh. *Vet. Practitioner.* 2011;12(1):68-69.
39. Hall MC, Foster WD. Efficacy of Some Anthelmintics. *J Agric Res.* 1918;12(7):397-447.
40. LYONS, E.T.; DRUDGE, J.H.; TOLLIVER, S.C. Larval Cyathostomiasis. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 2000;16:501-513.
41. VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G. Anthelmintic resistance in equine parasites detection, potential clinical relevance and implications for control. *Vet. Parasitol.* 2012;185(1):2-8.
42. Kohek Jr. I. *Guia De Controle De Parasitas Internos Em Animais Domésticos.* Nobel; 1998. 113 p.
43. GEARY T.G. Ivermectin 20 years on: Maturation of a wonder drug. *Trends Parasitol.* 2005;21(11):530-532.
44. PÉREZ, R. Disposición plasmática y fecal de moxidectina administrada por vía oral en caballos. *Arch. Med. Vet.* 2001;33(1):77-88.
45. STEEL, J. W. Pharmacokinetics and metabolism of avermectins in livestock. *Vet. Parasitol.* 1993;48(1-4):45-57.





46. LANUSSE, C. et al. Comparative plasma disposition kinetics of ivermectin, moxidectin and doramectin in cattle. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 1997;20(2):91-99.
47. MULROY, A. When the Cure Is the Problem: Antibiotic Contamination of Surface Water and Groundwater May Be Promoting the Development of DrugResistant Pathogen. *Água & Tecnol. Ambient.* 2001;13:32-36.
48. Honer MR, Bianchin I. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC. 1985. Verminose equina: sugestões para um melhor controle em animais de fazenda. (Comunicado Técnico, n. 28).
49. PROUDMAN, C.; MATTHEWS, j. Control of intestinal parasites in horses. In *Pract.* 2000;22(90-60).
50. REIS PMC. Epidemiologia e controlo do parasitismo gastrintestinal em éguas e seus poldros numa exploração do Ribatejo [Dissertação de mestrado]. [Lisboa]: Universidade Técnica de Lisboa; 2011.
51. Kaplan, R. M. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends Parasitol.* 2004; 20:477–481.
52. Kaplan, R. M. Anthelmintic resistance in nematodes of horses. *Vet. Res.* 2002;33(5):491-507.
53. FAVARE, G. M ; CIPRIANO, I. A; CARMO, T. A. ; MENA, M. O. ; GUELPA, G. J. ; AMARANTE, A. F. T. ; SOUTELLO, R. V. G. Anthelmintic resistance of horse strongyle nematodes to ivermectin in São Paulo state, Brazil. *Vet. Parasitol. Reg. Stud. Rep.* 2023;40:100864.
54. LIND, E. O, A field study on the effect of some anthelmintics on cyathostomins of horses in Sweden. *Vet. Res. Commun.* 2007; 31:53–65.

55. LYONS, E. T. Field studies indicating reduced activity of ivermectin on small detection, potential clinical relevance and implications for control. *Vet. Parasitol.* 2012;185(1):2-8.
56. SLOCOMBE, J. O.; COTÉ, J. F.; GANNES, R. V. The persistence of benzimidazoleresistant cyathostomes on horse farms in Ontario over 10 years and the effectiveness of ivermectin and moxidectin against these resistant strains. *Can. Vet. J.* 2008;49:56-60.
57. SOMMER, C.; BIBBY, B. M. The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. *Eur. J. Soil Biol.* 2002;38:155–159.
58. KOLAR, L.; FLAJS, V. C.; KUZNER, J.; MARC, I.; POGACNIK, M.; BIDOVEC, A.; VANGESTEL, C. A. M.; ERZEN, N. K. Time profile of abamectin and doramectin excretion and degradation in sheep faeces. *Environ. Pollut.* 2006; 144:197-202.
59. CARMO, T. A.; MENA, M. O; CIPRIANO, I. A; FAVARE, G. M; GUELPA, G. J; PINTO, S. C; AMARANTE, A. F. T; ARAÚJO, J. V; SOUTELLO, R. V. G. Biological control of gastrointestinal nematodes in horses fed with grass in association with nematophagus fungi *duddingtonia flagrans* and *pochonia chlamydosporia*. *Biol. Control.* 2023;181:105219.

Capítulo 26

DOI: 10.53934/IIICBPAV-26

INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DE ANTI-HELMÍNTICOS ADMINISTRADOS EM EQUINOS SOB A DECOMPOSIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MICRORGANISMOS COPRÓFAGOS

Yasmin Soares Dias *; Maria Flávia Dias de Alencar ; Milene Gomes Vieira da Silva ; Laura Cristina Pirozzi ; Lorrane Gabrielle Pinheiro Corrêa ; Ricardo Velludo Gomes de Soutello 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: yasmin.soars@unesp.br

Resumo: O rebanho equino brasileiro ocupa lugar de relevância e grande parte desses animais são criados sob regime extensivo, favorecendo constantemente as helmintoses por nematoides presentes na pastagem. O parasitismo causa prejuízos significativos à criação, tendo como a principal forma de controle a utilização de anti-helmínticos da família das lactonas macrocíclicas, entretanto podem proporcionar contaminação ao ambiente, visto que sua eliminação é principalmente via fezes e urina. Estes anti-helmínticos utilizados equinos são conhecidos por serem insolúveis em água e terem forte tendência para se ligarem a partículas, fazendo com que os resíduos medicamentosos dos endectocidas desta classe, ou seus metabólitos presentes nas fezes ocasionam efeitos adversos em organismos que habitam o esterco comprometendo a população de microrganismos presentes no bolo fecal e conseqüentemente na decomposição da matéria orgânica presente. O objetivo da revisão é evidenciar que os distúrbios que os anti-helmínticos da família das lactonas macrocíclicas utilizadas em equinos podem produzir em invertebrados não alvo e sobre a participação dos seus associados na degradação do esterco e reciclagem de elementos no solo são imprevisíveis, influenciando negativamente a biodiversidade e a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas. Fazendo-se necessário a busca por princípios ativos para controle de helmintoses que causem menores impactos sob a decomposição e dinâmica de microrganismos presentes no bolo fecal.

Palavras-chave: Anti-parasitário, Equinos, Lactonas Macrocíclicas

Abstract: The brazilian equine herd occupies a relevant place and a large part of these animals are raised under an extensive regime, constantly favoring helminthiasis caused by nematodes present in the pasture. Parasitism causes damage to livestock, with the main form of control being the use of anthelmintics from the macrocyclic lactone family, however it can cause contamination to the environment, since its elimination is mainly via feces and urine. These anthelmintics used in horses are known to be insoluble in water

and have a strong tendency to bind to particles, causing the medicinal residues of endectocides of this class, or their metabolites present in feces, to cause adverse effects on organisms that inhabit the manure. compromising the population of microorganisms present in the feces and consequently degrading the organic matter present. The objective of the review is to highlight that the disturbances that anthelmintics from the macrocyclic lactone family used in horses can produce in non-target invertebrates and on the participation of their associates in manure handling and recycling of elements in the soil are unpredictable, influencing levels biodiversity and sustainability of agricultural ecosystems. It is necessary to search for active principles to control helminths that cause less impact on the change and dynamics of microorganisms present in feces.

Key Word: Anti-parasitic, Equines, Macrocyclic Lactones

INTRODUÇÃO

O rebanho de equinos no Brasil é de aproximadamente 6 milhões de animais, o que permite o país ocupar a 3ª posição no ranking dos países com maiores rebanhos equinos no mundo, atrás somente do Estados Unidos e México (1).

O setor da equideocultura oferece repletas oportunidades econômicas e sociais e representa uma potencialidade significativa dentro do agronegócio brasileiro, gerando mais de 3 milhões de empregos (2) e movimentando aproximadamente R\$30 milhões anualmente (3). Em razão da valorização destes animais e sua relevância na economia mundial, torna-se indispensável cuidados quanto à saúde dos equinos, pois são animais vulneráveis à inúmeras doenças (4)

Quando se trata da saúde dos equinos, o parasitismo assume uma posição de destaque devido aos danos resultantes da infecção parasitária, como a redução do desempenho em cavalos de competição, ocorrência de cólicas gástricas e intestinais, bem como diarreia em potros. Conforme a carga parasitária, os helmintos podem causar desde um pequeno desconforto abdominal, fraqueza, pelagem áspera, retardo de crescimento, hiporexia, anemia, cólicas, diarreias ou constipação até episódios fulminantes de cólica e pode levar o animal a óbito (5).

No Brasil, parte significativa da criação de equinos é conduzida sob o regime extensivo, no qual os animais permanecem predominantemente em pastagens, prática que favorece a ocorrência frequente de helmintoses, devido à presença desses parasitas nas próprias pastagens (6).

A principal forma de controle de helmintos, na maioria dos sistemas de criação, utiliza-se exclusivamente compostos químicos antiparasitários (7). Os esquemas de controle da helmintose equina preconizados no Brasil e em outros países são normalmente supressivos, com seis tratamentos por ano para rebanhos que não apresentam resistência

parasitária (8). Os principais grupos químicos utilizados para o controle de helmintos em equinos são as lactonas macrocíclicas (9).

As lactonas macrocíclicas, como as avermectinas e milbemicinas, são potentes anti-helmínticos com amplo espectro de ação, alta eficiência e elevada margem de segurança, exercendo atividade contra endo e ectoparasitas (10).

Ambas apresentam mecanismo de ação e propriedades farmacológicas semelhantes, sendo metabolizadas em baixas proporções no fígado, excretadas pela bile e eliminadas (50% a 90%) pelas fezes e urina (11) sendo as principais vias de excreção (12). A eliminação é prolongada, apresentando um aporte contínuo do fármaco ativo, tendo como consequência a maior permanência no ambiente (13). A formulação, a dosagem e a via de administração podem ser os fatores mais importantes para a persistência e ecotoxicidade dos fármacos (14) proporcionando diferenças em relação ao tempo e ao nível de excreção via fezes (15). Além disso, estas substâncias se ligam fortemente às fezes, apesar da taxa de degradação estar fortemente influenciada pelas condições edafoclimáticas (16).

Esses metabólitos e substâncias são eliminados diretamente na pastagem e podem intensificar o volume de substâncias químicas compartilhadas no meio ambiente, intervindo negativamente na biodiversidade e na sustentabilidade dos ecossistemas (17) (Sommer; Bibby, 2002; Kolar *et al.*, 2006).

Altas concentrações destes fármacos excretadas nas fezes, ocorrem principalmente nas primeiras semanas pós-tratamento, e afetam as populações de fauna coprófaga que mantiverem contato com estas fezes, sendo que há espécies que são suscetíveis mesmo em baixas concentrações destes anti-helmínticos (18).

Além desses fatores, a ivermectina adsorve fortemente ao solo e à matéria orgânica possuindo um baixo potencial de dessorção, e, conseqüentemente, um baixo potencial de lixiviação (19).

As avermectinas são insolúveis em água e tem forte tendência para se ligarem a partículas, fazendo com que os resíduos medicamentosos dos endectocidas desta classe, ou seus metabólitos presentes nas fezes ocasionam efeitos adversos em organismos que habitam o esterco (20).

A ivermectina também é caracterizada por sua atividade bactericida (21) com capacidade de reduzir a viabilidade bacteriana inicial em até 6 ordens de magnitude (em limites de detecção de UFC/ml) (22). Pesquisas também demonstram que a utilização da abamectina em equinos interfere no desenvolvimento das bactérias presentes nas fezes verificadas através da redução do número de UFC/ml (23).

A fauna do solo exerce importante papel na ciclagem de nutrientes uma vez que é responsável pela regulação da comunidade de microrganismos decompositores da matéria orgânica e fragmentação desse material (24), influenciando direta e indiretamente no ciclo da matéria e no fluxo de energia ao longo dos ecossistemas terrestres.

Os microrganismos decompositores desempenham um papel crucial na ciclagem de nutrientes do solo (25) e a utilização de lactonas macrocíclicas podem causar uma supressão da atividade microbiana (26), resultando na diminuição da taxa de decomposição de matéria orgânica e na liberação de nutrientes importantes para a saúde e a funcionalidade do solo, podendo comprometer a capacidade do ecossistema em se recuperar de perturbações e se adaptar a mudanças ambientais (27).

Estudos demonstram que os distúrbios provenientes da utilização de lactonas macrocíclicas sob os microrganismos decompositores e a participação dos seus associados na degradação do esterco e ciclagem de elementos no solo são imprevisíveis, e podem causar um impacto negativo sobre a fauna edáfica, reduzindo a diversidade e abundância de seus organismos, comprometendo a sustentabilidade dos ecossistemas e indicadores de qualidade do solo (28).

TÓPICOS

Controle das Helmintoses em Equinos

O controle da verminose equina melhora o desempenho dos animais. Este pode ser feito por compostos anti-helmínticos, que em geral apresentam praticidade, eficiência e segurança. Na maioria dos plantéis, utilizam-se intensamente os compostos anti-helmínticos (Febendazol, Mebendazol, Abamectina e Ivermectina) por sua baixa toxicidade (29). Esses medicamentos anti-helmínticos constituem um grupo de compostos utilizados com fins curativos e preventivos desta classe de parasitos, que se localizam principalmente no trato gastrointestinal.

Para assegurar um controle efetivo das parasitoses, os técnicos devem propor medidas sanitárias associadas a técnicas de manejo que visem reduzir a contaminação da pastagem com larvas infectantes de nematódeos (30). Porém, o controle é complexo e envolve diversos fatores como avaliação financeira do proprietário, infraestrutura das instalações, histórico da propriedade, resistências a drogas, localização geográfica e clima, manejo adotado com alimentação, números de cavalos, sistema de criação, peso e idade de cada animal, período gestacional das éguas, etc.

A realização de um exame parasitológico de fezes (OPG) indicará se a base utilizada está sendo eficiente e se há um nível alto de infecção, facilitando na elaboração ou mesmo alteração de um calendário profilático (31). Os programas de controle anti-helmíntico devem incluir uma consulta prévia do animal, planificação das medidas a tomar, a administração dos anti-helmínticos, instauração de medidas de manejo higiênico e finalmente o acompanhamento e a avaliação da terapêutica instituída (32).

A prática de quarentena pode ser um manejo eficiente para assegurar a disseminação parasitária no rebanho. Ela consiste em manter separados e em observação os animais de nova aquisição durante um período relativamente longo (nunca menos de 20 dias) em função da enfermidade que se quer prevenir, neste caso as verminoses. Assim, poderão ser detectadas doenças parasitárias que poderiam estar a incubar no momento da entrada no rebanho. Os locais destinados a quarentena devem ser separados a uma determinada distância das outras pastagens onde permanecem os animais já instalados na

propriedade. Durante este período devem ser realizados os eventuais tratamentos anti-parasitários. (33).

A falta de quarentena em animais recém introduzidos é uma falha no manejo, que pode acarretar na introdução de cepas resistentes na propriedade, nos animais adquiridos deve ser realizado um tratamento utilizando alguma classe de anti-helmíntico e só devem ser introduzidos na pastagem após os exames de contagem de ovos nas fezes (OPG) serem negativos (34).

Em relação à utilização dos medicamentos, a frequência de sua utilização pode ser de forma Supressiva: Tratamentos a cada 4-8 semanas; Estratégica: Tratamentos regulados pelas condições climáticas da região e o possível aumento do número de parasitas no animal, ou curativa: tratamentos quando o animal apresenta alta contagem de ovos nas fezes ou sinais clínicos (35).

Não há no Brasil, nenhum estudo amplo a respeito da frequência de tratamento anti-helmíntico realizada em equinos, porém, há algumas recomendações técnicas de esquemas supressivos e técnicas de esquemas de tratamentos a cada dois meses. O que poderia levar rapidamente à seleção de parasitos resistentes no Brasil (36).

A sustentabilidade dos esquemas de controle da verminose equina está ameaçada pela seleção de populações de parasitos resistentes, cujo número de relatos é crescente em todo o mundo (37). Outro agravante é o fato de haver pouca perspectiva de surgimento de um novo grupo químico de anti-helmíntico para equinos (38).

Lactonas Macrocíclicas

Como mencionado, os helmintos gastrintestinais em equinos resultam em sérios prejuízos, pois reduzem a produtividade, a descoberta dos endectocidas macrocíclicos revolucionou o tratamento e prevenção das doenças parasitárias. Eles são amplamente utilizados devido ao seu amplo espectro de atividade, alta eficiência e elevada margem de segurança. As avermectinas são substâncias semi-sintéticas derivadas do microrganismo de solo *Streptomyces avermitilis*, possuem atividade acaricida e anti-helmíntica e pertencem a um grupo químico chamado de macrolactonas ou lactonas macrocíclicas sendo administradas aos animais, como bovinos, suínos e ovinos (40).

As lactonas macrocíclicas são divididas em dois grandes grupos, chamados avermectinas e milbemicinas. Ambas apresentam mecanismo de ação e propriedades farmacológicas semelhantes e são eficazes nos mesmos grupos de nematódeos e ácaros (39). As avermectinas são altamente efetivas no tratamento e controle dos pequenos e grandes estrongilídeos de equinos, bem como de outras espécies de parasitas gastrintestinais (40).

Possuem alta persistência no plasma, pois são armazenadas no fígado e gordura, prolongando seu tempo de ação (41). A característica lipofílica das avermectinas influencia na farmacocinética e na atividade dos ativos, determinando a distribuição da droga no local de predileção do parasita no hospedeiro, a absorção pelos parasitas alvo e a persistência do fármaco no organismo hospedeiro. O modo de ação de ambos é baseado

nas interações da droga com os canais receptores para a inibição da neurotransmissão nos invertebrados, que são atribuídos ao ácido gama amino butírico (GABA) e o glutamato, conhecidos por sua ação no bloqueio da atividade elétrica das células musculares e nervosas, pelo aumento da condução dos íons de cloro. Os receptores iônicos do glutamato estão localizados em sua maioria em células musculares e somáticas, na faringe e no útero, o que afeta a motilidade, a capacidade de alimentação e reprodução do parasito (42).

Fauna do solo coprófaga

A fauna do solo é uma comunidade de invertebrados, composta por: microfauna, mesofauna e macrofauna que varia muito de tamanho e diâmetro, podendo viver permanentemente ou passar um ou mais ciclos de vida no solo (43).

A microfauna compreende invertebrados de diâmetro do corpo inferior a 100 μm , incluindo os protozoários e nematoides. Esse grupo vive em filme de água e não desenvolve relações mutualísticas com a microflora. Esses animais influenciam as transformações de serrapilheira por se alimentarem de raízes, fungos e bactérias, o que faz com que tenham importante papel na regulação da matéria orgânica no perfil do solo (44).

Os invertebrados com tamanho médio de 100 μm a 4 mm, são classificados como mesofauna e compreende, como por exemplo, os ácaros e colêmbolos, incluindo os proturos, dipluros, tisanuros, e pequenos insetos que se movimentam em fissuras, poros e na interface do solo, como descrito por (45). Atuam como transformadores e micropredadores, alimentando-se de fungos, bactérias entre outros animais do solo. Desta forma, esse grupo é importante na regulação da decomposição da matéria orgânica. Esses animais habitam os espaços porosos do solo e não são capazes de criar sua própria galeria, sendo afetados pela compactação do solo (46). Já a macrofauna é composta pelos organismos de maior diâmetro, de 4 mm a 20 mm, incluem-se minhocas, coleópteros em estado larval e adulto, centopeias, cupins, formigas, piolhos de cobra (milipeias), tatuzinhos e aracnídeos os quais têm o corpo em tamanho suficiente para romper as estruturas dos horizontes minerais e orgânicos do solo ao se alimentar, movimentar e construir galerias no solo (47).

As minhocas influenciam tanto na porosidade do solo quanto nas relações de nutrientes por meio da formação de túneis e da ingestão de minerais e matéria orgânica, além de auxiliarem na regulação das populações dos organismos do solo em escalas espaciais menores: mesofauna e microfauna.

Ainda sobre a macrofauna do solo, desempenham papel chave no funcionamento do ecossistema, pois ocupa diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar do solo e afeta a produção primária de maneira direta e indireta. Ela absorve e enriquece o solo com resíduos de plantas, micro- organismos, húmus e água por meio das cadeias alimentares (48).

A predação seletiva de fungos e bactérias, feita especialmente pela microfauna, assim como a estimulação, digestão e disseminação de microrganismos e a fragmentação

dos detritos realizada pelas meso e macrofauna interferem na decomposição da matéria orgânica (49). Logo, é notório que os organismos do solo estão interligados, e que ao impactar um componente da cadeia alimentar, afeta diretamente todas as demais.

As populações e atividade de microrganismos são responsáveis pelos processos de mineralização e humificação e, em consequência, exercem influência direta no ciclo de matéria orgânica (50).

Importância da Fauna Edáfica

Neste contexto, o papel dos invertebrados coprófagos (especialmente coleópteros e insetos) é fundamental para a decomposição das fezes dos equinos, por meio do enterramento, enriquecendo os horizontes edáficos subjacentes (51).

Em efeito, os microartrópodes aproveitam as galerias abertas pelos insetos coprófagos para colonizar e transformar os excrementos em um ambiente epígeo. Adicionalmente, estes transportam passivamente os conídios aderidos em seus tegumentos para o interior dos bolos fecais (52). Além destes fatores bióticos, os abióticos como tamanho e forma das fezes, composição, umidade, pH, e localização, bem como condições meteorológicas prevalentes e as perturbações mecânicas, influenciam nos processos de incorporação das fezes no solo.

Impacto do Resíduo dos Anti-Helmínticos no Ambiente

Em relação à persistência da atividade antiparasitária, as avermectinas ocupam posição de destaque, pois além do seu amplo espectro de ação contra diferentes tipos de parasitos, possuem longo período residual de proteção. Entretanto, este mesmo efeito, que é positivo para o controle parasitário, pode originar consequências danosas ao meio ambiente (53).

São eliminadas principalmente através das fezes e considerável parcela do medicamento original é eliminado de forma não-metabolizada, ou seja, inalterado, independentemente da formulação comercial utilizada (54). Desta forma, se a droga é aplicada em animais sob pastejo, seus metabólitos e substâncias ativas serão eliminados juntamente com a urina ou as fezes diretamente no campo, elevando a carga de substâncias químicas despejadas no ambiente local (55).

Sua ação contra nematoides e artrópodes ocorre por meio da afinidade das lactonas macrocíclicas aos neurotransmissores glutamato dos seres invertebrados e ácido g-aminobutírico (GABA) de alguns invertebrados e vertebrados (56). A eliminação é prolongada, apresentando um aporte contínuo do fármaco ativo, tendo como consequência a maior permanência no ambiente, estudos relataram (57) que a concentração de ivermectina permaneceu relativamente constante nas fezes depositadas em pastagem, durante 60 dias, mesmo quando expostas às condições ambientais.

CONCLUSÕES

Os distúrbios que os anti-helmínticos da família das lactonas macrocíclicas utilizadas em equinos podem produzir em invertebrados não alvo e sobre a participação dos seus associados na degradação do esterco e reciclagem de elementos no solo são imprevisíveis, e podem influenciar negativamente a biodiversidade e a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas.

REFERÊNCIAS

1. ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria, 2021. Anual. 309-3015.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAVALO QUARTO DE MILHA – ABQM. 30 bilhões é o valor estimado pela Esalq/USP para o PIB do setor, na atualização de estudo sobre o setor de equideocultura. 2022. Disponível em: <https://ibequi.com>. Acesso em: 22 mai. 2023.
3. INSTITUTO BRASILEIRO DE EQUIDEOCULTURA – IBEqui. Esportes equestres. O Brasil dos cavalos. v. 1, p. 1-31, 2023. Disponível em: <https://ibequi.com>. Acesso em: 22 mai. 2023.
4. REHBEIN, S.; MARTIN, V.; RENATE, W. Prevalence, intensity and seasonality of gastrointestinal parasites in abattoir horses in Germany. *Parasitology Research, Berlin*, v. 112, n. 1, p. 407-413, 2013.
5. LAGAGGIO, V. R. A.; JORGE L. L.; OLIVEIRA V.; FLORES M. L.; SILVA J. H. Achados de formas parasitárias em camas de equinos. Santa Maria: [s.n.], 2007. Disponível em: . Acesso em: 18 abr. 2013
6. BRAGA, F.R.; ARAÚJO, J.V.; SILVA, A.R. et al. Biological control of horse cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) using the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in tropical southeastern Brazil. *Veterinary Parasitology*, v.163, n.4, p.335-340, 2009.
7. MARTIN, R. J. Modes of action of anthelmintic drugs. *Veterinary Journal*, v. 154, p.11-34, 1997.
8. HONER, M. R.; BIANCHIN, I. Verminose equina: sugestões para um melhor controle em animais de fazenda. Comunicado Técnico, n. 28, 4 p. EMBRAPA –CNPGC. Campo Grande,1995.
9. PÉREZ-ÁLVAREZ, S. et al. Comparative study of two therapies pharmacological based a ivermectin and febendazol by strongyles control intestinal in thoroughbreds horses. *Journal of Veterinary Science & Technology, Kagoshima*, v. 4, n. 5, p. 144- 145, Oct. 2013.

10. MULROY, A. Monitoring and analysis of water and wastes. *Water Environment Technology*, v. 13, n. 2, p. 32-36, 2001.
11. MULROY, A. Monitoring and analysis of water and wastes. *Water Environment Technology*, v. 13, n. 2, p. 32-36, 2001.
12. PÉREZ-ÁLVAREZ, S. et al. Comparative study of two therapies pharmacological based a ivermectin and febendazol by strongyles control intestinal in thoroughbreds horses. *Journal of Veterinary Science & Technology, Kagoshima*, v. 4, n. 5, p. 144- 145, Oct. 2013.
13. KROGH, K.A.; BJÖRKLUND, E.; LOEFFLER, D.; FINK, G.; HALLING SORENSEN, B.; TERNES, T.A. Development of an analytical method to determine avermectins in water, sediments and soil using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. v. 1211, p. 60-69, 2008.
14. HERD, R. Endectocidal drugs: Ecological risks and counter-measures. *International Journal for Parasitology*, v. 25, p. 875-885, 1995.
15. SUÁREZ, V.H.; LIFSCHITZ, A.L.; SALLOVITZ, J.M.; LANUSSE, C.E. Effects of faecal residues of moxidectin and doramectin on the activity of arthropods in cattle dung, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 72, n.5, p. 1551-1558, 2009.
16. ERZEN, N.K; KOLAR, L.; FLAJS, V.C.; KUZNER, J.; MARC, I.; POGACNIK, M. Degradation of abamectin and doramectin on sheep grazed pasture. *Ecotoxicity* v. 14, p. 627–635, 2005.
17. SOMMER C.; BIBBY B. M. The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. *European Journal of Soil Biology*, v. 38, p. 155–159, 2002.
18. FLOATE, K, WARDHAUGH K, BOXALL A, SHERRATT T N. Fecal residues of veterinary parasiticides: Nontarget Effects in the Pasture Environment. *Annual Review of Entomology*, v. 50, p. 153–79, 2005.
19. HALLEY, B.A.; JACOB, T.A.; LU, A.Y.H. The environmental impact of the use of ivermectin: environmental effects and fate. *Chemosphere*. v. 18, p. 1543–1563, 1989.

20. LUMARET, J.P., ERROUISSI, F. Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non target fauna of pastures. *Veterinary Research* v.33, p.547-562; 2002.
21. AYRES, M.C.C.; ALMEIDA, M.A.O. Agentes antinematódeos. In: Spinosa, H.S.; Górnaiak, S.L.; Bernardi, M.M. *Farmacologia Aplicada à Medicina Veterinária*. 3. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A., 2002, cap.45, p. 475-489.
22. LIM L., VILCHEZE C., NG. C, JACOBS WR., RAMON-GARCIA S., THOMPSON CJ. Anthelmintic avermectins kill *Mycobacterium tuberculosis*, including multidrug-resistant clinical strains. *Antimicrob Agents Chemother* 2013. 57(2): p. 1040–1046.
23. CARMO, A. T.; OLIVEIRA M. ; CIPRIANO, I. ; MASCOLI, G.; JABISMAR G.; PINTO, S. ;AMARANTE, A.; JACKSON, V. ; SOUTELLO, V.G. Biological control of gastrointestinal nematodes in horses fed with grass in association with nematophagus fungi *duddingtonia flagrans* and *pochonia chlamydosporia*. *Biological Control*, v. 181, p.105219, 2023.
24. YANG, X.; CHEN, J. Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forests, southwestern China. *Soil Biol. Biochem.*, 41:910-918, 2009.
25. SILVA, J. S. O. Características químicas da água de córregos do Distrito Federal sob diferentes usos e cobertura do solo. 2008. 153 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
26. DELAYTE, E.; OTSUKA, M.; LARSSON, C.; CASTRO, R.P. Eficácia das lactonas macrocíclicas sistêmicas (ivermectina e moxidectina) na terapia da demodicose canina generalizada. *VL – 58. Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia - ARQ BRAS MED VET ZOOTEK*. São Paulo. 2006.
27. GODINHO, B.G.; JUCHEM, O.S., HACK, D.J.; OTTE V.M.; DOMINGUES, R.; GOMES, G.C. Caracterização do uso das lactonas macrocíclicas no controle parasitário de bovinos de corte no Rio Grande do Sul - V Simpósio de Iniciação Científica da Embrapa Pecuária Sul. 2015.
28. KOLAR L.; FLAJS V. C.; KUZNER J.; MARC I.; POGACNIK M.; BIDOVEC A.; VAN GESTEL C. A. M.; ERZEN, N. K. Time profile of abamectin and doramectin excretion and degradation in sheep faeces. *Environmental Pollution*, v.144, p.197-202, 2006.
29. MOLENTO, M.B. Resistência parasitária em helmintos de eqüídeos e propostas de manejo. *Ciência Rural*, v. 35, n. 6, p. 1469-1477, 2005.

30. AMARANTE, A. F. T., BRICARELLO, P. A., ROCHA R. A. et al. Resistance of Santa Ines, Sulffolk and Ile the France lambs to naturally acquired gastrointestinal nematode infection. *Veterinary Parasitology*, v.120, p.91-106, 2004.
31. PIEREZAN, F.; RISSI, D.R.; OLIVEIRA FILHO, J.C.; LUCENA, R.B.; TOCHETTO, C.; FLORES, M.M.; ROSA, F.B.; BARROS, C.S.L. Enterite granulomatosa associada a larvas de ciatostomíneos em equinos no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 29, n. 5, p. 382-386, 2009.
32. MADEIRA DE CARVALHO LM. Epidemiologia e controlo da estroongilidose em diferentes sistemas de produção equina em Portugal. 2001. 128-373.p. [Tese de doutorado] - Faculdade de Medicina Veterinária -Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2001.
33. FUSÉ, L.A., SAUMELL, C.A., RODRIGUEZ, H.O. e PASSUCCI, J. Epidemiología y control de endoparásitos en potrancas criollas. *Revista de Medicina Veterinaria*, Buenos Aires, 83-4, 154-158, 2002.
34. Torres-Acosta J.F.J. & Hoste H. 2008. Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Rum. Res.* 77:159-173.
35. SANGSTER, N.C. A practical approach to anthelmintic resistance. *Equine Veterinary Journal* 2003, 35:218-219.
36. BORGES AF, NAKAMURA AY, ALMEIDA GD, CADAMURO VHA. Eficácia de formulações anti-helmínticas comerciais em equinos no município de Douradina, Paraná. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia; 2010. 11(3):618-622.
37. KAPLAN RM. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends in Parasitology* 2004; 20:477–481.
38. NIELSEN, M.K. Sustainable equine parasite control: Perspectives and research needs. *Veterinary Parasitology*, v.185, p.32– 44. 2012.
39. PÉREZ-ÁLVAREZ, S. et al. Comparative study of two therapies pharmacological based a ivermectin and febendazol by strongyles control intestinal in thoroughbreds horses. *Journal of Veterinary Science & Technology*, Kagoshima, v. 4, n. 5, p. 144- 145, Oct. 2013.
40. CARRILLO, Y.; BALL, B.A.; BRADFORD, M.A.; JORDAN, C.F.; MOLINA, M. Soil fauna alter the effects of litter composition on nitrogen cycling in a mineral soil. *Soil Biol. Biochem.*, 43:1440-1449, 2011.
41. DUPONT, S.T.; FERRIS, H.; van HORN, M. Effects of cover crop quality and quantity on nematode-based soil food webs and nutrient cycling. *Appl. Soil Ecol.*,41:157-167, 2009.

42. MOTTIER, L.; LANUSSE, C. Bases moleculares de la resistencia a fármacos. *Revista de Medicina Veterinaria*, v.82, n.2, p. 74-85, 2001.
43. AQUINO, A.M. de; ASSIS, R.L. de. (Ed.). Fauna do Solo e sua Inserção na Regulação Funcional do Agroecossistema. In: AQUINO, A.M. de. *Processos Biológicos no Sistema Solo-Planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável*. Embrapa Informação Tecnológica: Brasília, DF, p. 47-75. 2005.
44. SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Oxford: Blackwell, p.372,1979.
45. GIRACCA, E.M.N.; ANTONIOLLI, Z.I.; ELTZ, F.L.F.; BENEDETTI, E.; LASTA, E.; VENTURINI, S.F.; et al. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 9, p. 257-261, 2003.
46. HEISLER, C.; KAISER, E.A. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. *Biology and Fertility of Soils*, v.19, n. 2/3, p. 159-165, 1995.
47. ANDERSON, J.M. Invertebrate-mediated transport process in soils. *Agriculture Ecosystems and Environment*, v. 25, p. 5-14, 1988.
48. YIN, X.; SONG, B.; DONG, W.; XIN W., WANG, Y. A review on the ecogeography of soil fauna in China. *Journal of Geographical Sciences*, v 20, p. 333-346, 2010.
49. CRAGG, R.G.; BARDGETT, R. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 33, p. 2073-2081, 2001.
50. DECÄENS, T.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ, J.J.; ESCOBAR, G.; RIPPSTEIN, G.; SCHNEIDMADL, J.; et al. Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los Llanos Orientales de Colombia. In: JIMÉNEZ, J.J.; THOMAS, R.J. (Ed.). *El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las savanas neotropicales de Colombia*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, p.21-45, 2003.
51. GARCIA, M.V.; MONTEIRO, A.C.; SZABÓ, M.P.J. Colonização e lesão em fêmeas ingurgitadas do carrapato *Rhipicephalus sanguineus* causadas

- pelo fungo *Metarhizium anisopliae*. *Ciência Rural*, v. 34, p. 1513-1518, 2004.
52. KROGH, K.A.; BJÖRKLUND, E.; LOEFFLER, D.; FINK, G.; HALLING-SORENSEN, B.; TERNES, T.A. Development of an analytical method to determine avermectins in water, sediments and soil using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. v. 1211, p. 60-69, 2008.
53. LUMARET, J.P., ERROUISSI, F. Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non target fauna of pastures. *Veterinary Research* v.33, p.547-562; 2002.
54. SOMMER C, BIBBY B.M. The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. *European Journal of Soil Biology* 38: 155–159, 2002.
55. SOUTELLO, R. G. V.; SENO, M. C. Z.; AMARANTE, A. F. T. Anthelmintic resistance in cattle nematodes in northwestern São Paulo State, Brazil. *Veterinary Parasitology*, v.148, p.360-364, 2007.
56. PRICHARD, R.; MÉNEZ, C.; LESPINE, A. Moxidectin and the avermectins: consanguinity but not identity. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, v. 2, p. 134-153, 2012.
57. IGLESIAS, L.E., SAUMELL,C.A., FERNANDEZ, A.S., FUSE, L.A., LIFSCHITZ,A.L., RODRIGUEZ, E.M., STEFFAN,P.E., FIEL,C.A. Environmental impact of ivermectin excreted by cattle treated in autumn on dung fauna and degradation of faeces on pasture. *Parasitology Research*, v. 100, p. 93–102, 2006.

Capítulo 27

DOI: 10.53934/IIICBPAV-27

CARACTERÍSTICAS DO LEITE DE CABRAS PARDO ALPINA ALIMENTADAS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE ALFAFA DESIDRATADA

José Breno da Silva Moreira *; Catherine Hurtaud ; Rémy Delagarde 
Paloma Leandra Garcia Melo ; Welder Angelo Baldassini 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: brenosmoreira@hotmail.com

Resumo: Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes proporções de alfafa (*Medicago sativa* L) desidratada no consumo, produção e características do leite de cabra. Foram utilizadas 36 cabras Pardo Alpina com peso médio de $58,6 \pm 5,7$ kg, $81,0 \pm 9,0$ dias em lactação e produção média diária de $3,2 \pm 0,6$ kg de leite. Os animais foram distribuídos em lotes homogêneos e em três tratamentos, que consistiam em diferentes proporções de alfafa como fonte de volumoso: 0, 50 e 100 % de alfafa. O período experimental foi de seis semanas, com 14 dias de período de adaptação. Verificou-se diferença estatística no consumo de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente ácido e lignina, que apresentaram valores crescentes com o aumento da proporção da alfafa, enquanto o consumo de fibra em detergente neutro não foi influenciado. Não houve efeito ($P > 0,05$) da alimentação na produção diária de leite e de proteína, entretanto a produção diária de gordura (117 g/dia), teor de gordura (2,95%), proteína (3,02%) e rendimento bruto (18,15%) do leite das cabras alimentadas com 100% de alfafa foram influenciados ($P < 0,05$). O aumento do rendimento deve-se ao acréscimo de sólidos totais, em função do aumento no teor de proteína e gordura do leite, relacionado a provável mudança no padrão fermentativo no rúmen, com um incremento da proporção de acetato. Portanto, cabras Pardo Alpina alimentadas exclusivamente de alfafa como fonte de volumoso aumentam o teor de gordura e proteína sem reduzir a produção do leite.

Palavras-chave: composição do leite; consumo; rendimento; teor de gordura

Abstract: The objective of this trial was to assess the effect of different proportions of dehydrated alfalfa (*Medicago sativa* L) on intake, production, and characteristics of goat milk. Thirty-six Alpine goats with an average weight of 58.6 ± 5.7 kg, 81.0 ± 9.0 days in lactation, and an average milk yield of 3.2 ± 0.6 kg were used. The animals were divided into homogeneous groups and assigned to three treatments, which consisted of varying proportions of alfalfa as a roughage source: 0%, 50%, and 100% alfalfa. The experimental period lasted six weeks, including a 14-day adaptation period. Statistically significant differences were observed in the intake of dry matter, crude protein, acid detergent fiber,

and lignin, which increased with the higher proportion of alfalfa, while the intake of neutral detergent fiber was not affected. There was no significant effect ($P>0.05$) of the feed on milk and protein yield. However, the fat yield (117 g/day), fat content (2.95%), protein content (3.02%), and cheese yield (18.15%) of the milk from goats fed with 100% alfalfa were influenced ($P<0.05$). The increase in cheese yield is attributed to the rise in total solids due to an increase in the milk's protein and fat content, which is possibly related to a change in the rumen fermentative pattern, with an increase in the acetate proportion. Therefore, Alpine goats fed exclusively with alfalfa as a roughage source increase the fat and protein content of milk without reducing milk yield.

Key Word: milk composition; feed intake; cheese yield; fat content

INTRODUÇÃO

O leite de cabra e seus derivados são de grande importância para a alimentação humana devido ao seu alto valor nutricional, sendo fonte de diversos nutrientes importantes para a saúde do ser humano, estando presentes em quantidade adequada e com boa biodisponibilidade, além de ser um bom substituto para quem apresenta alergia ao leite de vaca (1). A produção de cabras leiteiras é difundida em todos os continentes e tem grande importância econômica, principalmente para pequenas comunidades de países Mediterrâneos, do Oriente Médio e da Ásia, organizada em cadeias bem estruturadas principalmente na França, Espanha, Grécia e Itália (2).

Na união europeia, a França é o maior produtor e o segundo maior em produtividade de leite de cabra, contando com um plantel de mais de 1,2 milhões de cabeças, que produz 671 milhões de litros de leite por ano. De acordo com o controle leiteiro de 2022, 62% do rebanho caprino francês é composto de cabras da raça Parda Alpina, que tem uma menor produção, mas de um leite mais rico, em comparação com as da raça Saanen, que representam 34 % do efetivo nacional (3). O consumo de produtos à base de leite de cabra pelos franceses, principalmente de queijos, tem crescido bastante nas últimas décadas, o que demonstra a importância da caprinocultura leiteira na França (4).

Diversos fatores desempenham um papel importante na produção e qualidade do leite de cabra. Esses fatores podem estar relacionados ao ambiente, como as estações do ano, mas também a nutrição e a saúde, ou ainda ligados a fatores fisiológicos do animal, como a genética, a fase de lactação e a ordem de parição. Dentre esses fatores, a nutrição encontra-se como um dos de maior impacto, especialmente relacionado ao nível de concentrado e o tipo de forragem, que afetam o nível de ingestão de energia e proteína (5)(6)(7).

Estudos realizados nas últimas décadas demonstram a influência de diferentes espécies de forragens, como as gramíneas e leguminosas ofertadas sob diferentes formas, na quantidade e qualidade do leite de cabra, podendo impactar a quantidade e qualidade dos componentes do leite, como as gorduras, carboidratos e proteínas, que tem papel

fundamental na produção e qualidade dos produtos oriundos do leite de cabra, como os queijos (6)(8).

A utilização de alfafa na alimentação de cabras leiteiras afeta os componentes do leite e consumo de matéria seca, entretanto o efeito da alfafa na produção de leite não é um consenso. Trabalhando utilizando diferentes forragens como fonte de volume para cabras leiteiras, Ribeiro (9) verificou um aumento da ingestão de matéria seca de alfafa pelas cabras Saanen, e por consequência de proteína bruta, em comparação ao milho desidrato e ao feno de costcross, o que resultou em um incremento produção de leite e nos teores de gordura e proteína do leite de cabras. No entanto, Ribeiro et al. (10), trabalhando com cabras Saanen não encontraram diferença na produção de leite de cabras alimentadas com silagem de milho, feno de alfafa e feno de aveia.

O conhecimento do impacto do tipo de forragem sobre a qualidade dos produtos lácteos permite modular a produção do leite de cabra em função dos objetivos produtivos, podendo obter uma matéria prima com características específicas que atendam aos requisitos do mercado, sejam ele o de leite fluido ou transformado. Com isso, este trabalho foi conduzido com o objetivo de quantificar os efeitos diferentes proporções de alfafa desidratada sobre o consumo de matéria seca, produção e características do leite de cabra.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda experimental de Méjusseume (1.71°W, 48.11°N, IE PL, 35650 Le Rheu, France; <https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68>), pertencente ao INRAE, localizada em Le Rheu, Bretanha, França. De acordo com a classificação de Köppen-Geiser (11), o clima da região é classificado como Cfb oceânico temperado, com temperatura anual média de 12,1 °C e pluviometria de 693 mm. O período experimental foi de 40 dias, sendo os primeiros 14 dias utilizados como período de adaptação dos animais as dietas. Foram utilizadas 36 cabras da raça Parda Alpina, com idade média de três anos e em meio de lactação. No início do experimento, as cabras pesavam em média $58,6 \pm 5,7$ kg e estavam à $81,0 \pm 9,0$ dias em lactação, com produção média diária de $3,2 \pm 0,6$ kg de leite. Os animais foram distribuídos em lotes, que foram formados em função da ordem de parição, dias em lactação, produção de leite e do teor de gordura e proteína do leite, constituindo três lotes de 12 cabras, onde um dos tratamentos foi aplicado a cada lote.

Os tratamentos utilizados no experimento foram em função das dietas, que tinham como fonte de variação o alimento volumoso, sendo utilizado o material desidratado industrialmente de duas espécies forrageiras diferentes, a alfafa (*Medicago sativa* L.), da família das leguminosas, e a festuca (*Festuca arundinacea* L.), da família das gramíneas. Desta forma, os tratamentos consistiam em três proporções de alfafa com fonte de volumoso: 0% – 100 % de fetusca e 0 % de alfafa; 50% – 50% de fetusca e 50% de alfafa; 100% – 0% de fetusca e 100% de alfafa.

As dietas foram formuladas de acordo com as tabelas de exigência nutricional elaboradas pelo INRAE (7), buscando atender as exigências em proteína bruta cabras e tornar as dietas isoprotéicas, considerando o consumo de matéria teórico e composição química de todos os alimentos, analisados antes do início do experimento, principalmente em proteína bruta (Tabela 1).

Além do volumoso fornecido *ad libitum*, considerando sobras de 10%, alimento concentrado peletizado, na proporção de milho:soja de 70:30, 77:23 e 85:15, também foi fornecido aos tratamentos 0, 50 e 100 %, respectivamente, a fim de tornar as dietas isoprotéicas. No momento da ordenha, 400g/cabra de grão de milho peletizado era fornecido, sendo 200g/cabra na ordenha da manhã e 200g/cabra na ordenha da tarde, e o restante eram fornecidos em comedouros individuais móveis alocados na frente dos canzís, sendo fornecido às 09:00h e às 17:00h.

As cabras foram mantidas confinadas em baias coletivas, com uma área de 2,9 m² por cabra, cobertas por palha, contendo bebedouros automáticos e pedras de sal mineral e sal branco. O volumoso foi fornecido em comedouros equipados com canzís, o que diminuiu efeito de competição entre as cabras do mesmo grupo.

Tabela 1 – Composição química das dietas utilizadas durante o período experimental

Parâmetros	Proporção de alfafa		
	0	50	100
Matéria seca (% MN)	92,7	92,2	93,8
Matéria orgânica (%MS)	93,3	92,3	92,9
Energia bruta ² (kcal/kg)	4387	4449	4490
Proteína bruta (%MS)	17,1	17,5	17,4
FDN _c (%MS)	40,2	46,8	43,2
FDA (%MS)	19,4	21,1	23,6
Lignina (%MS)	1,7	3,2	4,6

¹Obtido através de equações do software Prevalim, desenvolvido pelo INRAE; FDN= Fibra em Detergente Neutro corrigido para cinzas; FDA= Fibra em Detergente Ácido; MN = Matéria Natural; MS= Matéria Seca.

Durante todo o período experimental, o material fornecido e as sobras deixadas pelos animais foram pesados em balança digital, sendo realizadas coletas de amostras de todos os alimentos fornecidos três vezes em cada semana experimental. As amostras coletadas foram acomodadas em bandejas de alumínio e levadas a estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Os dados de consumo dos alimentos concentrados foram obtidos de forma individual para cada animal e os dados de consumo de volume foi obtido através do consumido pelos lotes, estimando o consumo individual através do consumido pelo lote dividido pelo número de animais em cada lote.

Para realização das análises químicas, foi realizado um pool quinzenal das amostras dos ingredientes fornecidos e das sobras, sendo misturadas as três amostras

semanais de duas semanas experimentais, consistindo na mistura de seis amostras por ingrediente. As amostras foram moídas em moinho de facas utilizando peneira de 0,8 mm (Christy & Norris, Christy Turner, Suffolk, Reino Unido).

As amostras foram analisadas no laboratório da UMR PEGASE pertencente ao INRAE, de acordo com as normas da Association Française de Normalisation para matéria seca (12), matéria orgânica (13), quantidade de nitrogênio (14) e os teores de fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro e lignina em detergente ácido de acordo com o método desenvolvido por Van Soest et al. (15), utilizando o aparelho Fibersac (Ankon Technology, Fairport, Estados Unidos da América) e adicionando α -amilase termoestável sem sufite de sódio (16).

As ordenhas eram realizadas às 06:30h e 16:30h, em sala de ordenha com fosso, do tipo canalizada em organização lado a lado com 12 vagas, permitindo que todo o lote fosse ordenhado ao mesmo tempo. A produção de leite foi aferida diariamente de forma automática pelas central de controle leiteiro (Lactocorder). Duas vezes por semana eram realizadas coletas individuais para avaliação do teor de gordura e proteína do leite por meio de amostragem realizada pela própria máquina de ordenha, tanto na ordenha da manhã como na ordenha da tarde.

As amostram foram enviadas ao laboratório privado Mylab (Chateaugiron, França) para análise do teor de proteína e gordura do leite, através da técnica de espectrofotometria de infravermelho médio (17)(18). O teor de sólidos totais foi analisado pelo método de remoção da umidade, com o auxílio de um micro-ondas, que consistia em pesar o leite e colocá-lo para pré-secagem em micro-ondas por 60 min em baixa potência, em sequência o material foi colocado estufa à 105 °C durante 2h, o material era pesado novamente para se obter o teor de matéria seca, após esfriar em ambiente com sílica. O rendimento bruto, obtido pela razão entre o peso da massa e do soro após coagulação e centrifugação, multiplicado por 100 (19).

Os dados das características do leite foram submetidos à análise de covariância, através do programa estatístico SAS (20). As médias foram comparadas pelo teste Tukey com nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de matéria seca das cabras, em kg/dia, %PV e em g/UTM (unidade de tamanho metabólico), elevou-se à medida que a proporção de alfafa aumentava, havendo uma diferença significativa de 0,6 kg MS/dia, entre os níveis de 0 e 100 %, o que representa um incremento de 20% de consumo voluntário (Tabela 2).

Tabela 2 – Estimativas de consumo de matéria seca de forragem e de nutrientes por cabras alimentadas com alfafa desidratada em substituição à festuca desidratada.

Parâmetros	Proporção de alfafa (%)			DP ¹	P-valor
	0	50	100		
Forragem ofertada					
Sobras (%)	8,9	9,0	9,0	1,108	0,9824
Participação concentrado (%)	26,8	25,0	22,9	0,694	0,0011
Participação volumoso (%)	73,2	75,0	77,1	0,694	0,0011
Consumo por animal					
CMS (kg/dia)	3,06 ^c	3,28 ^b	3,58 ^a	0,092	0,0011
CMS (% PV)	4,90 ^c	5,39 ^b	5,81 ^a	0,126	0,0005
CMS (g/PV ^{0,75})	138 ^c	151 ^b	163 ^a	6,48	0,0001
CPB (g/dia)	527 ^b	574 ^b	615 ^a	29,37	0,0001
CFDN (g/dia)	1246 ^b	1248 ^b	1304 ^a	70,67	0,0018
CFDA (g/dia)	587 ^c	691 ^b	844 ^a	43,61	0,0001
CLig (g/dia)	51 ^c	106 ^b	163 ^a	6,74	0,0001

¹Desvio padrão; CMS: Consumo de matéria seca; CPB: Consumo de proteína bruta; CFDN: Consumo de fibra em detergente neutro; CFDA: Consumo de fibra em detergente ácido; CLig: Consumo de lignina.

De forma geral, as leguminosas de clima temperadas possuem teores de proteína bruta e de lignina mais elevados que as gramíneas temperadas, principalmente a alfafa, além do consumo voluntário de leguminosas por cabras é superior ao de gramíneas (21)(7). Avaliando as respostas obtidas (Tabela 2), podemos supor que o CMS provavelmente foi regulado por fatores químicos, já que o CMS não diminuiu com o aumento do CFDN, CFDA e CLig, que estão ligados a regulação do consumo pela limitação física do trato gastrointestinal (22). Entretanto, o aumento do CMS pode estar relacionado ao aumento do CPB, como indicado por Riaz et al. (23) que evidenciaram um efeito do CPB no CSM, e que cabras são menos sensíveis a variações das frações fibra na dieta.

A proporção de alfafa desidratada na dieta não afetou a produção de leite e proteína ($P > 0,05$). Os teores de gordura e proteína não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos 0% e 50%, mas houve efeito significativo no nível de maior proporção de alfafa. Em relação à produção de gordura, os níveis 0% e 100% de substituição foram significativamente distintos, enquanto o nível intermediário não demonstrou diferença dos demais. Os teores de sólidos totais e o rendimento bruto do leite das cabras mostraram comportamento semelhante, com um aumento observado no maior nível de substituição por alfafa desidratada na dieta (Tabela 3).

Tabela 3 – Produção e composição do leite de cabras alimentadas com alfafa desidratada em substituição à festuca desidratada

Parâmetros	Proporção de alfafa (%)			DP	P-valor
	0	50	100		
Produção de leite (g/dia)	3905	4143	3989	51,72	0,278
Teor de gordura (%)	2,57 ^b	2,68 ^b	2,95 ^a	0,04	<0.001
Produção de gordura (g/dia)	100 ^b	111 ^{ab}	117 ^a	2,08	0,021
Teor de proteína (%)	2,84 ^b	2,91 ^b	3,024 ^a	0,02	0,004
Produção de proteína (g/dia)	110	120	120	1,82	0,111
Sólidos totais (%)	10,70 ^b	11,05 ^{ab}	11,65 ^a	0,11	0,004
Rendimento bruto (%)	16,35 ^b	17,70 ^{ab}	18,15 ^a	0,51	0,028

O teor de proteína no leite está relacionado ao nível de concentrado, a quantidade e fonte de proteína, assim como ao nível de energia da dieta dos animais (24)(6). O aumento do CPB das cabras dos tratamentos 50% e 100% alfafa, devido ao maior consumo de forragem, sugere uma maior disponibilidade aminoácidos para utilização da glândula mamária, o que pode ter possibilitado o aumento significativo no teor de proteína no leite das cabras alimentados com 100% de alfafa (Tabelas 2 e 3).

Corroborando com o observado neste trabalho, Nudda et al. (25) avaliando a suplementação de cabras saanen com sementes de linho extrusadas, observaram um efeito positivo no teor de proteína do leite e na produção diária de proteína das cabras suplementadas. Dos Santos et al. (26), trabalhando com quatro níveis de proteína em concentrados peletizados para cabras leiteiras (10, 13,16 e 19% da MS), encontraram um aumento linear no teor de proteína do leite até o nível de 16% de proteína. Trabalhando com a inclusão de alfafa desidratada no concentrado de cabras alpinas, Bocquier et al. (27) também observaram um aumento no teor de proteína do leite nas cabras com maior consumo de proteína.

O teor de gordura do leite em ruminantes está relacionado com a produção de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen, principalmente de acetato e butirato caracterizados como precursores da gordura no leite (28). A proporção dos AGV é influenciada pela quantidade e composição do substrato que chega no rúmen, principalmente de carboidrato solúvel, fibra e proteína (29). O aumento numérico no CPB e CFDA com a substituição por alfafa na dieta, sobretudo no nível de 100% de substituição, pode ter alterado a proporção dos AGV's no rúmen das cabras, favorecendo a formação de acetato e aumentando a produção de gordura e o teor de gordura no leite (Tabelas 3 e 4). Santini et al. (30), avaliando a inclusão de níveis de FDA na dieta de cabras Alpinas utilizando feno de alfafa, observaram um aumento na produção de acetato e na relação acetato:propionato com o aumento da ingestão de FDA.

O aumento na concentração de sólidos totais e no rendimento bruto do leite das cabras alimentadas com dieta contendo 100% de alfafa pode ser explicada pelo maior teor de gordura e proteína no leite dessas cabras (Tabelas 3), levando em consideração que esses fatores estão diretamente correlacionados com o rendimento do leite para fabricação de queijo (31). Avaliando o efeito da variação da fonte de proteína do concentrado na

dieta de cabras Ganadina alimentadas com feno de alfafa, Sampelayo et al. (32) verificaram um aumento no rendimento de queijo de cabras oriundo de maiores valores de proteína e gordura no leite. O aumento no teor de sólidos totais e do rendimento bruto do leite é de grande interesse dos fabricantes de derivados láteos, pois aumenta a eficiência do sistema de produção, o que justifica uma maior remuneração dos produtores por litro de leite produzido (33).

CONCLUSÕES

A substituição total de festuca desidratada por alfafa desidratada na dieta das cabras Pardo Alpina proporcionou mudanças na composição do leite, principalmente aumentando teores de gordura e proteína. Essas alterações podem agregar valor aos produtos (leite e derivados). No entanto, é importante ressaltar que são necessárias mais pesquisas, especialmente aquelas voltadas para a viabilidade econômica visando indicar a melhor proporção de alfafa na dieta.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 – por meio do programa Brafagri, ao Instituto Francês de Pesquisa em Agricultura, Alimentação e Meio Ambiente (INRAE) e a Cooperativa Agrícola de Alfafa da França e região da Bretanha, que financiaram esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Park YW. Goat milk – chemistry and nutrition. Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals. Wiley; 2017. p. 42–83.
2. Miller BA, Lu CD. Current status of global dairy goat production: an overview. Asian Australas J Anim Sci. 2019;32(8):1219-32.
3. Idele - Institut de l'Élevage. Dossier annuel caprins, Année 2022 - Perspectives 2023. Paris; 2023.
4. FranceAgriMer - établissement national des produits de l'agriculture et de la mer . La consommation de produits laitiers en 2022. Paris; 2023.
5. Morand-Fehr P, Fedele V, Decandia M, Le Frileux Y. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. Small Rumin Res. 2007;68(1-2):20-34.
6. Goetsch AL, Zeng SS, Gipson TA. Factors affecting goat milk production and quality. Small Rumin Res. 2011;101(1-3):55-63.

7. INRA feeding system for ruminants. 2a ed. Paris, França: Wageningen Academic; 2018. 640 p.
8. Inglingstad RA, Steinshamn H, Dagnachew BS, Valenti B, Criscione A, Rukke EO, Devold TG, Skeie SB, Vegarud GE. Grazing season and forage type influence goat milk composition and rennet coagulation properties. *J Dairy Sci.* 2014;97(6):3800-14.
9. Ribeiro MS. Alimentos volumosos na produção de leite de cabra. Unesp, Botucatu.2005
10. Ribeiro LR, Damasceno JC, Cecato U, Jobim CC, Santos GT, Macedo FA, Macedo LG. Produção, composição do leite e constituintes sanguíneos de cabras alimentadas com diferentes volumosos. *Arq Bras Medicina Vet Zootec.* 2008; 60(6):1523-30.
11. Köppen W, Geiger R. Handbuch der klimatologie. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1930.
12. Association Française de Normalisation. NF V18-109. Détermination de la Teneur en eau. Paris, França: AFNOR; 1982.
13. Association Française de Normalisation. NF V18-101. Dosage des Cendres Brutes. Paris: AFNOR; 1997.
14. Association Française de Normalisation. NF V18-120. Dosage de l'azote-Méthode par combustion (DUMAS). Saint-Denis La Plaine, France: AFNOR; 1997.
15. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J Dairy Sci.* 1991; 74(10):3583-97.
16. Mertens DR, Allen J, Carmany J, Clegg J, Davidowicz A, Drouches M, et al. Gravimetric Determination of Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds with Refluxing in Beakers or Crucibles: Collaborative Study. *J AOAC Int.* 2002;85(6):1217-40.
17. Association Française de Normalisation. NF V04-210. Détermination de la teneur en matière grasse - Méthode acido-butyrométrique. Paris: AFNOR; 2000.
18. Association Française de Normalisation. NF V04-216. Détermination de la teneur en protéines vraies - Méthode au noir amido (méthode pratique). Paris: AFNOR; 2011.
19. Hurtaud C, Rulquin H, Verite R. Effect of Infused Volatile Fatty Acids and Caseinate on Milk Composition and Coagulation in Dairy Cows. *J Dairy Sci.* 1993; 76(10):3011-20.

20. SAS Institute Inc., SAS 9.1.3 Help and Documentation, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002-2004.
21. Andrighetto I, Bailoni L, Cozzi G, Tolosa HF, Hartman B, Hinds M, et al. Observations on in situ degradation of forage cell components in alfalfa and Italian Ryegrass. *J Dairy Sci.* 1993;76(9):2624–31.
22. Mertens DR. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. *Simpósio Internacional de Ruminantes.* 1992; 1:01-32.
23. Riaz MQ, Südekum K-H, Clauss M, Jayanegara A. Voluntary feed intake and digestibility of four domestic ruminant species as influenced by dietary constituents: A meta-analysis. *Livest Sci.* 2014; 162:76–85.
24. De la Torre G, Serradilla JM, Gil Extremera F, Sanz Sampelayo MR. Nutritional Utilization in Malagueña Dairy Goats Differing in Genotypes for the Content of α S1-Casein in Milk. *J Dairy Sci.* 2008.
25. Nudda A, Battacone G, Atzori AS, Dimauro C, Rassu SPG, Nicolussi P, et al. Effect of extruded linseed supplementation on blood metabolic profile and milk performance of Saanen goats. *Animal.* 2013; 7(9):1464–71.
26. Santos EDJ dos, Pereira MLA, Cruz JF da, Figueiredo MP de, Almeida PJP, Novaes EDJ, et al. Crude protein levels in diets containing pelleted concentrate for lactating goats: intake, digestibility, milk production and composition. *Semin Cienc Agrar.* 2015; 36(4):2849.
27. Bocquier F, Rouel J, Domalain A, Chilliard Y. Effect of concentrate/dehydrated alfalfa ratio on milk yield and composition in Alpine dairy goats fed hay based diets. *Cahiers Options Méditerranéennes.* 2000; 52:99-101.
28. Bauman DE, Griinari JM. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu Rev Nutr.* 2003; 23(1):203–27
29. Dijkstra J. Production and absorption of volatile fatty acids in the rumen. *Livest Prod Sci.* 1994; 39(1):61–9.
30. Santini FJ, Lu CD, Potchoiba MJ, Fernandez JM, Coleman SW. Dietary fiber and milk yield, mastication, digestion, and rate of passage in goats fed alfalfa hay. *J Dairy Sci.* 1992; 75(1):209–19.
31. Guo M, Park YW, Dixon PH, Gilmore JA, Kindstedt PS. Relationship between the yield of cheese (Chevre) and chemical composition of goat milk. *Small Rumin Res.* 2004; 52(1–2):103–7.
32. Sanz Sampelayo MR, Amigo L, Ares JL, Sanz B, Boza J. The use of diets with different protein sources in lactating goats: Composition of milk and its

suitability for cheese production. *Small Rumin Res.* 1998; 31(1):37–43.

33. Botaro BG, Gameiro AH, Santos MV dos. Quality based payment program and milk quality in dairy cooperatives of Southern Brazil: an econometric analysis. *Sci Agric.* 2013; 70(1):21–6.

Capítulo 28

DOI: 10.53934/IIICBPAV-28

EFEITO DE PRODUTOS DE LEVEDURAS NO COMPORTAMENTO ALIMENTAR E FLUTUAÇÃO DO CONSUMO EM BOVINOS NELORE CONFINADOS

Richard Vaquero Ribeiro¹ *; Otávio Rodrigues Machado Neto^{1,2} ; Matheus Deniz² ; Rodrigo de Nazaré Santos Torres² ; Welder Angelo Baldassini^{1,3} ; José Breno da Silva Moreira¹ ; Jean Lucas Carvalho Galvão¹ 

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo.

²Departamento de Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo.

³[Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal](#), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo.

*Richard Vaquero Ribeiro – Richard.ribeiro@unesp.br

Resumo: Alguns produtos de levedura têm demonstrado potencial para alterar o ambiente ruminal e influenciar o comportamento alimentar, bem como a flutuação no consumo de matéria seca de bovinos alimentados com dietas de alta inclusão de volumoso. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de leveduras vivas e cultura de levedura sobre o comportamento alimentar e a variação no consumo de bovinos em fase de adaptação. Participaram deste estudo 60 bovinos Nelore machos, que foram blocados em função do peso vivo inicial. Durante 21 dias, os animais receberam dois tratamentos: Tratamento 1 – LV: Levedura Viva (*Saccharomyces cerevisiae*, 2g/animal/dia, 1×10^{10} ufc/g); Tratamento 2 – CL: Cultura de Levedura (7 g/animal/dia). Foram realizadas duas observações do comportamento alimentar ao longo do período experimental (D7, D19) e informações do consumo de matéria seca foram coletadas diariamente para determinação da flutuação do consumo. Não houve efeito ($p > 0,05$) dos tratamentos sobre as variáveis de comportamento alimentar, bem como sobre a flutuação do consumo de matéria seca dos animais. Todavia, houve efeito ($p \leq 0,05$) do dia de observação para a maioria das variáveis de comportamento alimentar. Não há evidência de um efeito diferencial da suplementação de leveduras vivas e cultura de leveduras no comportamento alimentar e na variação do consumo de bovinos.

Palavras-chave: cultura de levedura; leveduras vivas; saúde ruminal

Abstract: Some yeast products have shown the potential to alter the ruminal environment and influence feeding behavior, as well as fluctuations in dry matter intake in cattle fed

with high forage diets. The aim of this study was to evaluate the effects of the live yeast and yeast culture on feeding behavior and intake fluctuation in cattle during the adaptation step. Sixty male Nellore cattle were enrolled in this study and divided into groups according to their initial body weight. For 21 days, the animals received two treatments: Treatment 1 - LV: Live Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*, 2g/animal/day, 1×10^{10} cfu/g); Treatment 2 - CL: Yeast Culture (7g/animal/day). Two observations of feeding behavior were carried out during the experimental period (D7, D19), and information of the dry matter intake was daily measured to determine the feed intake fluctuations. There was no effect ($p > 0.05$) of treatment on feeding behavior and fluctuation of dry matter intake. In contrast, there was an effect ($p \leq 0.05$) of the observation day for most feeding behavior. There was no evidence of the effect of live yeast and yeast culture supplementation on feeding behavior and intake variation in cattle.

Key Word: yeast culture; live yeast; rumen health

INTRODUÇÃO

A quantidade de bovinos provenientes de confinamento abatidos no Brasil aumentou de 3,05 milhões de cabeças em 2010 para 6,73 milhões de cabeças em 2021 (1). Conforme apontado por (2), o número de nutricionistas brasileiros que utilizam entre 71% e 90% de concentrado em suas formulações para bovinos confinados aumentou aproximadamente 39% entre 2009 e 2021. Dietas com elevados teores de concentrado podem proporcionar diversos benefícios para a produção, como a obtenção de energia líquida de ganho (ELg) a um custo menor em comparação com dietas de alta forragem, além de melhorar o desempenho e a eficiência alimentar dos animais(3). No entanto, é importante destacar que a produção de bovinos confinados, alimentados com dietas de alto teor de concentrado, apresenta desafios, tais como possíveis distúrbios metabólicos, e requer ajustes em diversos fatores de produção (4).

Formulação, fabricação e distribuição correta das dietas, adaptação adequada dos animais, manejo alimentar e utilização de aditivos nutricionais são fatores determinantes no sucesso da produção de bovinos confinados (5). A fase de adaptação refere-se ao período no qual, utilizando estratégias nutricionais, os animais são adaptados para receber dietas com alto teor de concentrado. Embora existam diferentes métodos para adaptar bovinos a dietas de alto teor de concentrado, durante o período de adaptação, é comum o uso de dietas com maiores teores de volumoso em comparação com o período de terminação (6). Mesmo que a fase de adaptação seja relativamente curta no período de confinamento, o desempenho dos animais durante essa fase influencia no desempenho global dos bovinos confinados (7). Com isso, o uso de aditivos nutricionais em dietas de adaptação pode melhorar o desempenho, a eficiência alimentar, assim como a saúde ruminal e intestinal de bovinos em confinamento (6).

Uma meta-análise realizada por (8), que abrangeu 27 estudos, os autores constataram que a suplementação de bovinos com produtos de leveduras melhora a saúde ruminal e aumenta a digestibilidade da matéria seca, fibra e da proteína na dieta, fatores

que tem um impacto positivo no desempenho e na eficiência alimentar dos animais. Os efeitos desses produtos de leveduras no trato gastrointestinal, têm o potencial de influenciar o comportamento alimentar e a variação no consumo de matéria seca dos animais. Essa relação permite a associação entre os padrões de comportamento e o consumo de alimentos com o metabolismo gastrointestinal de bovinos (9).

Com base no potencial de produtos de leveduras em melhorar os padrões de fermentação e a saúde do trato gastrointestinal em dietas com alto teor de volumoso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de leveduras vivas (*Saccharomyces cerevisiae*) e cultura de levedura em dietas de adaptação sobre o comportamento alimentar e a flutuação no consumo de matéria seca de bovinos confinados.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e animais

O estudo foi realizado entre os meses de maio e junho de 2023 no Confinamento Experimental da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, na Universidade Estadual Paulista Botucatu - SP. Participaram deste estudo 60 bovinos Nelore machos, não castrados, com peso inicial (médias \pm DP) de 387 kg \pm 16 kg e idade entre 18 e 24 meses. Os animais foram mantidos em baias (5m X 6m) cobertas, com piso de concreto, onde tinham livre acesso a um bebedouro tipo concha e um cocho de concreto (1 metro linear de cocho/animal).

Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, e o peso inicial dos animais foi utilizado como critério para a formação de dois blocos: leve (30 animais mais leves) e pesado (30 animais mais pesados). Dentro de cada bloco, foram formadas 6 baias, cada uma contendo cinco animais, totalizando 12 baias. Assim, as baias foram consideradas como unidades experimentais. Dois tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em cada bloco, resultando em 6 unidades experimentais por tratamento. Os tratamentos foram fornecidos aos animais durante 21 dias, em que:

Tratamento 1 - LV: Levedura Viva (*Saccharomyces cerevisiae*, 2g/animal/dia, 1×10^{10} ufc/g);

Tratamento 2 – CL: Cultura de Levedura (7 g/animal/dia).

Dietas e manejo alimentar

Os animais foram pesados após um período de jejum alimentar de ~15 horas e em seguida foram distribuídos nas baias experimentais para início do estudo. A dieta experimental (Tabela 1) foi formulada utilizando o (10) e fornecida duas vezes ao dia (10h:00 e 16h:00), com 50% da quantidade total fornecida em cada horário de trato. A quantidade diária fornecida foi determinada com base no consumo de matéria seca e ajustada gradualmente para evitar consumo excessivo no período inicial do experimento. Inicialmente, foi fornecido 1,6% do peso vivo dos animais, e os ajustes diários foram feitos com base nas sobras do dia anterior, que foram pesadas antes do primeiro trato dos animais (~6h).

Tabela 5 – Níveis de inclusão de ingredientes e composição nutricional da dieta utilizada

Item ¹	Composição da dieta experimental
Ingredientes (% de MS)	
Milho Moído	18,31
Polpa cítrica	12,30
DDG	25,43
Silagem de Milho	24,97
Bagaço de Cana	15,60
Núcleo mineral	3,39
Composição Nutricional	
Matéria Seca (%)	53,50
Proteína Bruta (% MS)	16,33
FDN (% MS)	44,49
EM (Mcal/Kg MS)	2,63
ELg (Mcal/Kg MS)	1,11
Elm (Mcal/Kg MS)	1,72

¹DDG= Dried Distillers Grains, FDN= Fibra em Detergente Neutro; EM= Energia Metabolizável; ELg= Energia Líquida de Ganho; Elm = Energia Líquida de Manutenção; Núcleo mineral: 17% Ca; 1,9% S; 1,5% Mg; 4,5% Na; 1,6% P; 1715 ppm Zn; 1285 ppm Mn; 428 ppm Cu; 25 ppm I; 5,7 ppm Se; 8,8 ppm Co; 285 ppm Fe; 21,4 ppm I; 2285 ppm Zn; 110.000 UI Vit A; 115.000 UI Vit D3; 288 UI Vit E.

Ao longo do período experimental, amostras da dieta fornecida aos animais foram coletadas semanalmente para determinar a composição nutricional. Assim, os parâmetros de matéria seca (MS, método 976,05) e proteína bruta (PB, método 976,05, N * 6,25) foram analisadas (11). A determinação da fibra em detergente neutro (NDF) foi realizada de acordo com o método descrito por (12), no qual as amostras foram processadas com alfa-amilase a uma temperatura constante, sem a inclusão de sulfeto de sódio, e submetidas a correção para cinzas. Os valores de energia metabolizável (EM), energia ELg e energia líquida de manutenção (Elm) foram estimadas utilizando as equações propostas por (10) e o consumo de matéria seca (CMS) diário foi determinado pela diferença entre a oferta e a sobra.

Comportamento Alimentar

Os animais foram observados visualmente de maneira direta em dois períodos distintos (D7 e D19). As observações foram realizadas por instantâneos (13) com intervalo de 5 mín. durante 24h. Durante as observações, foram registrados dados do tempo gasto (mín.) em ócio, ruminação e alimentação conforme descrito por (14). Além disso, nos dias de observação, foram coletadas amostras das dietas fornecidas e das sobras em cada baia, para análises de MS pelo método 976,05 (11) e FDN conforme descrito por (12).

Com as análises de MS e FDN e o CMS foi possível determinar a eficiência de alimentação da MS (Equação 1) e FDN (Equação 2), eficiência de ruminação da MS e FDN (Equações 3 e 4), tempo de alimentação por refeição (Equação 5) e a ingestão de MS por refeição (Equação 6). As equações utilizadas foram descritas por (15) e estão detalhadas abaixo.

$$EALMS = \text{TAL}/\text{CMS} \quad (1)$$

$$EALFDN = \text{TAL}/\text{IFDN} \quad (2)$$

Onde: EALMS = Eficiência de alimentação da matéria seca (min/kg de massa seca); TAL = tempo despendido em alimentação (min); CMS = Consumo de matéria seca no dia da observação (kg); EALFDN = Eficiência de alimentação da FDN (min/kg de FDN); IFDN = Ingestão de FDN no dia da observação (kg).

$$\text{ERMS} = \text{TR}/\text{CMS} \quad (3)$$

$$\text{ERFDN} = \text{TR}/\text{IFDN} \quad (4)$$

Onde: ERMS = Eficiência de ruminação da matéria seca (min/kg de matéria seca); TR = Tempo despendido em ruminação (min); CMS = Consumo de matéria seca no dia da observação (kg); ERFDN = Eficiência de ruminação da FDN (min/kg de FDN); IFDN = Ingestão de FDN no dia da observação (kg).

$$\text{TALREF} = \text{TAL}/\text{REF} \quad (5)$$

$$\text{CMS}/\text{REF} = \text{CMS}/\text{REF} \quad (6)$$

Onde: TALREF = Tempo de alimentação despendido em cada refeição (min); TAL = Tempo despendido em alimentação (min); REF = Número de refeições por dia; IMSREF = Ingestão de matéria seca por refeição (kg); CMS = Consumo de matéria seca no dia da observação (kg).

Flutuação no consumo de matéria seca

A flutuação do CMS foi determinada a partir dos dados de CMS coletados diariamente ao longo de 21 dias utilizando a equação 7 proposta por (16).

$$\text{Flutuação do CMS (\%)} = \frac{|\text{CMSD} - \text{CMSDA}|}{\text{CMSDA}} * 100 \quad (7)$$

Onde: CMS = Consumo de matéria seca (kg); CMSD = Consumo de matéria seca do dia (kg); CMSDA = Consumo de matéria seca do dia anterior (kg).

Análise estatística

As análises foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do software SAS 9,4 (SAS Institute, Cary, Carolina do Norte, Estados Unidos, 2011). Inicialmente, os dados foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, à avaliação da homogeneidade das variâncias pelo teste BoxCox. Assim, o conjunto

de dados que não atenderam as premissas de normalidade, foram transformados pelo PROC RANK. Para comparação de médias foi realizado teste Tukey e os resultados foram considerados significativos no nível $p \leq 0,05$.

Os dados de comportamento alimentar foram analisados conforme o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + U_j (B_K \times T_i) + P_k + T_i P_k + e_{ijk}$$

Onde: Y é o parâmetro observado; μ é a média geral; T_i = efeito fixo de tratamento; $U_j (B_K \times T_i)$ = efeito aleatório da unidade experimental dentro do bloco e do tratamento; PK = efeito do dia (D7 e D19); $T_i P_k$ = efeito da interação tratamento x dia; e_{ijk} = o erro experimental associado a observação Y_{ijk} .

Os dados de flutuação de consumo foram analisados conforme o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + U_j (B_K \times T_i) + e_{ijk}$$

Onde: Y é o parâmetro observado; μ é a média geral; T_i = efeito fixo de tratamento; $U_j (B_K \times T_i)$ = efeito aleatório da unidade experimental dentro do bloco e do tratamento; e_{ijk} = o erro experimental associado a observação Y_{ijk} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito dos tratamentos ($p > 0,05$) no tempo de ócio, ruminação e alimentação dos animais ao longo do período de 24 horas (Tabela 2). Isso sugere que os efeitos causados pelos tratamentos no ambiente ruminal podem ter sido similares, pois essas variáveis (tempo de ócio, ruminação e alimentação) podem ser afetadas por alterações no ambiente ruminal (17,18). Ao avaliarem o comportamento de vacas leiteiras suplementadas ou não com leveduras (19), observaram uma redução no tempo de ruminação dos animais quando suplementados com leveduras, o que foi associado a uma menor temperatura ruminal dos animais.

Houve efeito ($p < 0,01$) do dia no comportamento alimentar. Os animais passaram mais tempo em alimentação no D19 (214 min. \pm 23,81) de que no D7 (182 min. \pm 18,38). Isto pode estar associado ao fato de os animais terem apresentado maior ($p < 0,01$) CMS no D19 (10,96 Kg \pm 0,57) do que no D7 (9,41Kg \pm 0,41), uma vez que o fornecimento de alimento foi gradual ao longo do período experimental. Embora a dieta contivesse 40,6% de volumoso, esses animais eram provenientes de sistemas extensivos de pastagem, e o consumo não controlado no início do período experimental poderia resultar em distúrbios metabólicos nos animais (6). O aumento na disponibilidade de alimento e, conseqüentemente, no consumo, também explica a interação ($p = 0,1$) entre o dia e o tratamento para a variável CMS e o aumento ($p < 0,01$) no número de refeições no D19 (20,13 n \pm 2,55) em relação ao D7 (11,90 n \pm 4,17).

O teor de FDN na dieta fornecida aos animais foi diferente no D7 e no D19, sendo de 48% e 44%, respectivamente, devido a variações na composição dos alimentos ao longo do período experimental. embora a ingestão de matéria seca (CMS) tenha sido

maior no D19, o consumo de FDN foi maior ($p < 0,01$) no D7 ($4,56 \text{ Kg} \pm 0,20$) do que no D19 ($4,14 \text{ Kg} \pm 0,57$).

Não houve efeito ($p > 0,05$) dos tratamentos no número de refeições e no TALREF (Tabela 2). Já é conhecido na literatura que bovinos suplementados com leveduras vivas apresentam um aumento no número de refeições associado a uma redução no TALREF em comparação com animais suplementados sem leveduras (17,19). Fato que pode estar associado principalmente a uma melhoria nas condições ruminais para o animal e na redução da variação do consumo devido a suplementação com leveduras (19,21).

Tabela 6 - Comportamento alimentar de bovinos Nelore confinados que receberam diferentes produtos de leveduras.

Item ²	Tratamentos ¹		EPM ³	P – Valor ⁴		
	LV	CL		Tratamento	Dia	T x D
Tempo em Ócio (min/dia)	928	931	13,12	0,71	0,10	0,84
Tempo de Ruminação (min/dia)	299,71	295,83	10,65	0,80	0,86	0,89
Tempo de Alimentação (min/dia)	198,35	198,92	6,43	0,95	< 0,01	0,89
CMS (kg/animal/dia)	10,07	10,24	0,20	0,56	< 0,01	0,01
Número de Refeições	15,84	16,18	1,01	0,81	< 0,01	0,29
TALREF (min)	14,16	13,56	1,96	0,84	< 0,01	0,06
CMS/Refeição (Kg)	0,73	0,70	0,07	0,89	< 0,01	0,23
Consumo de FDN (Kg/dia)	4,18	4,51	0,12	0,16	< 0,01	0,06

¹LV - Levedura Viva (*Saccharomyces cerevisiae*, 2g/animal/dia, 1×10^{10} ufc/g), CL - Cultura de Levedura (7 g/animal/dia). ²CMS= Consumo de matéria seca, TALREF = Tempo de alimentação despendido em cada refeição, FDN= Fibra em Detergente Neutro. ³EPM= Erro padrão da média. ⁴T x D= Interação dos fatores fixos tratamento e dia.

Não houve efeito ($p > 0,05$) dos tratamentos nos parâmetros de eficiência de ruminação e alimentação (Tabela 3). Embora a literatura apoie o impacto positivo dos produtos de levedura no comportamento alimentar de bovinos em comparação com animais que não receberam suplementação, ao comparar leveduras vivas e produtos de levedura não foram observados efeitos no comportamento alimentar dos animais, de forma semelhante ao encontrado por (20).

Os animais apresentaram uma maior ERMS ($p < 0,01$) no D7 ($32 \text{ min/Kg} \pm 4,11$) do que no D19 ($27 \text{ min/Kg} \pm 3,17$), isso provavelmente ocorreu devido ao maior teor de FDN na dieta fornecida a esses animais no D7, uma vez que esses fatores estão relacionados (21). Observou-se um aumento na EALFDN no D19 ($52 \text{ min/Kg} \pm 8,52$) em relação D7 ($40 \text{ min/Kg} \pm 3,60$), o que decorre tanto do maior tempo gasto em alimentação quanto do menor teor de FDN por kg de matéria seca na dieta no D19. Também não foi observado efeito ($p > 0,05$) dos tratamentos na variável flutuação de consumo (LV= 4,29, CL = 4,37) uma vez que esse parâmetro está relacionado a distúrbios digestivos e pode

afetar o desempenho de animais em confinamento (22) esse tipo de informação, associada a dados de comportamento e desempenho dos animais, torna-se muito relevante.

Tabela 7 - Eficiência de ruminação e alimentação de bovinos Nelore confinados que receberam diferentes produtos de leveduras.

Item ²	Tratamentos ¹		EPM ³	P – Valor ⁴		
	LV	CL		Tratamento	Dia	T x D
ERMS (min/kg de MS)	29,87	29,21	1,13	0,69	< 0,01	0,80
ERFDN (min/kg de FDN)	72,62	66,00	3,44	0,20	0,10	0,17
EALMS (min/kg de MS)	19,66	19,46	0,60	0,81	0,93	0,75
EALFDN (min/kg de FDN)	48,47	44,23	1,75	0,19	<0,01	0,19

¹LV - Levedura Viva (*Saccharomyces cerevisiae*, 2g/animal/dia, 1×10^{10} ufc/g), CL - Cultura de Levedura (7 g/animal/dia). ²ERMS= Eficiência de ruminação da matéria seca, ERFDN= Eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro, EALMS= Eficiência de alimentação da matéria seca, EALFDN= Eficiência de alimentação da fibra em detergente neutro. ³EPM= Erro padrão da média. ⁴T x D= Interação dos fatores fixos tratamento e dia.

CONCLUSÕES

A suplementação de leveduras vivas e cultura de levedura em dietas de adaptação não demonstrou impacto significativo no comportamento alimentar e na flutuação do consumo de matéria seca de bovinos Nelore confinados. Embora a literatura respalde um efeito positivo da suplementação de produtos de leveduras no comportamento alimentar de bovinos em comparação com a não suplementação, nossas descobertas indicam que leveduras vivas e cultura de leveduras não influenciam o comportamento alimentar de maneira distinta. Vale ressaltar que a ausência de um grupo controle, sem a suplementação de produtos de leveduras, limita nossa capacidade de inferir benefícios conclusivos dessa suplementação. Frente a esses resultados, o estudo enfatiza a necessidade de aprofundar a investigação do potencial dos produtos de levedura, especialmente em dietas com elevado teor de concentrado, a fim de compreender integralmente seu papel na nutrição de bovinos confinados. As conclusões destacam a complexidade inerente à nutrição animal em sistemas de confinamento, sublinhando a importância de pesquisas contínuas para otimizar o uso de aditivos nutricionais em diversos contextos dietéticos e ambientais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES pelo apoio financeiro ao projeto, com bolsas de pós-graduação.

REFERÊNCIAS

1. ABIEC. Beef Report 2022 – ABIEC [Internet]. 2022 [citado 25 de fevereiro de 2023]. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>
2. Silvestre AM, Millen DD. The 2019 Brazilian Survey On Nutritional Practices Provided By Feedlot Cattle Consulting Nutritionists. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2021;50:1–25.
3. Owens F. Optimization of feedlot diets with high density of energy and nutrients. Em: II Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte [Internet]. 2010 [citado 8 de maio de 2023]. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fred-Owens-2/publication/268249567_OPTIMIZATION_OF_FEEDLOT_DIETS_WITH_HIGH_DENSITY_OF_ENERGY_AND_NUTRIENTS/links/54ec9a2e0cf28f3e653454a0/OPTIMIZATION-OF-FEEDLOT-DIETS-WITH-HIGH-DENSITY-OF-ENERGY-AND-NUTRIENTS.pdf
4. Fernando SC, Purvis HT, Najjar FZ, Sukharnikov LO, Krehbiel CR, Nagaraja TG, et al. Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high-grain diet. *Appl Environ Microbiol*. novembro de 2010; 76(22):7482–90.
5. Coe ML, Nagaraja TG, Sun YD, Wallace N, Towne EG, Kemp KE, et al. Effect of Virginiamycin on Ruminal Fermentation in Cattle During Adaptation to a High Concentrate Diet and During an Induced Acidosis 1. Vol. 77, *J. Anim. Sci*. 1999.
6. Silvestre AM, Souza JM, Millen DD. Adoption of adaptation protocols and feed additives to improve performance of feedlot cattle. *J. Ap Anim Res*. 2023;51(1):282–99.
7. Rigueiro ALN, Pereira MCS, Squizatti MM, Ferreira MM, Dondé SC, Luiz FP, et al. Different combinations of sodium monensin and virginiamycin during feedlot finishing of Nellore cattle. *Anim Prod Sci*. 27 de fevereiro de 2020; 60(8):1061–72.
8. Batista LHC, Cidrini IA, Prados LF, Cruz AAC, Torrecilhas JA, Siqueira GR, et al. A meta-analysis of yeast products for beef cattle under stress conditions: Performance, health and physiological parameters. *Anim Feed Sci Technol*. 1º de janeiro de 2022;283:115182.
9. Bach A, Iglesias C, Devant M. Daily rumen pH pattern of loose-housed dairy cattle as affected by feeding pattern and live yeast supplementation. *Anim Feed Sci Technol*. 15 de julho de 2007;136(1–2):146–53.
10. BCRNM. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 8th Revised Edition. National Academies Press; 2016.
11. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL [Internet]. 4 de janeiro de 2023 [citado 28 de outubro de 2023]; Disponível em: <https://academic.oup.com/book/45491>

12. Mertens DR, Allen M, Carmany J, Clegg J, Davidowicz A, Drouches M, et al. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *J AOAC Int.* 1º de novembro de 2002;85(6):1217–40.
13. Altmann J. *Observational Study of Behavior: Sampling Methods.* Behaviour. 1º de janeiro de 1974;49(3–4):227–66.
14. Johnson TR, Combs DK. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 1991;74(3):933–44.
15. Carvalho S, Rodrigues MT, Branco RH, Florentino Rodrigues CA. Comportamento ingestivo de cabras Alpinas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro proveniente da forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 2006;35(2):562–8.
16. Bevans DW, Beauchemin KA, Schwartzkopf-Genswein KS, McKinnon JJ, McAllister TA. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. *J Anim Sci.* 2005; 83(5):1116–32
17. Sawyer JE. EFFECTS OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE SUPPLEMENTATION DURING RECEIVING AND FINISHING PERIODS ON GROWTH, EFFICIENCY, BEHAVIORAL AND HEALTH RESPONSES IN BEEF CATTLE. 2016.
18. Neumann M, Souza AM, Horst EH, Araujo RC, Venancio BJ, Favaro JL. Yeast culture in the diet of feedlot steers: performance, carcass traits and feeding behavior. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 8 de maio de 2020;72(2):535–44.
19. DeVries TJ, Chevaux E. Modification of the feeding behavior of dairy cows through live yeast supplementation. *J Dairy Sci.* 1º de outubro de 2014;97(10):6499–510.
20. Ovinge LA, Sarturi JO, Galyean ML, Ballou MA, Trojan SJ, Campanili PRB, et al. Effects of a live yeast in natural-program finishing feedlot diets on growth performance, digestibility, carcass characteristics, and feeding behavior. *J Anim Sci.* 6 de março de 2018;96(2):684–93.
21. Beauchemin KA. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *J Dairy Sci.* 1º de junho de 2018;101(6):4762–84.
22. Pereira IC, Costa CF, Martins CL, Pereira MCS, Squizatti MM, Owens FN, et al. Voluntary daily fluctuation in dry matter intake is associated to feedlot performance, feeding behavior and rumen morphometrics in beef cattle. *Livest Sci.* 1º de agosto de 2021;250:104565.

Capítulo 29

DOI: 10.53934/IIICBPAV-29

A IMPORTÂNCIA DA NUTRIÇÃO NO CONTROLE DAS HELMINTOSES GASTRINTESTINAIS DE OVINOS

Mateus Oliveira Mena *; Victor Maia Moellmann ; Tábata Alves do Carmo ; Naiara Mirelly Marinho Silva ; Giordani Mascoli de Favare ; Isabela de Almeida Cipriano ; Ricardo Velludo Gomes de Soutello 

*Mateus Oliveira Mena – Email: mateus.mena@unesp.br

Resumo

Devido ao surgimento de populações de helmintos resistentes aos principais produtos disponíveis comercialmente, novas pesquisas estão sendo conduzidas para encontrar formas alternativas de aumentar a eficiência da resposta imunológica contra infecções parasitárias, como suplementos dietéticos. O objetivo desta revisão é relatar os conhecimentos atuais sobre a importância da nutrição no controle das helmintoses gastrintestinais de ovinos. O sistema imunológico é o principal mecanismo de defesa contra as infecções em geral e está principalmente associado a imunidade adaptativa através das células Th2 com liberação local das interleucinas IL4, IL5 e IL13, além da produção de IgE, eosinófilos e mastócitos. Embora alguns fatores sejam únicos para cada animal, eles podem afetar a eficácia da resposta imunológica, e a nutrição é um dos mais importantes. A presença de nematoides gastrintestinais requer uma exigência adicional de nutrientes (proteína e energia) para ovinos infectados. Porém, a necessidade de nutrientes necessários para cobrir os custos metabólicos de diferentes infecções por nematoides gastrintestinais em cordeiros em crescimento foi pouco relatada. Uma forma de controlar os nematoides gastrintestinais em ovinos é através da nutrição, pois os nutrientes do alimento fornecido aos animais, principalmente o teor proteico, podem afetar significativamente o sistema imunológico e determinar o nível de infecção do animal. Conclui-se que a nutrição tem um papel fundamental potencializando a eficiência da resposta imunológica no controle das helmintoses gastrintestinais, resultando em um melhor desempenho dos ovinos.

Palavras-chave: verminose, resposta imune, infecção, ruminante, suplementação.

Abstract

Due to the emergence of helminth populations resistant to the main commercially available products, new research is being conducted to find alternative ways to increase the efficiency of the immune response against parasitic infections, such as dietary

supplements. The aim of this review is to report current knowledge about nutrition importance in controlling gastrointestinal helminthiases in sheep. The immune system is the main defense mechanism against infections in general and it is mainly associated with adaptive immunity through Th2 cells and the local release of interleukins IL4, IL5 and IL13, as well as the production of IgE, eosinophils and mast cells. Although certain factors are unique to each animal, they can affect the effectiveness of the immune response, and nutrition is one of the most important factors. The presence of gastrointestinal nematodes requires additional nutrient requirements (protein and energy) for infected sheep. However, the nutrient requirement needed to meet the metabolic costs of different gastrointestinal nematode infections in growing lambs has been poorly reported. One way to control gastrointestinal nematodes in sheep is through nutrition because the nutrients in the feed provided to the animals, especially the protein content, can significantly impact the immune system and also affect the infection rate. In conclusion, nutrition plays a fundamental role in boosting the efficiency of the immune response in the control of gastrointestinal helminthiases, improving sheep performance.

Key words: verminosis, immune response, infection, ruminant, supplementation.

Introdução

O rebanho de ovinos no Brasil teve uma queda entre 2020 a 2021 de -0,38% (20.623.064 – 20.544.899) no número do rebanho, mas em 2022 esse número cresceu para 21.514.274 (+4,72%) de cabeças, sendo o estado da Bahia o maior produtor de ovinos do país com um rebanho estimado em 4.660.494, seguido do Pernambuco (3.518.086) e em terceiro lugar o Rio Grande do Sul (3.353.607) (1).

Vale ressaltar que a ovinocultura no Brasil é praticada principalmente em agricultura familiar. O fato do pequeno porte desta espécie incentiva a entrada de pequenos produtores nessa atividade, mesmo que apenas para fins de subsistência (2; 3; 4).

No entanto, o desenvolvimento da criação de pequenos ruminantes é influenciado por uma variedade de fatores. Entre eles, perdas significativas no rebanho devido a patologias como as infecções por nematóides gastrointestinais que podem causar aumento na taxa de mortalidade e redução da produtividade do rebanho, causando impacto econômico significativo no agronegócio (5; 6; 7).

Os principais gêneros de nematódeos gastrintestinais em ovinos são *Haemonchus* spp., *Trichostrongylus* spp., *Cooperia* spp., *Oesophagostomum* spp. e *Strongyloides* spp. Sendo os de maior prevalência e intensidade a infecção *Haemonchus contortus* e *Trichostrongylus colubriformis*. (8; 9). *Haemonchus contortus*, por ser hematófago, pode causar anemia progressiva com perdas contínuas de ferro e proteínas, perda de apetite e danos traumáticos à mucosa abomasal, levando à diminuição da atividade enzimática e distúrbios digestivos em casos de infecções graves, sendo considerada a espécie mais prolífera (10; 11; 12; 13). Já *Trichostrongylus colubriformis*

nas infecções crônicas, por conta da sua maneira de se alimentar traz prejuízos ao hospedeiro causando danos à mucosa do intestino delgado, predispondo a uma diminuição da absorção e digestão de nutrientes, assim como à diminuição do tempo de retenção da digesta (14, 15).

Os principais anti-helmínticos utilizados para o controle dessa patologia são: albendazol, closantel, levamisol, lactonas macrocíclicas e monepantel (16; 17). Com a introdução das lactonas macrocíclicas, endectocidas de amplo espectro (avermectinas e milbemicinas), no início da década de 1980, ocorreu o que se denominou revolução no mercado de produtos veterinários para controle de helmintos, e eles começaram a ser amplamente utilizados em animais domésticos (18). Contudo, com o tempo, algumas formulações contendo avermectina chegaram ao mercado a preços mais baixos, o que acarretou em uso indiscriminado, que resultou na seleção de populações resistentes de parasitas internos e externos (19). Um estudo demonstrou que isolados de *H. contortus* e *T. colubriformis* apresentaram resistência anti-helmíntica múltipla ao albendazol, levamisol, moxidectina, ivermectina, closantel e triclorfon (16).

Desta forma, novas pesquisas estão sendo conduzidas para encontrar formas alternativas de aumentar a eficiência da resposta imunológica contra infecções parasitárias, como suplementos dietéticos. Alguns autores relatam que animais bem nutridos apresentam melhor desempenho, redução dos níveis de infecção e, portanto, maior resistência aos efeitos nocivos do parasitismo, contribuindo para a redução da dependência do uso de medicamentos anti-helmínticos (20; 5; 21; 22; 23).

O objetivo desta revisão é relatar os conhecimentos atuais sobre a importância da nutrição no controle das helmintoses gastrintestinais de ovinos.

Sistema imunológico

O sistema imunológico é o principal mecanismo de defesa contra as infecções em geral, está principalmente associado a imunidade adaptativa através das células Th2 com liberação local das interleucinas IL4, IL5 e IL13, além da produção de IgE, eosinófilos e mastócitos (24; 25).

Especificamente, na presença de helmintos, as células T CD4+ podem se diferenciar em células Th2, secretando as citocinas IL-4 e IL-5. A IL-4 estimula a produção de anticorpos IgE, enquanto a IL-5 ativa os eosinófilos. A IgE se liga aos parasitas e os eosinófilos à IgE. Portanto os eosinófilos são ativados e o conteúdo desses grânulos é liberado, o que causa alterações no helminto (26).

As infecções por nematoides gastrointestinais causam à ativação da via alternativa do sistema complemento, e as opsoninas resultantes demonstraram ser letais para as larvas desses parasitas (27; 28; 29). Esta via abrange a clivagem espontânea de C3 nas formas ativas C3a e C3b, que possuem fortes propriedades opsonizantes. Ademais, a

ativação alternativa do complemento, como outras vias, leva à formação do complexo terminal (C5-C9) (30).

No entanto, devido à elevada abundância de C3 nas superfícies das mucosas, são necessários mecanismos reguladores para prevenir a hiperativação desta via, na qual o fator I do complemento (FIC) exerce um papel importante (31). Ativação superior de genes diretamente relacionada à ativação do complemento (C7 e FIC) foi constatada em ovinos resistentes ao *H. contortus* (32). Embora alguns fatores sejam únicos para cada animal, eles podem afetar a eficácia da resposta imunológica, e a nutrição é um dos mais importantes (33).

Nutrição

A maior parte dos sistemas de produção de ovinos no mundo envolve criações extensivas. Dependem do uso de pastagens, portanto, o objetivo do aproveitamento dos recursos vegetais é garantir a nutrição de ovinos nos mais diversos sistemas de produção. No entanto, este sistema também representa fontes potenciais de infecções por nematoides gastrointestinais devido à presença de larvas infectantes de terceiro estágio (L3) nas pastagens (12). Cordeiros suplementados pastam menos tempo e passam mais tempo em ócio do que os animais com dieta basal ou sem suplementação, reduzindo as chances de infecção (23).

Além da anemia causada por parasitas hematófagos como *H. contortus*, os nematoides gastrointestinais causam redução na ingestão de alimentos, na digestibilidade, absorção e no metabolismo de nutrientes. Também provocam aumento da perda endógena de proteínas no trato gastrointestinal, o que prejudica a condição corporal e o estado nutricional do hospedeiro (34).

A presença de nematoides gastrointestinais requer uma exigência adicional de nutrientes (proteína e energia) para ovinos infectados. Porém, a necessidade de nutrientes necessários para cobrir os custos metabólicos de diferentes infecções por nematoides gastrointestinais em cordeiros em crescimento tem grande importância. Estes custos metabólicos são a quantidade de energia e proteína exigida por um animal para superar os efeitos negativos causados pelos parasitas e alcançar um desempenho semelhante ao de um animal livre de parasitas em relação ao ganho de peso, produção de leite e gestação. Mas estes custos metabólicos podem ser compensados através do fornecimento de proteína e energia adicional na dieta dos animais (35; 36).

Quando cordeiros artificialmente infectados com *H. contortus* e *T. colubriformis* foram submetidos a quatro dietas, foi possível observar que conforme vai ocorrendo um aumento na quantidade de concentrado (aumento de proporção de proteína e energia metabolizável na dieta) vai ocorrendo uma diminuição nas contagens de OPG. Os animais sem suplementação com concentrado apresentaram valores muito altos de OPG e apresentaram anemia. Já os grupos que receberam concentrado apresentaram aumento de

OPG no início do experimento, mas com o decorrer do tempo os valores de OPG foram diminuindo de forma proporcional ao percentual de proteína e energia da dieta (37).

As deficiências de minerais também representam um grande risco para os animais que pastoreiam. Os animais precisam principalmente de minerais para um sistema imunológico saudável e resistência a doenças (38).

Dentre os minerais existem pelo menos 15 elementos reconhecidos como essenciais para a nutrição dos ruminantes, dentre os macrominerais, que são exigidos em maior quantidade na dieta, estão o cálcio, fósforo, sódio, cloro, magnésio, potássio e enxofre; e dentre os microminerais, estão o ferro, iodo, zinco, cobre, manganês, cobalto, molibdênio e selênio, que são necessários em menor quantidade, porém são essenciais para o bom funcionamento do organismo (39).

Animais com infecções parasitárias ou outras doenças apresentaram níveis séricos de Zinco (Zn) e Cobre (Cu) mais baixos do que animais não infectados (40). Estes minerais desempenham um papel significativo na redução da carga parasitária gastrointestinal em ovinos naturalmente infectados (41).

Portanto uma forma de controlar os nematoides gastrointestinais em ovinos é através da nutrição, pois os nutrientes do alimento fornecido aos animais, principalmente o teor proteico e os minerais podem afetar significativamente o sistema imunológico, com impacto no grau de infecção do animal (42; 41).

Conclusões

Se faz indispensável a busca por alternativas como a nutrição para reduzir os prejuízos ocasionados pela verminose em ovinos. Com base no que foi exposto nesta revisão, levando em consideração a importância da nutrição, conclui-se que a nutrição tem um papel fundamental potencializando a eficiência da resposta imunológica no controle das helmintoses gastrointestinais resultando em um melhor desempenho dos ovinos.

Referências

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Banco de dados – Rebanho de ovinos (Ovelhas e Carneiros) [Internet]. Brasil, 2022 [acesso em 29 out 2023]. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ovino/br>>.
2. Bettencourt AF, Silva DG da, Leite TE, Porciuncula GC da. Sistemas de produção para terminação de cordeiros no Sul do Brasil. *Pesqui Agropecuária Gaúcha*. 2020;26: 243–262.
3. Monteiro MG, Brisola MV, Vieira Filho JER. Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA); 2021.

4. Castro RLP, Brito DRB, Ribeiro MC, Costa JV da, Pires Filho PCS. Caracterização de pequenas criações de caprinos e ovinos da Ilha de São Luís. *Rev. Sítio Novo*. 2022; 6:30-41.
5. Amarante AFT. Os parasitas de ovinos. São Paulo: Editora Unesp; 2014.
6. Silva FC. Resposta de ovinos naturalmente infectados por nematoides gastrintestinais em pastos de Capim-massai [dissertação]. Macaíba: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.
7. Toscano JHB; Lopes LG; Giraldelo LA; Silva MH; Okino SH; Chagas ACS. Identification of appropriate reference genes for local immune-related studies in Morada Nova sheep infected with *Haemonchus contortus*. *Mol Biol Rep.*, 2018;45(5):1253-1262.
8. Albuquerque ACA, Bassetto CC, Almeida FA, Amarante AFT. Development of *Haemonchus contortus* resistance in sheep under suppressive or targeted selective treatment with monepantel. *Vet Parasitol.* 2017; 246:112-117.
9. Bello HJS, Lins JGG, Albuquerque ACA, Ferreira GB, Amarante MRV, Amarante AFT. Prophylactic Effects of Ivermectin and Closantel Treatment in the Control of *Oestrus ovis* Infestation in Sheep. *Front Vet Sci.* 2022; 8:798942.
10. Almeida FA, Garcia KC, Torgerson PR, Amarante AFT. Multiple resistance to anthelmintics by *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* in sheep in Brazil. *Parasitol Int.* 2010;59(4):622-625.
11. Cintra MC, Teixeira VN, Nascimento LV, Sotomaior CS. Lack of efficacy of monepantel against *Trichostrongylus colubriformis* in sheep in Brazil. *Vet Parasitol.* 2016; 216:4-6.
12. Hoste H, Torres-Acosta JFJ, Quijada J, et al. Interactions between nutrition and infections with *Haemonchus contortus* and related gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Adv Parasitol.* 2016; 93:239-351.

13. Reiniger RCP, Dias de Castro LL, Benavides MV, Berne MEA. Can *Haemonchus placei* - primary infected naïve lambs withstand *Haemonchus contortus* infections? *Res Vet Sci.* 2017; 114:136-142.
14. Dias-Silva TP, Bompadre TFV, Danasekaran DK, et al. *Trichostrongylus colubriformis* infection: Impact on digesta passage rate and lamb performance. *Vet Parasitol.* 2019; 272:17-22.
15. Dias-Silva TP, Abdalla Filho AL, Katiki LM, et al. *Trichostrongylus colubriformis* infection in Santa Inês lambs: impact on feed digestibility, blood markers, and nitrogen balance. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2020; 29:1-7.
16. Almeida FA, Garcia KCOD, Torgerson PR, Amarante AFT. Multiple resistance to anthelmintics by *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* in sheep in Brazil. *Parasitol Int.* 2010 Dec;59(4):622–5.
17. Martins AC, Bergamasco PLF, Felippelli G, et al. *Haemonchus contortus* resistance to monepantel in sheep: fecal egg count reduction tests and randomized controlled trials. *Ciências Agrárias.* 2017;38(1):231.
18. Geary TG. Ivermectin 20 years on: Maturation of a wonder drug. *Trends Parasitol.* 2005;21(11):530-532.
19. Paiva F. Resistência a ivermectina constatada em *Haemonchus placei* e *Cooperia punctata* em bovinos. *A Hora Veterinária.* 2001;20(120):29-32.
20. Bricarello PA, Amarante AFT, Rocha RA, Cabral Filho SL, Huntley JF, Houdijk JGM, et al. Influence of dietary protein supply on resistance to experimental infections with *Haemonchus contortus* in Ile de France and Santa Ines lambs. *Vet Parasitol.* 2005 Nov;134(1–2):99–109.
21. Melo GKA, Ítavo CCBF, Monteiro KLS, et al. Effect of creep-fed supplement on the susceptibility of pasture-grazed suckling lambs to gastrointestinal helminths. *Vet Parasitol.* 2017; 239:26-30.

22. Salgado JA, Molento MB, Sotomaior CS, et al. Endoparasite and nutritional status of Suffolk lambs in seven production systems. *Anim Prod Sci.* 2017;58(9):1667-1676.
23. Starling RZC, Almeida FA, Viana MVG, Castilhos AM, Amarante AFT. Losses caused by gastrointestinal nematode infections in Dorper lambs under two nutritional status. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2019;28(4):652-660.
24. Lacroux C, Nguyen THC, Andreoletti O, et al. *Haemonchus contortus* (Nematoda: Trichostrongylidae) infection in lambs elicits an unequivocal Th2 immune response. *Vet Res.* 2006;37(4):607-622.
25. MacKinnon KM, Bowdridge SA, Kanevsky-Mullarky I, Zajac AM, Notter DR. Gene expression profiles of hair and wool sheep reveal importance of Th2 immune mechanisms for increased resistance to *Haemonchus contortus*. *J Anim Sci.* 2015;93(5):2074-2082.
26. Abbas AK, Lichtman AH, Pillai S. *Imunologia Celular e Molecular.* 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2019.
27. Anwar ARE, Smithers SR, Kay AB. Killing of schistosomula of *Schistosoma mansoni* coated with antibody and/or complement by human leukocytes in vitro: requirement for complement in preferential killing by eosinophils. *J Immunol.* 1979;122(2):628-637.
28. Hong Y, Kim CW, Ghebrehiwet B. *Trichinella spiralis*: activation of complement by infective larvae, adults, and newborn larvae. *Exp Parasitol.* 1992;74(3):290-299.
29. Kerepesi LA, Hess JA, Nolan TJ, Schad GA, Abraham D. Complement component C3 is required for protective innate and adaptive immunity to Larval *Strongyloides stercoralis* in mice. *J Immunol.* 2006;176(7):4315-4322.
30. Mackenzie CD, Jungery M, Taylor PM, Ogilvie BM. Activation of complement, the induction of antibodies to the surface of nematodes and the effect of these factors and cells on worm survival in vitro. *Eur J Immunol.* 1980;10(8):594-601.
31. Naik A, Sharma S, Quigg RJ. Complement regulation in renal disease models. *Semin Nephrol.* 2013;33(6):575-585.

32. Guo Z, González JF, Hernandez JN, et al. Possible mechanisms of host resistance to *Haemonchus contortus* infection in sheep breeds native to the Canary Islands. *Sci Rep.* 2016;6(1):26200.
33. Araújo LF, Zanetti MA. *Nutrição Animal*. 1. ed. Barueri: Manole; 2019.
34. Houdijk JGM. Differential effects of protein and energy scarcity on resistance to nematode parasites. *Small Rumin Res.* 2012;103:41-49.
35. Retama-Flores C, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA, Aguilar-Caballero AJ, Cámara-Sarmiento R. Maize supplementation of Pelibuey sheep in a silvopastoral system: fodder selection, nutrient intake and resilience against gastrointestinal nematodes. *Anim.* 2012;6:145-153.
36. Méndez-Ortíz FA, Sandoval-Castro CA, Vargas-Magaña JJ, Sarmiento-Franco L, Torres-Acosta JFJ, Ventura-Cordero J. Impact of gastrointestinal parasitism on dry matter intake and live weight gain of lambs: A meta-analysis to estimate the metabolic cost of gastrointestinal nematodes. *Vet Parasitol.* 2019; 265:1-6.
37. Carvalho N, Neves JH, Pennacchi CS, Castilhos AM, Amarante AFT. Desempenho de cordeiros submetidos a quatro níveis de suplementação dietética e infectados artificialmente por *Haemonchus contortus* e *Trichostrongylus colubriformis*. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2021;30(1):e025420.
38. Weyh C, Krüger K, Peeling P, Castell L. The role of minerals in the optimal functioning of the immune system. *Nutrients.* 2022; 14:644.
39. Cavalheiro ACL. Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo. *Sagra Luzzatto.* 1992;142.
40. Hill GM, Shannon MC. Copper and zinc nutritional issues for agricultural animal production. *Biol Trace Elem Res.* 2019;188(1):148-159.

41. Rizwan HM, Sajid MS, Younus M, et al. Evaluation of trace elements in forages and their effect on gastrointestinal parasite burden in grazing sheep. *Saudi J Biol Sci.* 2023;30(9):103768.

42. Louvandini H, Veloso CFM, Paludo GR, et al. Influence of protein supplementation on the resistance and resilience on young hair sheep naturally infected with gastrointestinal nematodes during rainy and dry seasons. *Vet Parasitol.* 2006; 137:103-111.

Capítulo 30

DOI: 10.53934/IIICBPAV-30

VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS E ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO PECUÁRIA-FLORESTA NO OUTONO

Mikaeli Alyssa Santos da Silva^{1*} ; Cristiana Andrighetto^{1*} ; Isabela de Almeida Cipriano^{2*} ; Danilo Pereira da Silva^{2*} ; Gustavo do Valle Pollycarpo^{1*} 

*Autor correspondente (Mikaeli Alyssa Santos da Silva) –
Email: mikaeli.alyssa@unesp.br

¹ Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus de Dracena

² Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ – UNESP Botucatu

Resumo: A principal estratégia de mitigação do estresse pelo calor na produção animal é a utilização de sombra, que reduz a radiação solar direta proporcionando melhores índices de conforto térmico e consequentemente um melhor ambiente para os animais.

Os sistemas integrados de produção agropecuária com o componente arbóreo como por exemplo o sistema de integração pecuária-floresta (IPF) está altamente relacionado com essa estratégia, pois nesse sistema a escolha da espécie arbórea é determinante para resultados positivos portanto o estudo de diferentes espécies de árvores é importante para definir qual será a mais adequada para o sistema e que proporcionará melhor conforto térmico para os animais.

Portanto o objetivo do trabalho foi avaliar condições climáticas em sistema de integração pecuária-floresta, com eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora*), com o clone de eucalipto GG2808 (*Eucalyptus spp*) e em pleno sol, na estação do outono.

Palavras-chave: eucalipto citriodora, clone de eucalipto, ITU, TGU.

Abstract: The main strategy for mitigating heat stress in animal production is the use of shade, which reduces direct solar radiation, providing better thermal comfort indices and consequently a better environment for the animals.

The integrated agricultural production systems with the tree component, such as the livestock-forest integration system (IPF), is highly related to this strategy, because in this system the choice of the tree species is decisive for positive results, so the study of different tree species is important to define which will be the most suitable for the system and that will provide better thermal comfort for the animals.

Therefore, the objective of this work was to evaluate climatic conditions in a livestock-forest integration system, with citrus eucalyptus (*Corymbia citriodora*), with the eucalyptus clone GG2808 (*Eucalyptus spp*) and in full sun, in the autumn season.

Key Word: *corymbia citriodora*, *eucalyptus clone*, UTI, TGU.

INTRODUÇÃO

O fator climático é uma condição marcante para a criação de animais, sobretudo, em regiões tropicais e subtropicais. Portanto, estudos bioclimáticos sempre devem ser adotados como uma ação de planejamento do pecuarista. Visto que, os animais necessitam de um ambiente com condições que favoreçam o metabolismo e homeostase do animal. Desse modo, as condições de instalação devem ser modificadas conforme o tipo de criação, o manejo adotado e clima do local (1; 2; 3).

Na criação animal, os estudos bioclimáticos possibilitam a escolha da espécie que melhor se adapte a certa condição climática, por conseguinte, eleva as chances de sucesso na produção(4; 5; 6)

Por exemplo, animais originados da Europa se apresentam geneticamente preparados para ambientes de clima temperado e podem sofrer os efeitos do ambiente em países tropicais

Segundo, Costa (7). relata que o estresse pelo excesso de calor intensifica a frequência reparatória, desvia energia de produção para a manutenção da temperatura corpórea e ainda promove alterações no consumo de alimentos, resultando em redução da produtividade dos animais de raças mais sensíveis. Contudo, animais mestiços e os sem raça definida (SRD) mostram uma melhor adaptação e tolerância a climas de países tropicais, por se tratarem de animais mais rústicos, como mencionado por Nascimento (8), que relata que animais SRD não tem a sua reprodução comprometida pelo estresse calórico, quando paridas em épocas secas e manejados de forma semi-intensiva em ambientes semiáridos.

Portanto, a manutenção da homeostase e o controle do estresse do animal devem sempre ser almejados, de modo a incrementar a produção do animal e assegurar um produto e subproduto de melhor qualidade. O estresse ambiental desencadeia perturbações físicas nos animais como patologias, diminuição do crescimento e problemas reprodutivos (9). Além disso, pode promover distúrbios de caráter emocionais como medo, ansiedade e agressividade (10),e comprometer a qualidade do produto final (11)

Fora de sua zona de conforto, o animal necessita ativar mais intensamente seus mecanismos fisiológicos e comportamentais para manter a temperatura corporal em equilíbrio, por meio da termólise (perder calor para o ambiente) e termogênese (produzir calor corporal). O método mais usado pelos ruminantes para trocar calor com o

ambiente é a frequência respiratória (12) embora este processo dependa da capacidade de saturação de UR no ambiente, o que vai facilitar ou dificultar essa troca de calor

No julgamento do conforto ou desconforto dos animais pelos elementos climáticos comumente são utilizados índices, que unificam os seus efeitos e que possuem relação com indicadores fisiológicos e comportamentais dos animais (13; 14; 15). São bons exemplos de indicadores, o índice de temperatura do globo negro (TGN) e umidade (ITGU), índice de temperatura e umidade (ITU), que vem sendo bastante utilizados.

A TGN é medida por um termômetro de globo negro, sendo capaz de inferir sobre a homeotérmica dos animais. O globo negro é um objeto esférico de cor preta fosca que possui um termômetro no seu interior, que mede a quantidade de calor presente no ambiente. Quando instalado no local de criação dos animais é capaz de mensurar a energia oriunda da radiação solar global (RG) e demais variáveis condicionadoras do desconforto térmico, ou seja, velocidade do vento (VV), umidade relativa do ar (UR) e TA. Todavia, a maioria das estações meteorológicas brasileiras não dispõem da TGN, o que dificulta a estimativa da quantidade de carga térmica a qual os animais ficam expostos. Logo, o uso de variáveis meteorológicas para a elaboração de equações de estimativa da TGN, é de grande importância em ações de planejamento em diferentes sistemas de produção animal. (16).

O ITU depende da temperatura do ar (TA), pois não absorve efeitos da carga térmica de radiação, ficando inviável a sua utilização em criação extensiva, sendo assim, sua utilização é recomendada para animais confinados. Em sistemas de criação extensiva ou mesmo confinado, mas com carga térmica elevada, o ITGU é o mais indicado., devido a carga térmica elevada. Por esse motivo, o ITGU e CTR, que dependem da TGN, são mais recomendados para mensuração climática do ambiente (17).

Ainda há poucos estudos conduzidos para estimativa do conforto e desconforto térmico de diferentes espécies de animais a partir de índices bioclimáticos. Logo, sugere-se a condução de pesquisas que avaliem os índices de conforto crítico para as principais espécies da cadeia produtiva pecuária, uma vez que, esse tipo de estudo, permite a escolha da espécie que melhor se adapte a certa condição climática de uma região, por conseguinte, eleva as chances de sucesso.

MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações foram realizadas no setor de Bovinocultura de corte da FCAT/Unesp Campus de Dracena.

Delineamento experimental foi em blocos casualizados.

Para a determinação da onda de calor, acompanhou-se a previsão do tempo local, pelo site: Climatempo (www.climatempo.com.br), para estabelecer o início das coletas

Foram mensuradas as seguintes variáveis microclimáticas: temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR) e temperatura do globo negro (TGN). No sistema convencional os equipamentos para mensuração das variáveis ficaram alocados em pleno sol e no sistema de integração pecuária-floresta os equipamentos foram alocados à sombra.

A TGN é medida por um termômetro de globo negro que é capaz de determinar a homeotérmica dos animais. O globo negro é um objeto esférico de cor preta fosca com um termômetro no interior, que pode ser usado para medir a quantidade de calor no ar circundante no ambiente. É capaz de medir a energia da radiação solar global (RG) e outras variáveis que causam desconforto térmico, como velocidade do vento (VV), umidade relativa do ar (UR) e temperatura ambiente (TA) quando está instalado no local de criação dos animais.

Os dados foram registrados a cada hora, por *dataloggers* da marca HOBO® U12-012 (Onset Computer Corporation/EUA), com as seguintes especificações: precisão para temperatura $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$; precisão para a umidade relativa $\pm 2,5\%$; limite de temperatura -20°C a $+70^{\circ}\text{C}$ e limite de umidade relativa 5 a 95%. Os equipamentos foram alocados a 1,4 m do solo, simulando a altura do centro de massa de ruminantes de grande porte.

O globo negro foi construído usando boias plásticas pintadas com tinta preta fosca, o termômetro foi inserido dentro da boia e conectado a um *datalogger* para avaliar a temperatura do globo negro. As mensurações foram feitas por 24 horas durante toda a onda de calor. Após a avaliação foram determinados os seguintes índices de conforto térmico:

Índice de Temperatura e Umidade (ITU), foi calculado por meio da equação proposta por Thom (1959): $\text{ITU} = t_a + 0,36 t_{po} + 41,5$, onde: t_a = temperatura ambiente e t_{po} = temperatura de ponto de orvalho; Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), equação proposta por Buffington et al. (1981): $\text{ITGU} = t_g + 0,36 t_{po} + 41,5$, onde: t_g = temperatura de globo negro e t_{po} = temperatura de ponto de orvalho.

Com relação ao Índice de Temperatura e Umidade (ITU), o Índice de Globo Negro de Temperatura e Umidade (ITGU) é o método mais preciso para avaliar o conforto dos animais em situações de estresse pelo calor extremo (18). Na bioclimatologia zootécnica, este índice é bastante usado porque leva em consideração os efeitos combinados da temperatura, energia radiante e velocidade do vento por meio da temperatura de um globo negro colocado na posição em que o animal estaria no ambiente, a fim de determinar o nível de desconforto do ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo o National Environment Science (19), para bovino o ITGU de até 74 indica condição de bem estar; de 74 a 78, a condição é de cautela; de 79 a 84, a condição é perigosa e acima de 85, o estado é de emergência.

Na tabela 1, estão as médias por hora de temperatura, temperatura do globo negro, ITGU e ITU, durante a onda de calor. Observou-se que ambos os tratamentos (Clone e Citriodora) permaneceram muito próximos no ITU, entretanto o clone se

destacou no ITGU com melhores resultados tanto no ITU quanto o sistema convencional sem o componente arbóreo (SOL). O período com maior diferença de temperatura e maior ITGU entre os tratamentos ocorreu entre 8h00 e 17h00

Em termos de temperatura, o tratamento com citriodora proporcionou melhores resultados com temperaturas mais baixas, superando o tratamento do clone mesmo com o mínimas diferenças.

Tabela 1: Análises de variância das variáveis: Temperatura Ambiente (TA); Umidade Relativa (UR); Temperatura do Globo Negro (TG); Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) nos sistemas de sombreamento eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora*), clone de eucalipto GG2808 (*Eucalyptus spp*) e em pleno sol.

6 Horas

Variáveis	Tratamentos			Média Geral	EP	P
	Sol	S Clone	S Citriodora			
TA	19,3	19,2	17,7	18,72	0,69	0,588
UR	86,6 a	85,1 ab	83,9 b	85,22	0,32	0,042
TG	18,5 b	19,2 a	19,4 a	19,00	0,04	<0,001
ITU	67,8	68,0	68,2	67,80	0,06	0,103
ITGU	67,0 b	67,7 a	67,9 a	67,00	0,05	0,001

■ Significativo

■ Não Significativo

12 Horas

Variáveis	Tratamentos			Média Geral	EP	P
	Sol	S Clone	S Citriodora			
TA	32,7 a	30,8 ab	29,6 b	30,95	0,39	0,005
UR	45,4	49,5	49,6	48,16	0,78	0,011
TG	40,6 a	33,7 b	33,4 b	33,73	0,48	0,001
ITU	82,1 a	80,1 b	79,9 b	80,72	0,20	0,008
ITGU	90,0 a	83,0 b	82,7 b	85,24	0,48	0,001

■ Significativo

■ Não Significativo

18 Horas

Variáveis	Tratamentos			Média Geral	EP	P
	Sol	S Clone	S Citriodora			
TA	25,0	26,0	25,1	25,37	0,28	0,387
UR	70,0 a	65,2 b	65,4 b	66,89	0,16	0,005
TG	24,6 b	26,1 a	25,9 a	25,53	0,11	0,003
ITU	74,4 b	75,3 a	75,2 a	73,99	0,07	0,006
ITGU	74,0 b	75,5 a	75,2 a	74,89	0,13	0,008

■ Significativo

■ Não Significativo

As 06horas a Umidade Relativa, a Temperatura do Globo e o Índice de Temperatura do Globo e Umidade foram significativo. A umidade relativa foi maior no sistema em pleno sol, apresentando uma temperatura de 86,6°C e no sistema de sombreamento, o citriodora teve a menor temperatura. O ITGU e o TG em pleno sol obteve uma menor temperatura, devido o sistema de sombreamento assegurar a temperatura.

Como referencia dos bovinos de corte, os valores de ITGU menores que 72: representa um ambiente é propício para qualquer criação de animais europeus. A umidade relativa (UR) apresenta valores menores que o limite pois apesar que apresentou valores acima de 80%, a temperatura ambiente foi menor que o limite que é 27°C, logo as 06hrs os valores estão dentro do conforto térmico.

As 12horas: a temperatura ambiente, temperatura do globo, ITU e ITGU foram significativos. A temperatura ambiente foi maior que no sistema em pleno sol, apresentando uma temperatura (32,7°) e o sistema em sombreamento foi menor no citriodora (29,6°) e o sistema em sombreamento clone não diferenciou estatisticamente dos dois tratamentos.

O TG do clone foi maior que no sistema sem sombreamento, em comparação com o citriodora que teve a menor temperatura registrada (33,4°C) que não diferenciou estatisticamente com o sistema de clone. Mesmo que o ITU e o ITGU, sendo índices altos no sistema em pleno sol. Com os valores mensurados no ITU, consta na escala de situação perigosa(entre 79 e 84)

O ITGU, deu valores acima de 79, que consta uma situação de inicio de estresse térmico. Os valores menores no sistema de sombreamento foram devido o sombreamento impedir a dissipação do calor.

As 18horas: volta o conforto térmico, a temperatura ambiente não foi significativa, a umidade relativa foi abaixo dos 80% e com a temperatura ambiente abaixo da casa dos 27°C logo podemos considerar que está dentro do conforto térmico dos animais, mesmo o ITU estando na situação de alerta e o ITGU mensurando temperatura entre 74 e 75, os animais elevam a frequência respiratória (FR) sem afetar basicamente a homeostase.

CONCLUSÕES

Estudos bioclimáticos devem ser adotados no julgamento do conforto ou desconforto dos animais como uma ação de planejamento do pecuarista, pois apesar de às 6 horas e às 18 horas o ITU e o ITGU estarem menores em pleno sol, os valores observados tanto no sol como na sombra representam bons índices para o conforto térmico.

Desta forma, podemos concluir que a sombra melhora os índices de conforto térmico nas horas mais quentes do dia, na estação do outono.

REFERÊNCIAS

1. Abreu, P. G., Abreu, V. M. N., Franciscan, L., Coldebella, A., & do Amaral, A. G. (2011). Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco. **Revista Engenharia Na Agricultura**,19(6), 557-563.
2. Avila, A. D., Jácome, I. M. T. D., Faccenda, A., Panazzolo, D. M., & Müller, E. R. (2013). Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandês em diferentes estações. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**,14(14), 2878-2884.
3. Polli, V. A., Costa, P. T., Garcia, J. A. B., Restle, J., Dutra, M. M. M., & Vaz, R. Z. (2020). Estresse térmico e qualidade da carne ovina –uma revisão. **Research, Society and Development**,9(9), e595997578. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7578>
4. TURCO, Sílvia HN et al. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 20-27, 2006.
5. Silva, T. G. F., Turco, S. H. N., Zolnier, S., Soelma, M., Moura, B., & Sá, I. I. S. (2008). Variação regional do declínio na produção de leite durante o verão no estado de pernambuco. **Engenharia na Agricultura**, 16(1), 109–123.
6. MENDES, Aline Medeiros de Paula et al. Zoneamento bioclimático para a raça ovina Dorper no Estado de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 986-993, 2014.
7. DA COSTA, Antônio Nelson Lima; DE ARAÚJO, Airton Alencar; DE ARAÚJO, Érica Pinto. Efeitos do estresse térmico na reprodução de fêmeas bovinas. 2016Neves, M. L. M. W.,
8. NASCIMENTO, Thiago VC et al. Fatores meteorológicos sobre a atividade reprodutiva de cabras leiteiras na época seca do semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 539-544, 2014.
9. DE ALMEIDA, João Vitor Nogueira et al. Influência do estresse térmico sobre os aspectos produtivos e reprodutivos de bovinos–Revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e230973837-e230973837, 2020.
10. PINHEIRO, A. A. BRITO, I. F. **Bem estar e produção animal**. Sobral: EMBRAPA caprinos e Ovinos, 2009.27p. (EMPRAPA- CNPCO. Documento, 97.)

11. POLLI, Volmir Antonio et al. Estresse térmico e qualidade da carne ovina—uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e595997578-e595997578, 2020.
12. Barros Junior, C. P., Sousa Junior, S. C., Campelo, J., Azevedo, D., Carvalho, G., & Sousa, P. H. A. A. de.(2017). Avaliação de parâmetros fisiológicos em diferentes raças de caprinos na Região Nordeste brasileira. *Revista electrónica de Veterinária*, 19(1), 1–11
13. Azevedo, M., Costa, L. A. B., Guim, A., Leite, A. M., & Chagas, J. C. (2009). Níveis críticos do índice de conforto térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco.**Acta scientiarum. Animal sciences**,31(2), 169-175
14. Avila, A. D., Jácome, I. M. T. D., Faccenda, A., Panazzolo, D. M., & Müller, E. R. (2013). Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holândês em diferentes estações. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**,14(14), 2878-2884
15. Marins, T. N., Almeida, I. G. B., Lôbo, B. V., Pessoa, C. M. B., Teixeira, R. C., Alves, B. G., & Gambarini, M. L. (2020). Índices de estresse e conforto térmico associados aos parâmetros fisiológicos e perfil energético em vacas Girolando criadas a pasto na savana tropical.**Research, Society and Development**,9(7), e111973672. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3672>
16. Souza, C. D. F., Tinôco, I. D. F., Baêta, F. D. C., Ferreira, W. P. M., & Silva, R. D. (2002). Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo.**Ciência e Agrotecnologia**,26(1), 157-164.
ESMAY, Merle L. et al. Princípios do ambiente animal. **Princípios do ambiente animal.** , 1969.
17. Abreu, P. G., Abreu, V. M. N., Franciscon, L., Coldebella, A., & do Amaral, A. G. (2011). Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco.**Revista Engenharia Na Agricultura**,19(6), 557-563
18. PEREIRA, A. F. et al. Influencia da existência de sombra no comportamento e desempenho produtivo de bezerros da raça Limousin em confinamento. **Anais**, 1998.
19. National **Environment Science**. (2012). 3(1), 42-50

Capítulo 31

DOI: 10.53934/IIICBPAV-31

HIPOCALCEMIA EM BOVINOS

Farah Arruda Petter * ; Ana Claudia da Costa ; Alessandra Schaphauser Rosseto Fonseca ; Karine Padilha Nunes Vieira ; Jhonathann Willian Furquin da Silva ; Caio Batemarque Vilela Cardoso ; Luciano da Silva Cabral

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: farahhpetter@gmail.com*

Resumo: Objetivou-se com essa revisão abordar de forma abrangente a hipocalcemia (HP) em bovinos, incluindo fatores de risco, sinais clínicos, diagnóstico, causas, prevenção e alternativas de tratamento para esse distúrbio metabólico. A HP é uma condição metabólica nutricional que afeta principalmente vacas leiteiras de alta produção durante a fase de transição, resultando em perdas econômicas significativas no sistema de produção. A fase de transição abrange três semanas antes e três semanas após parto. O distúrbio é caracterizado pelo desequilíbrio na regulação das concentrações sanguíneas de cálcio (Ca), devido ao aumento repentino da demanda desse mineral na formação do feto e produção de colostro e leite. Embora a homeostase do Ca trabalhe para manter as concentrações séricas normais, em casos de déficit acentuado de Ca no sangue, esse mecanismo não é capaz de suprir a deficiência desse mineral. As principais estratégias para prevenção da HP estão relacionadas ao manejo nutricional das vacas ainda no préparto. Em relação ao tratamento, são necessárias intervenções rápidas para normalizar os níveis de Ca nos animais acometidos pelo distúrbio.

Palavras-chave: cálcio; distúrbio metabólico; nutrição; produção leiteira

Abstract: The aim of this review was to comprehensively address hypocalcemia (HP) in dairy cattle, encompassing risk factors, clinical signs, diagnosis, causes, prevention, and treatment alternatives for this metabolic disorder. HP is a nutritional metabolic condition that primarily affects high-yielding dairy cows during the transition phase, resulting in significant economic losses in the production system. The transition phase covers three weeks before and three weeks after calving. The disorder is characterized by an imbalance in the regulation of blood calcium (Ca) concentrations, due to the sudden increase in demand for this mineral in fetal development and the production of colostrum and milk. Although Ca homeostasis works to maintain normal serum concentrations, in cases of severe Ca deficiency in the blood, this mechanism is insufficient to meet the mineral deficit. The primary strategies for HP prevention are related to nutritional management of cows in the prepartum period. As for treatment, swift interventions are necessary to normalize Ca levels in animals affected by the disorder.

Key Word: calcium; dairy production; disorder metabolic; nutrition

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que mais produzem alimentos de origem animal no mundo. No que diz respeito ao número de animais, o Brasil detém o segundo maior rebanho bovino do mundo (1) e é o quinto maior produtor de leite atualmente (2). A pecuária leiteira tem passado por profundas mudanças nas duas últimas décadas, causadas pelo processo de intensificação o qual tem se baseado no melhoramento genético do rebanho e melhoria de questões relacionadas ao bem-estar e nutrição dos animais. No entanto, alguns problemas de ordem metabólica podem afetar a saúde e produtividade dos animais, como exemplo, a hipocalcemia (HP), um distúrbio metabólico que atinge rebanhos leiteiros no país inteiro e em outros países, o qual pode causar grandes prejuízos econômicos. A diminuição na produção de leite, mortalidade e tratamento da doença são os principais custos que afetam rebanhos com HP. Mekonnen et. al. (3) estimaram perdas de US\$ 69.6 por vaca e por lactação.

No Brasil, a HP é também conhecida como febre do leite, paresia pós-parto, paresia obstétrica, febre vitular, eclampsia, paresia puerperal, apoplexia da parturiente, coma pós-parto ou colapso puerperal.

A HP acomete geralmente vacas de leite no período de transição, que compreende três semanas antes e três semanas após o parto, coincidindo com o final da gestação e início da lactação, uma vez que o feto e o colostro/leite representam grandes drenos de cálcio do sangue. Neste sentido, segundo Zarei et al. (4) destaca-se que o colostro apresenta grande concentração de cálcio (Ca; 2691 ± 900 mg/kg) o que contribui para o déficit desse nutriente na corrente sanguínea e leva o animal ao estado de HP. Geralmente esse distúrbio pode ocorrer entre 24 e 48 horas após o parto. No período seco os requisitos diários em Ca são de 10 a 12 g/dia, enquanto que ao parto a vaca chega a mobilizar cerca de 23 g Ca/dia para a produção de colostro e em seguida leite, quantidade esta oito a dez vezes a quantidade de Ca na corrente sanguínea de uma vaca de 600 kg (5).

O surgimento do distúrbio no animal pode estar ligado a alguns fatores, uns mais atenuantes que outros, podendo estar relacionados ao ambiente, idade animal e genética, no entanto o fator que é o maior indicativo de aparecimento deste distúrbio é o manejo adequado da dieta em cada período biológico do animal, como reprodução no caso de vacas de alta produção que são acometidas, comparadas com as de menor produção. A exemplo disso a raça também pode ser fator de risco, leva-se em consideração que vacas Holandesas e Jersey são mais afetadas.

Dada a importância do distúrbio metabólico para o sistema produtivo de bovinos, principalmente no que diz respeito à produção de leite, é relevante conhecer os fatores que estão associados a HP, assim como os fatores de risco, diagnóstico, causas, prevenção e tratamento.

CAUSAS

As principais causas da HP são as mudanças no metabolismo de Ca da vaca durante suas fases de produção. As exigências por Ca aumentam nas fases de gestação e lactação devido ao crescimento do feto e produção de colostro e leite. O aumento da demanda causada pelo início da lactação é bem mais significativo do que o aumento da demanda durante a gestação. As demandas de Ca durante a gestação podem ser atendidas apenas pelo aumento da absorção do mineral pelo rúmen e intestino, como também pelo aumento da mobilização dos tecidos, contudo a maioria das vacas apresentam algum grau de hipocalcemia no parto (6). Berchielli et al. (5) exemplifica que uma vaca leiteira, em sua primeira lactação, ao produzir 10 kg de colostro, tem sua exigência de Ca aumentada de 20 g/d para 43 g/d, essa vaca secreta cerca 23 g de Ca em uma única ordenha. Além do aumento súbito da demanda de Ca, dietas desequilibradas, baixa ingestão de Ca, número de lactações e fatores genéticos podem contribuir para o desenvolvimento de HP em vacas.

A HP está intimamente ligada a homeostase do Ca no organismo. Para que as concentrações séricas de Ca sejam mantidas entre 8,5 a 11,5 mg/dL, mesmo diante do aumento da excreção de Ca no colostro e no leite, o animal precisa mobilizar o nutriente dos tecidos ósseos e aumentar sua absorção intestinal. Os mecanismos responsáveis em manter as concentrações sanguíneas estáveis são regulados pelo paratormônio (PTH), calcitonina e pela vitamina D₃. Células Chief localizadas na paratireoide e as células C da glândula tireoide contêm receptores sensíveis a concentração de Ca no sangue. Essas células percebem se a concentração de Ca no sangue estão adequadas e ativam, quando necessário, os mecanismos envolvidos na homeostase de Ca (5).

A diminuição de Ca detectada pelas células localizadas na paratireoide induz a liberação de PTH. No plasma, o PTH estimula a osteoclastogênese no osso, o que resulta na mobilização de Ca do esqueleto para a corrente sanguínea (7). Além disso, o PTH estimula a síntese de 1,25 (OH)₂ colecalciferol o que aumenta a absorção intestinal e a reabsorção renal de Ca (8). A homeostase do Ca é um mecanismo de retroalimentação. À medida que as concentrações de PTH aumentam, ocorre um aumento na síntese de 1,25 (OH)₂ colecalciferol, o que, por sua vez, inibe a liberação de PTH. Quando as concentrações de Ca no sangue são maiores que o ideal, as células da glândula tireoide sintetizam calcitonina. A ação desse hormônio é o oposto do PTH, a calcitonina inibe a reabsorção óssea e aumenta a excreção renal de Ca, a junção entre a diminuição do influxo de Ca do osso com o aumento da perda de Ca pela urina diminui as concentrações sanguíneas de Ca (Figura 1).

Regulação da Calcemia

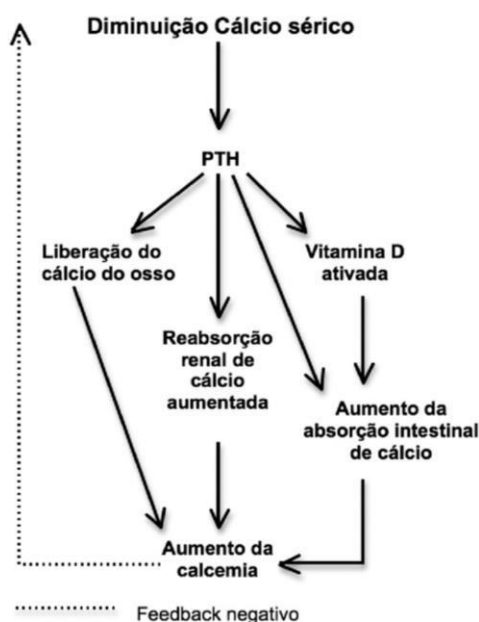


Figura 1 – Esquema da homeostase de cálcio.

Fonte: Santos et al. (8)

FATORES DE RISCO

O principal fator de risco para o desenvolvimento de estados de HP é o número de lactações do animal. Estudos mostram que as concentrações plasmáticas de Ca diminuem menos em vacas primíparas relativamente às múltiparas nas 48 horas após o parto (9). A HP em bovinos ocorre predominantemente em animais com mais de quatro partos, tornando raro essa condição em primíparas (10), e ocorre particularmente em animais cruzados de raças leiteiras (11).

Neste mesmo contexto, é apontado que as vacas de alta produtividade da raça holandesa também são extremamente acometidas, fazendo com que o risco se agrave com o aumento do número de lactações (12). Outro fator de risco significativo no desenvolvimento da doença é o equilíbrio ácido-base do animal no período do parto, em que atualmente se considera a hipocalcemia como uma intoxicação nutricional subclínica de potássio (K), que é o principal indutor da alcalose metabólica (13).

SINAIS CLÍNICOS

Os sinais clínicos são divididos em três fases. A primeira fase é de curta duração e normalmente difícil de ser observada, pois se manifesta como excitação nervosa, movimentação dos lábios e língua exagerados bem como tetania muscular. A rigidez dos membros posteriores e apatia conferem ao animal a posição de cavalete e é comum a queda. Na segunda fase as tetanias musculares desaparecem e dão lugar a perda parcial

da motricidade. Há sonolência, a hipofonese e taquicardia, pele e narina secas, atonia ruminal e extremidades frias. Na terceira fase, a perda da consciência é severa, ocasionando o quadro de coma. A musculatura torna-se flácida, enquanto a taquicardia e hipofonese se intensificam. O pulso torna-se imperceptível e o acúmulo excessivo de gases no rúmen pode resultar em óbito (14, 15, 16).

A vaca pode apresentar também tremores musculares dos membros e da cabeça, sensibilidade aumentada, orelhas caídas, espasmos e distúrbio de coordenação leve ao caminhar (ataxia). Pode apresentar ainda, dificuldade ao respirar, agitação, língua externa à boca, vocalização (17), convulsões, laringospasmo, catarata, broncospasmo, claudicação, coagulopatias, edemas articulares, fraturas e ainda falha cardíaca (18, 19, 13), sendo que a causa de morte de bovinos acometidos origina-se de timpanismo ruminal e uma paralisia dos músculos respiratórios (11).

DIAGNÓSTICO

O diagnóstico da HP poder ser constatado através de dosagens do cálcio sérico ionizável e total, ou através do diagnóstico clínico da doença, seguido da resposta ao tratamento (20). O diagnóstico se dá por meio de sinais clínicos apresentados e o histórico, tal como a nível laboratorial, pela mensuração dos níveis do mineral no sangue. Nesta condição, vale ressaltar que os níveis séricos de cálcio total geralmente estão abaixo de 1,2 mmol/L (5 mg/dL) podendo chegar, em casos extremos, a 0,5 mmol/L (2 mg/dL) (20).

Estudos apontam que a indução da hipocalcemia em vacas leiteiras resulta na diminuição dos níveis séricos de insulina e do consumo de matéria seca (CMS). Além disto, vacas acometidas pela cetose apresentam alta probabilidade de desenvolvimento de distúrbios como retenção de placenta, deslocamento de abomaso e prolapsos uterinos, especialmente em vacas leiteiras multíparas e de alta produtividade (22, 23, 24, 25).

Um experimento realizado com quatro diferentes quantidades de aplicações intravenosas de cálcio (3; 4,5; 6; 7,5 e 9,0 g) em vacas diagnosticadas com HP mostrou melhores resultados relacionados às maiores dosagens (26). Todavia, em quadros de HP aguda induzida por meio da infusão intravenosa de solução de ácido etilenodiaminotetracético dissódico (EDTA), foi constatado a recuperação dos animais que foram tratados apenas com a solução fisiológica, o que raramente seria reproduzido em casos naturais desta enfermidade (27).

Há um entendimento de que, na forma subclínica (concentrações de cálcio sérico abaixo de 8,5 mg/dL) (28), devido à ausência de sintomatologia clínica evidente, o impacto econômico causado é abundante, visto que o diagnóstico se torna mais laborioso. A ocorrência da doença na forma subclínica resulta em menor CMS durante início da fase lactacional e torna a fêmea mais propensa ao desenvolvimento de comorbidades, como o deslocamento de abomaso, atonia ruminal, retenção de placenta, baixo desempenho reprodutivo, mastites, síndrome da vaca caída e metrites (25, 29).

PREVENÇÃO

A maioria das estratégias utilizadas para prevenir a HP consiste em manipular a dieta das vacas ainda no pré-parto, contudo nem todos os fatores que predispõe à doença são oriundos da nutrição. Contudo, deve ser destacado que a prevenção da HP colabora na prevenção de outras doenças associadas a ela, como por exemplo, mastite, metrites, deslocamento do abomaso, cetose, retenção de placenta e prolapso uterino (30).

DIETAS COM BAIXA CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO

Vacas alimentadas com excesso de Ca têm sua demanda pelo nutriente atendida quase completamente por meio da absorção intestinal de cálcio, inativando quase completamente os mecanismos homeostáticos do Ca. Contudo, após o parto, a quantidade de Ca necessária para manter a produção de leite faz com que somente a absorção intestinal do Ca dietético não seja suficiente para atender a demanda pelo nutriente. Embora o organismo conte com os mecanismos de homeostase que permite reabsorção do Ca dos ossos, redução de excreção renal e aumento da absorção de Ca intestinal, esses mecanismos são demorados e podem levar ao quadro de hipocalcemia (31).

A estratégia de alimentar as vacas com dieta de baixo concentração de Ca reduz o risco de hipocalcemia (24, 32, 33). O objetivo com essa estratégia consiste em estimular os mecanismos homeostáticos de Ca antes do parto, dessa forma preparar o organismo para o grande desafio que é a produção de colostro e leite. A dieta de baixo Ca pode ser oferecida ao menos 7 a 14 dias antes do parto. O balanço energético negativo de Ca estimula a secreção do PTH, que permanece elevado mesmo depois do parto, permitindo que a resposta ao aumento da demanda pelo nutriente no começo da lactação seja rápida (33).

O ponto fraco dessa estratégia consiste na dificuldade de formular dietas deficientes em Ca. Uma forma de contornar essa limitação é a utilização de substâncias que se ligam ao Ca no intestino e previne sua absorção, tal como o silicato de sódio e alumínio (Zeólito A). Segundo Khachlouf et al. (34) encontraram que 200 g/dia de zeólito aumenta a concentração plasmática de Ca antes e após o parto além de aumentar a produção de leite em vaca.

ATENDIMENTO DAS EXIGÊNCIAS DE MAGNÉSIO

O magnésio (Mg) não está diretamente envolvido na hipocalcemia, no entanto, estudos demonstram que vacas no pré-parto que ingerem a quantidade necessária de Mg para suprir suas exigências são menos propensas a desenvolver o distúrbio metabólico (31, 24, 32). Lean et al. (35) reportaram que o aumento da suplementação de magnésio de 0,3 a 0,4% na MS, mantendo os níveis de Ca e outros cátions e ânions constantes resultou

em diminuição do risco de hipocalcemia em aproximadamente 62%. Os autores associaram esse efeito positivo ao fato de o Mg possuir um papel importante na síntese de proteínas, RNA e DNA, além de muitas enzimas serem dependentes desse mineral. O Mg também é um elemento crítico na liberação do PTH e na síntese do 1,25 – dihidroxicolecalciferol. Quando os níveis de Mg estão abaixo do recomendado (estado de hipomagnesemia), os rins e os ossos são menos responsivos ao PTH, aumentando o risco de hipocalcemia nas vacas paridas. Dessa forma, a manutenção das exigências de Mg em dietas pré-parto consiste em uma ferramenta de prevenção da hipocalcemia.

ATENDIMENTO DAS EXIGÊNCIAS DE FOSFÓRO

Dietas pré-parto com alta concentração de fósforo (P) aumentam o risco de hipocalcemia em vacas leiteiras (32, 33). O aumento da concentração de fosforo (P) de 0,3 para 0,4% na MS em dietas pré-parto aumentou 18% o risco de desenvolvimento de hipocalcemia (35).

Embora o aumento do consumo dietético de P eleve a concentração de fosfato (PO_4^{-3}) no sangue, acidificando-o, as células dos ossos secretam um hormônio para regular a concentração de PO_4^{-3} . Esse hormônio atua diminuindo a síntese de 1,25 dihidroxi vitamina D, que por sua vez, diminui a absorção intestinal do PO_4^{-3} e consequentemente, reduz os níveis séricos desse composto. No entanto, a diminuição do 1,25 dihidroxi vitamina D também reduz a absorção de Ca dietético, prejudicando a homeostase de Ca (33). Dessa forma, o fornecimento limitado de P para atender as exigências dos animais auxilia na homeostase do Ca e consequentemente a prevenção da hipocalcemia.

CÁTION-ÂNION NA DIETA

Como observado, a concentração de minerais no organismo das vacas influencia a incidência de hipocalcemia. Dietas ricas em sódio (Na) e potássio (K) e ricas em cloro (Cl) e enxofre (S) tendem a aumentar a incidência do distúrbio, enquanto dietas ricas em Cl e S e com baixa concentração de K ou com sais aniônicos diminuem a ocorrência de hipocalcemia pós-parto (31).

A estratégia do balanço cátion-aniônico na dieta (BCAD) consiste em fornecer uma dieta acidificada para as vacas ainda no pré-parto, utilizando sal aniônico ou uma mistura de sais. O objetivo dessa dieta é induzir o animal a entrar em um estágio fisiológico de acidose sistêmica. Acredita-se que esse estágio de acidose afeta a homeostase do cálcio, embora os mecanismos exatos ainda não sejam totalmente compreendidos. Acredita-se que os efeitos positivos sejam causados pelo aumento dos efeitos que estimulam a produção do PTH, promovendo a mobilização de cálcio dos ossos, reduzindo a perda de cálcio pela urina e aumentando a absorção intestinal desse mineral por meio do aumento das concentrações plasmáticas do $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ (32).

SUPLEMENTAÇÃO COM VITAMINA D

Outra estratégia é suplementar as vacas no pré-parto com 20-30.000 IU vitamina D/dia (24). A vitamina D aumenta a absorção intestinal de Ca, prevenindo assim a hipocalcemia. No entanto, o ponto fraco dessa estratégia consiste no fato de que a dose efetiva de vitamina D para o controle do distúrbio metabólico é muito próxima a dose tóxica, o que pode causar efeitos adversos como anorexia, perda de peso, dispneia, taquicardia, decúbito, torcicolo e calcificações cardiovasculares graves (31).

ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL (ECC)

Vacas gordas no parto têm maior incidência de hipocalcemia. Vacas com ECC maior ou igual a 4 tem 3,3 vezes mais chance desenvolver hipocalcemia (36). A provável explicação para o aumento do risco de hipocalcemia é a diminuição da ingestão de Ca devido a diminuição do consumo de matéria seca após o parto. A estratégia para prevenção de hipocalcemia consiste em evitar que as vacas no pré-parto fiquem muito gordas. O ECC ideal é de 3,25 a 3,75 (31).

TRATAMENTO

É crucial normalizar a calcemia em vacas com hipocalcemia o mais rápido possível, especialmente quando acompanhada de decúbito lateral. O decúbito pode levar à síndrome de esmagamento nos membros que estão em contato com o chão em menos de 4 horas, resultando em isquemia muscular e nervosa, e eventual morte desses tecidos (24).

Uma abordagem para restaurar a calcemia é através da administração intravenosa de solução contendo sais de cálcio. A quantidade de cálcio injetada necessária para aliviar os sintomas é de cerca de 2 g de cálcio por 100 kg de peso corporal. A velocidade de infusão da solução deve ser lenta, em torno de 1 mL por minuto. Se administrada muito rapidamente, há risco de arritmia cardíaca fatal e parada cardíaca durante a sístole (37). Após 4 horas da administração intravenosa de sais de cálcio, as concentrações sanguíneas de cálcio são aumentadas.

Outra opção para restabelecer os níveis sanguíneos de cálcio é a injeção subcutânea do mineral. A quantidade máxima de cálcio injetada por aplicação deve ser de 1 a 1,5 g. Para um controle completo do quadro clínico do distúrbio, são necessárias de 6 a 10 injeções, o que pode afetar negativamente a qualidade da carne no local das aplicações (24).

Além disso, pode-se administrar sais de cálcio por via oral. Goff (24) relata que, em casos de hipocalcemia clínica, a administração oral não é recomendada para o tratamento, mas pode ser eficaz na prevenção do distúrbio metabólico. O carbonato de cálcio é o suplemento mais comumente utilizado devido à sua disponibilidade e baixo custo. A dose oral varia de 1 a 3 g, administrada em doses fracionadas. Em casos leves, essas doses são suficientes para restabelecer a calcemia (37).

CONCLUSÕES

Em conclusão, a hipocalcemia é um distúrbio metabólico de considerável relevância para a produção leiteira, afetando principalmente vacas de alta produção durante o período de transição. Esse desequilíbrio na regulação das concentrações de cálcio sanguíneo, desencadeado pelo aumento repentino da demanda desse mineral na produção de colostro e leite, resulta em perdas econômicas substanciais para os sistemas de produção. A prevenção desempenha um papel crucial na mitigação da HP, com estratégias de manejo nutricional, como a redução do cálcio na dieta e a atenção às necessidades de magnésio e fósforo. A introdução da diferença de cátion-ânion na dieta e a suplementação com vitamina D também se mostram eficazes na prevenção desse distúrbio metabólico. Para o tratamento de casos clínicos, intervenções intravenosas de sais de cálcio são vitais para normalizar rapidamente os níveis sanguíneos, evitando complicações graves. A compreensão abrangente dos fatores de risco, sinais clínicos, diagnóstico, causas e estratégias preventivas é essencial para assegurar o bem-estar e a produtividade do rebanho leiteiro. Portanto, a adoção de práticas de manejo adequadas e a implementação de medidas preventivas desempenham um papel fundamental na minimização dos impactos da hipocalcemia na produção leiteira e na garantia de animais saudáveis e produtivos.

REFERÊNCIAS

1. ABIEC. Beef report perfil da pecuária no Brasil. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2023.
2. FAOSTAT. Food and agriculture organization of the United Nations. Crops and livestock products. 2023.
3. Mekonnen SA, Alelgn Z, Saudik S, Molla W, Fentie T, Jemberu WT. Reduced milk production, economic losses, and risk factors associated to subclinical hypocalcemia in Holstein Friesian x Zebu crossbreed cow in North-West Ethiopia. *Frontiers Veterinary Science*. 2022; 9:771889.
4. Zarei S, Ghorbani GR, Khorvash M, Martin OB, Mahdavi AH, Riasi A. The impact of season, parity, and volume of colostrum on Holstein dairy cows colostrum composition. *Agricultural Scienceis*. 2017; 8:572-581.
5. Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG, & Funep. *Nutrição de Ruminantes* (Issue 2th ed.) Funep, 2011.
6. DeGaris PJ, Lean IJ. Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *Vet J*. 2008; 176:58-69.

7. Wilkens MR, Nelson CD, Hernandez LL, McArt JAA. Symposium review: transition cow calcium homeostasis – health effects of hypocalcemia and strategies for prevention. *J Dairy Sci.* 2020; 2909-2927.
8. Santos LEN, Pires RE, Antunes CS, Kanashio RG. Alterações musculoesqueléticas em ambiente de microgravidade. *Ver UNIFA.* 2020; 26-35.
9. Hernández-Castellano LE, Hernandez LL, Bruckmaier RM. Endocrine pathways to regulate calcium homeostasis around parturition and the prevention of hypocalcemia in periparturient dairy cows. *Animal.* 2020; 14:330-338.
10. Oetzel G. “Parturient Paresis and Hypocalcemia in Ruminant Livestock”. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice.* 1998; 4:351-364.
11. Scott P, Penny C, Macrae A. “Cattle medicine”. Londres, Manson Editora, 2011.
12. González FHD, Silva SC. *Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária.* 3ª Ed. Porto Alegre: Editora UFRGS. 2017.
13. Albornoz L, Albornoz J, Morales M, & Fidalgo L. Hipocalcemia puerperal bovina:revisión. *Montevideo,* 2016; 52:28-38.
14. Fenwick DC, Daniel RCW. A comparison between the main clinical signs of milk fever in cows with those of hypocalcaemia induced by Na₂EDTA solution. *Journal of Veterinary Medicine.* 1990; 37:721-728.
15. Mellau LSB, Jorgensen RJ, Enemark JMD. Plasma calcium, inorganic phosphate and magnesium during hypocalcaemia induced by a standardized EDTA infusion in cows. *Acta Veterinary Scandinavian.* 2001; 42:251-260.
16. Cesco FTRS, Fagliari JJ, Silva SL, Martins Filho LP. Contribuição ao modelo experimental de hipocalcemia em vacas induzida pela infusão intravenosa de Na₂EDTA. *ARS Veterinária,* 2004; 20:180-184.
17. Moreira TF. Perfil metabólico de vacas leiteiras no período de transição em sistema semi-intensivo em Minas Gerais no verão e no inverno, 2013.
18. Thomas H. “The cattle health handbook”. Missouri, Storey Editora, 2009.
19. Engelking L. “Metabolic and endocrine physiology”. Jackson, Tenton New Media Editora. 2012.
20. Radostits OM, Gay CC, Hinchcliff, KW, Constable PD. *Veterinary medicine.* 10. ed. Edimburgo: Saunders Elsevier. 2017; 2156.

21. Radostits OM, Gay CC, Blood DC & Hinchcliff KW. Clínica Veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos, 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
22. Chapinal N, Carson M, Duffield TF, Capel M, Godden S, Overton M, Santos JEP, & Leblanc SJ. The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. *Journal of Dairy Science*. 2011; 94:4897-4903.
23. Curtis CR, ERB HN, Sniffen CJ, Smith RD, Powers PA, Smith MC, White ME, Hillman RB, & Pearson EJ. Association of parturient hypocalcemia with eight periparturient disorders in Holstein cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1983; 183:559-561.
24. Goff JP. The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Vet J*. 2008; 176:50-57.
25. Wu WX, Liu JX, Xu GZ, & Ye JA. Calcium homeostasis, acid–base balance, and health status in periparturient Holstein cows fed diets with low cation–anion difference. *Livestock Science*, 2008; 117(1):7–14.
26. Ortolani EL. Aspectos clínicos, epidemiológicos e terapêuticos da hipocalcemia de vacas leiteiras. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 1995; 47:799-808.
27. Cesco FTRS. Efeito terapêutico da Naloxona e do borogluconato de cálcio na reversão da hipocalcemia experimental em vacas. 2006; 82. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
28. Oetzel GR. Oral calcium supplementation in peripartum dairy cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2013; 29:447-455.
29. Silveira PA, Fensterseifer S, Pereira RA, Schneider A, Bianchi I, & Corrêa MN. Impacto econômico das doenças do parto de vacas leiteiras. Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão Em Pecuária (NUPEEC), 2009.
30. Hodnik JJ, Jezek J, Staric J. A review of vitamin D its importance to the health of dairy cattle. *J Dairy Res*. 2020;87:84–87.
31. Thilising-Hanse T, Jorgensen RJ, Ostergaard S. Milk fever control principles: A review. *Acta Vet Scand*. 2002;43:1–19.
32. DeGaris PJ, Lean IJ. Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *Vet J*. 2008; 176:58-69.

33. NASEM, National Academies of Science, Engineering, and Medicine. 2021. Nutrient requirements of dairy cattle: Eight revised edition. Washington, DC: The National Academies Press.
34. Khachlouf K, Hamed H, Gdoura R, Gargouri A. Effects of dietary zeolite supplementation on milk yield and composition and blood minerals status in lactating dairy cows. *J Appl Anim Res.* 2019; 47:54-62.
35. Lean IJ, DeGarin PJ, McNeil DM, Block E. Hypocalcemia in dairy cows: meta analysis and dietary cation anion difference theory revisited. *J Dairy Sci.* 2006; 89:669-684.
36. Heuer C, Schukker YH, Dobbellar P. Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *J Dairy Sci.* 1999; 82:295-304.
37. Ariolo EL, Corrêa PHS. Hipocalcemia. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 1999; 43:467-471.

Capítulo 32

DOI: 10.53934/IIICBPAV-32

ELABORAÇÃO E TESTE DE ACEITAÇÃO DE LICOR DE CAMU-CAMU [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] COM DIFERENTES BEBIDAS ALCOÓLICAS DESTILADAS

Jessyca Nunes Pereira *; Darlison Conceição Ferreira ; Loraine Porto da Silva ; Ana Karyna Rocha Barbosa ; Vanessa da Conceição Lima ; Maria Lita Padinha Correa Romano ; Marcel Antonionni de Andrade Romano 

*Autor correspondente (Corresponding author) – E-mail:
jessyca.pereira@ufopa.edu.br

Resumo: O camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] é um fruto exótico oriundo da Amazônia Latino-americana, pertencente à família Myrtaceae, com local de origem a beira de rios, lagos e igarapés, conhecida pelo seu alto teor de vitamina C. A polpa pode ser levemente rosácea, gelatinosa com sabor cítrico e ácido, representando aproximadamente 70 a 80% do peso total. Com a inviabilidade do consumo *in natura*, devido à alta acidez, a elaboração de diversos produtos, como polpas, geleias, doces, e licores, à base de camu-camu pode trazer oportunidades de renda às populações às margens dos rios, assim como para produtores da agricultura familiar. O objetivo desta análise foi elaborar um produto (licor de camu-camu), diferenciado pela utilização de bebidas alcoólicas diferentes (cachaça e vodca) e diferentes metodologias, e verificar a aceitação através de análise sensorial. A aceitabilidade de ambas as formulações não apresentou diferença significativa em relação aos atributos, contudo, a intenção de compra foi superior a 50%, podendo ser considerada a formulação de licor de camu-camu com cachaça uma alternativa comercialmente viável.

Palavras-chave: avaliação de mercado; frutas nativas; processamento de bebidas alcoólicas

Abstract: The camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] is an exotic fruit from the Latin American Amazon, belonging to the Myrtaceae family, with its place of origin on the banks of rivers, lakes, and streams, known for its high vitamin C content. The pulp can be slightly pink, gelatinous with a citric and acidic flavor, representing approximately 70 to 80% of the total weight. With the unfeasibility of consumption *in natura*, due to the high acidity, the elaboration of several products, such as pulps, jellies, sweets, and liqueurs, based on camu-camu can bring income opportunities to the populations along the rivers, as well as to family agriculture producers. The objective of this analysis was to elaborate a product (camu-camu liqueur), differentiated by the use of different

alcoholic beverages (cachaça and vodka) and different methodologies, and to verify the acceptance through sensorial analysis. The acceptability of both formulations showed no significant difference in relation to the attributes, however, the purchase intention was higher than 50%, and the formulation of camu-camu liqueur with cachaça can be considered a commercially viable alternative.

Keywords: market assessment; native fruits; alcoholic beverage processing

INTRODUÇÃO

O camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] é um fruto exótico oriundo da Amazônia Latino-americana, conhecida no Brasil pelos nomes populares de caçari, araçá-da-água, araçá-de-igapó, azedinha miraúba e muraúba (1). Seu local de origem pode ser beira de rios, igarapés ou regiões permanentemente alagadas. (2). Entretanto, a composição de seus frutos pode variar conforme o tipo de plantio e a região de produção. O fruto é uma baga, esférica, podendo variar de 1 a 3 cm de diâmetro, casca fina, lisa, variando as cores entre esverdeada, quando no estágio imaturo; e vermelho-arroxeadado quando no estágio maduro, com uma a quatro sementes por fruto; o peso médio do fruto é de 8,5 g, com variação entre 2 e 18 g.

A polpa pode ser levemente rosácea, gelatinosa com sabor cítrico e ácido, representando aproximadamente 70 a 80% do peso total. A concentração de vitamina C é de aproximadamente 6000 mg/100g de fruta. Alterações podem ser observadas em função das características de cada solo, condições climáticas durante o desenvolvimento da planta e técnicas de manejo (3) (4). No Peru, por exemplo, frutos maduros, verdes, ramos, folhas, raízes e sementes podem ter usos medicinais para tratamento de doenças como artrite reumatoide, resfriados, diabetes mellitus e bronquite (5). Considerando a sua recente domesticação (6) e diante do valor nutricional já reconhecido em diversos estudos, ainda são locais os produtos que são produzidos com a polpa do camu-camu, como sucos, geleias, doces e licores.

O ato de ingerir bebidas alcoólicas data de tempos mais antigos que a civilização moderna, com registros de produção e consumo dessas bebidas por povos como fenícios, babilônios e assírios (7) (8). De acordo com a classificação da legislação brasileira, as bebidas podem ser fermentadas, destiladas, destilado retificadas ou misturas (9), ao passo que licores se enquadram na categoria de bebidas alcoólicas não fermentadas obtidas por mistura com teor alcoólico mínimo de 13% e máximo 45%, com percentual de açúcar superior a 30 g/l. Em geral, possuem teor alcoólico superior a 15%, com elevada vida útil e sem necessidade de refrigeração durante seu armazenamento, se tornando uma opção para a utilização de frutas que possam gerar renda e agregar valor aos produtores da agricultura familiar que utilizam essa fruta (10).

A elaboração de produtos oriundos de frutas consideradas exóticas poderá ser útil, ampliando o conhecimento em torno da espécie, como também podendo ser uma saída para os povos que vivem às margens dos rios da região e/ou para os agricultores, uma vez que o plantio da espécie poderá ser uma alternativa, quando em larga escala, para a diversificação de produtos advindos do fruto. Contudo, para a confecção desses produtos,

é essencial o aperfeiçoamento de aparência, sabor, aroma e cor, para obter um equilíbrio integral de um produto e, conseqüentemente, este apresentar boa qualidade e aceitabilidade. Para atingir esse equilíbrio, é desejável a elaboração de teste de percepções sensoriais, resultado da interação entre indivíduo e produto, envolvendo cinco sentidos: audição, visão, olfato, tato e paladar.

O objetivo desta pesquisa foi a elaborar e analisar sensorialmente, por meio de teste de aceitação, diferentes licores desenvolvidos a partir de diferentes métodos e bebidas alcoólicas destiladas para sua composição.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração dos licores, foram utilizados frutos de camu-camu coletados em praia, localizada às margens do Rio Tapajós, no município de Santarém, PA. Os frutos coletados e levados ao Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal - LTPOA, da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, onde foram selecionados, deixando-se aqueles íntegros e, em seguida, foi realizada a assepsia. A confecção dos licores foi realizada no LTPOA no dia 28/02/2022.

A confecção da primeira formulação (A) foi adaptada de acordo com a metodologia encontrada no sítio Conheça Minas (11). Para a confecção da formulação utilizou-se 500g de camu-camu, 400 ml de cachaça, 800g de açúcar e 500 ml de água fervida. A solução foi armazenada em vidro, previamente esterilizado, utilizando *air-lock*, equipamento para a eliminação do CO₂ oriundo da fermentação, vedando o vidro para a entrada de gases e contaminantes em cervejas, na tampa, e embalado em papel alumínio, para evitar o contato com a luz. Primeiramente, foi realizada assepsia nos frutos, antes do início do processo. Após a assepsia, os frutos foram colocados no fundo do vidro, em seguida o açúcar foi disposto em cima do camu-camu, em forma de camada. Posterior a essa etapa, a cachaça foi despejada sobre os dois itens anteriores, e ao final, a água fervida. Após esperar esfriar, o vidro, cuja tampa está adaptada com o *air-lock*, foi fechado, e embalado com papel alumínio. O tempo de maturação foi 30 dias.

A metodologia para a segunda formulação (B) foi baseada em vídeo produzido pelo canal Pompeia Hidroméis (12), onde utilizou-se a relação de 1:1:1 de 250g de camu-camu, 250g de açúcar refinado e 250ml de vodca. Os frutos passaram por assepsia, e depois dispostos em vidros, previamente esterilizados, em porções de 125g em cada vidro, onde foram utilizados dois processos: o primeiro foi onde os frutos foram colocados no vidro, em camadas intercaladas com açúcar; e o segundo processo, que é um extrato alcoólico, onde a outra parte dos frutos foi disposta dentro do vidro, e a *vodca* foi acrescentada até cobrir os frutos. Ambos os vidros foram embalados com papel alumínio, e ficaram em maturação por 30 dias. Após esse período, os preparados devem ser peneirados, e envasados em outro vidro, também esterilizado, como mistura final desse licor.

Nos dias 19 e 20 de maio de 2022, no Laboratório de Sementes Florestais da UFOPA, foi realizada a análise sensorial, através do teste de aceitação dos dois licores.

Para a elaboração dos questionários, o método utilizado foi adaptado como em Ferreira et al. (13), sem seleção prévia dos avaliadores, de ambos os sexos, onde os mesmos assinaram um termo de consentimento, permitindo, assim, que os dados coletados por meio do teste de aceitação pudessem ser objetos de estudo e de futuras publicações, não havendo a necessidade de passar por submissão à Comissão de Ética da UFOPA, por não se encaixar no processo avaliativo da mesma. Foram avaliadas características como cor, sabor, aroma, aparência, doçura e impressão global do produto. O teste de aceitação teve nove níveis variando de 1-Gostei extremamente a 9-Desgostei extremamente.

Os dados reunidos foram tabulados em planilha do Microsoft Excel®, com Análise de variância (ANOVA) realizada no software GENES, versão 1990.2020.28 (14), com comparação de médias pelo Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil dos avaliadores da análise sensorial foi de faixa etária de 19 a 51 anos; quando perguntados sobre o gênero, 38% se declararam do sexo masculino, 61% do sexo feminino e 1% se declarou não binário; e maioria cursando o Ensino Superior (graduação ou pós-graduação), sendo estes 97,98% do total de participantes do estudo.

Os resultados obtidos quanto à avaliação acerca dos atributos dos licores (cor, sabor, aroma, aparência, doçura e impressão global) não apresentou diferença significativa entre ambas as formulações dos licores em nenhum dos atributos, conforme a Tabela 1. A utilização em ambos os licores com a metodologia de utilização do fruto inteiro, em que a diferença somente estava na fonte alcoólica, teve influência nesses resultados, pois, de acordo com trabalhos realizados por Maedra e Andrade (15) com bebida fermentada de camu-camu, observaram que o branqueamento e a remoção da casca ocasionaram um efeito negativo, reduzindo a aceitabilidade de 79 % para aproximadamente 70 %. Entre os atributos avaliados o sabor é considerado de grande importância, e mesmo sem diferenças significativas, os maiores escores foram observados na formulação A.

Tabela 8 – Média das notas conforme cada atributo.

Atributos	A	B
Cor	2,47±2,17	2,54±2,02 a
Sabor	2,56±2,78 a	2,29±1,23 a
Aroma	2,41±1,80 a	2,33±1,31 a
Aparência	2,43±1,92 a	2,57±2,34 a
Doçura	2,43±2,18 a	2,22±1,15 a
Impressão geral	2,53±2,49 a	2,22±1,59 a

Fonte: Os Autores.

Para o índice de aceitabilidade dos licores (Tabela 2), os valores mostraram-se superiores na formulação A, cuja fonte de álcool foi a cachaça, quando comparado com

a formulação B, cuja fonte de teor alcoólico foi a vodca. Para Schmidt (16), a cachaça é um produto típico brasileiro, e a incorporação de açúcar e extratos ou essências de frutas a essa bebida é uma forma de agregar valor, criando novas oportunidades para um produto já existente e consagrado no mercado de bebidas. Além disso, a aceitação desse produto no mercado nacional e internacional impõe melhorias na qualidade, e assim surge a necessidade de estabelecer um controle físico-químico e sensorial dos produtos desenvolvidos. A vodca, uma bebida destilada de origem russa, é proveniente de diversos grãos e tubérculos (17), e tem em seu processo a utilização de álcool neutro, que pode ou não ser tratado com carvão ativado, dando-lhe uma característica mais isenta de sabores, e sua utilização em processos de fabricação de licor pode estar ligada por conta desse processo, que o torna um álcool potável (18) (19). De uma forma global, observou-se boa aceitação para ambos licores, pelos avaliadores.

Tabela 2 – Índice de aceitabilidade dos avaliadores conforme cada atributo.

Atributos	A	B
Cor	72,22%	66,67%
Sabor	68,52%	61,11%
Aroma	66,67%	61,11%
Aparência	70,37%	72,22%
Doçura	61,11%	55,56%
Impressão geral	75,56%	61,11%

Fonte: Os autores.

No que se refere à intenção de compra, 46,53% certamente compraria e 39,60% provavelmente compraria, somando 86,13% (Tabela 3) de possíveis compradores de licor de camu-camu com a fonte de álcool a cachaça. Resultado semelhante aos verificado por Vieira et al. (20), onde a intenção de compra do licor de camu-camu revelou que há boa atitude de compra, pois 78,7% dos provadores responderam que o comprariam. De acordo com Ferreira et al. (21), um produto bem aceito deve ter no mínimo 70% de aceitabilidade em todas as características de todas as formulações. Como os atributos de ambos os licores não tiveram diferença significativa, a intenção de compra se mostrou um fator para a avaliação da aceitação dos licores. Já para o licor que utilizou a vodca na composição, o resultado foi inferior no que se refere à intenção de compra do licor, com 16,83% para certamente compraria e 33,66% para provavelmente compraria, totalizando 50,49% (Tabela 3).

Tabela 3 – Intenção de compra para as formulações de licores.

Intenção de compra	Cachaça	Vodca
Eu certamente compraria	46,53%	16,83%
Eu provavelmente compraria	39,60%	33,66%
Tenho dúvida se compraria ou não	4,95%	27,72%
Eu provavelmente não compraria	6,93%	12,87%

Eu certamente não compraria 0,00% 6,93%

Fonte: Os Autores.

CONCLUSÕES

A fonte de teor alcoólico utilizado influenciou nos resultados para o presente trabalho. Ambas as formulações de licores obtiverem boa avaliação referentes ao atributo nível de aceitação, com superioridade para a formulação cujo licor foi produzido com cachaça. No quesito referente à intenção de compra, a formulação cuja fonte de teor alcoólico foi cachaça obteve superioridade em relação à formulação produzida com vodca.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, pela oportunidade de realizar e aplicar essa pesquisa; ao Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal – LTPOA, pela cessão do espaço para a confecção dos licores; e ao Laboratório de Sementes Florestais, pela cessão do espaço para a aplicação da análise sensorial.

REFERÊNCIAS

1. Aguirre-Neira J. C. Diversidade e conhecimento local associado de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] de povos indígenas na Amazônia colombiana [Tese de Doutorado on the Internet]. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina; 2020 [Acesso em 2023 Apr 30]. 97 p. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/229049>.
2. Ribeiro, S.I.; Mota, M.G.C.; Corrêa, M.L.P. Recomendações para o cultivo do camu-camuzeiro no Estado do Pará. Circular Técnica, Embrapa, Belém (PA), 2002.
3. Chirinos, R., Galarza, J., Betalleluz-Pallardel, I., Pedreschi, R., & Campos, D. (2010). Compostos antioxidantes e capacidade antioxidante do camu camu peruano (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) em diferentes estádios de maturação. *Food Chemistry*, 120 (4), 1019–1024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.041>
4. Ekholm, P.H.; Reinivuo, H.; Mattila, P.; Pakkala, H.; Koponen, J.; Happonen, A.; Hellström, J.; Ovaskainen, M. L. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2007. [Acesso em 2023 Apr 30] Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157507000336>.
5. Pinedo-Panduro, M.; Armas, M. El camu camu y sus usos populares como








- planta medicinal. Leisa, Revista de Agroecologia, p. 22–24, 2007.
6. Pinedo-Panduro, M. Camu-camu: The world's highest vitamin-C content. In: C. L. Binnqüist; P. Shanley; A. C. Fantini (Eds.); Riches of the forest: fruits, remedies and handicrafts in Latin America. p. 13–16, 2004. Desa Putra, Indonesia: CIFOR
 7. Aquarone, E.; Lima, U. A.; Borzani, W. Alimentos e bebidas produzidos por fermentação. V.5. São Paulo: Edgard Blucher, 1993.
 8. Lima, A. S. L. de. Desenvolvimento de licor de maçã verde e hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) à base de xarope de bordo [Trabalho de Conclusão de Curso on the Internet]. Natal, RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2022 [Acesso em 2023 Apr 30]. 71 fls. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/50326>.
 9. Vieira, V. B.; Rodrigues, J. B.; Brasil, C. C. B.; Rosa, C. S. Produção, caracterização e aceitabilidade de licor de camu-camu (*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) McVaugh). Alimento Nutrição. Araraquara, v. 21, n. 4, p. 519-522.,2010.
 10. De Jesus Filho, M. et al. Tecnologia do processamento de licor: da extração ao envelhecimento. In: Roberto C. D.; Teixeira L.J. Q.; Carvalho, R.V. (Orgs.). Tópicos especiais em ciências e tecnologia de alimentos, v. 1, Vitória: EDUFES, 2020. p. 252-270.
 11. Conheça Minas [Internet]. Receita de Licor de Jabuticaba; [acesso em 2023 Apr 30]; Disponível em: <https://www.conhecaminas.com/2016/04/o-licor-de-jabuticabas-passo-passo.html>.
 12. Pompeia Hidroméis. Licor Jabuticaba [Internet]. 2017 Jan 27 [Acesso em 2023 Apr 30]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=s-ZMXXRibQM>
 13. Ferreira, D. C.; Pereira, J. N.; Silva, L. P. da; Sousa, L. F. de; Nascimento, W.; Romano, M. L. P. C. Elaboração e Análise Sensorial de Sorvete de Araçá (*Psidium cattleianum* (Mirtaceae)). 2021. [acesso em 2023 Apr. 30]. Disponível em: <https://cba-agronomia.com.br/evento/cba2021/trabalhosaprovados/naintegra/10141>.
 14. Cruz, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Acta Scientiarum. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
 15. Maeda, R.N.; Andrade, J.S. Aproveitamento do camu-camu (*Myrciaria dubia*) para produção de bebida alcoólica fermentada. Acta Amazonica. 2003;33(3):489–98.

16. Schmidt, L. Produção de licores à base de cachaça e identificação do seu perfil sensorial. Santo Antônio da Patrulha. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agroindustrial: Indústrias Alimentícias) FURG, 2014.
17. Pauley, M.; Maskell, D. Mini-Review: The Role of *Saccharomyces cerevisiae* in the Production of Gin and Vodka. *Beverages*, Edinburgh, v. 3, n. 13, feb., 2017.
18. Fonseca, S. S.. Projeto de destilação do álcool neutro para a produção de bebidas alcoólicas retificadas Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química.). Universidade Federal de São Carlos; 2020. 55 fls.
19. Teixeira, L. J. Q. et al. Tecnologia, Composição e Processamento de Licores. *Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer* . Goiânia, GO. 2011.vol.7, n. 12. p.1-17.
20. Vieira, V. B. et al. Produção, caracterização e aceitabilidade de licor de camu-camu (*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) McVaugh). *Alim. Nutr.*, Araraquara. 2010 out./dez.;21:519-522.
21. Ferreira, V. L. P. et al. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos.** Campinas, SP: SBCTA, 2000.

Capítulo 33

DOI: 10.53934/IIICBPAV-33

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE “QUEIJO” VEGETAL COM EXTRATO AQUOSO DE AMENDOIM E TRANSGLUTAMINASE MICROBIANA COMO AGENTE TECNOLÓGICO

Ingrid da Silva Apolinario ; Elke Shigematsu *; Silvana Pedroso de Góes Favoni ; Claudia Dorta ; Juliana Audi Giannoni ; Flávia Maria Vasques Farinazzi Machado ; Renata Bonini Pardo 

*Autor correspondente (Elke Shigematsu) – elke_ds@hotmail.com

Resumo: O “queijo” vegetal se enquadra na categoria de análogo de queijo não lácteo a base de plantas, tubérculos e leguminosas. A enzima transglutaminase microbiana (MTGase; proteína-glumantina γ -glumatil transferase, EC 2.3.2.13) apresenta propriedades que alteram profundamente a estrutura proteica alimentar sem alterar seu sabor e valor nutricional, sendo que nos queijos vegetais a enzima oferece estabilidade e melhoria na textura. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um “queijo” vegetal a partir de extrato aquoso de amendoim contendo a enzima Transglutaminase microbiana como agente estruturante e avaliar as propriedades físico-químicas e microbiológicas em comparação ao “queijo” vegetal com extrato aquoso de amendoim sem a MTGase. Para isso os grãos de amendoim foram macerados, triturados e filtrados e o extrato aquecido e adicionado de Sulfato de Magnésio ($MgSO_4$) (0,25%, p/v) e MTGase (0,3%, p/v). As amostras foram armazenadas e analisadas quanto a concentração proteica, rendimento e a contagem dos microrganismos: Coliformes totais e termotolerantes, mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella species (sp)*, bolores e leveduras. O emprego da MTGase aliada ao sulfato de magnésio viabilizou melhorias na estruturação, estabilidade microbiológica e nos teores proteicos do produto. O “queijo” com extrato aquoso de amendoim representa um produto inovador, tecnológico e inclusivo, além de contribuir para o aumento do consumo de amendoim e a diversificação de produtos com essa matéria-prima.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L; produto vegano; queijo vegetal; transglutaminase

Abstract: Vegetable “cheese” falls into the category of non-dairy cheese analogues based on plants, tubers and legumes. The microbial transglutaminase enzyme (MTGase; protein-glumannin γ -glumatyl transferase, EC 2.3.2.13) has properties that profoundly alter the food protein structure without altering its flavor and nutritional value, and in vegetable cheeses the enzyme offers stability and improved texture. The objective of this work was to develop a vegetable “cheese” from peanut aqueous extract containing the microbial transglutaminase enzyme as a structuring agent and to evaluate the physical-

chemical and microbiological properties in comparison to vegetable "cheese" with peanut aqueous extract without MTGase. For this, the peanut kernels were macerated, crushed and filtered and the extract was heated and Magnesium Sulfate ($MgSO_4$) (0.25%, w/v) and MTGase (0.3%, w/v) were added. The samples were stored and analyzed for protein concentration, yield and microorganism count: total and thermotolerant coliforms, mesophiles, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* species (sp), molds and yeasts. The use of MTGase combined with magnesium sulfate enabled improvements in the structure, microbiological stability and protein content of the product. The "cheese" with aqueous peanut extract represents an innovative, technological and inclusive product, in addition to contributing to the increase in peanut consumption and the diversification of products with this raw material.

Key Word: *Arachis hypogaea* L; vegan product; vegetable cheese; transglutaminase.

INTRODUÇÃO

O leite e seus derivados são alimentos extremamente consumidos, sendo o queijo um dos itens de maior consumo, abrangendo 30% da produção mundial de leite (1).

Apesar de ser muito apreciado por boa parte da sociedade o queijo e derivados do leite vem se tornando alimentos com grandes limitações, visto que há um forte crescimento de indivíduos que por restrições fisiológicas ou opções filosóficas não consomem o leite e seus produtos.

Em grande parte das espécies mamíferas a amamentação ocorre apenas no período da primeira infância sendo comum a diminuição da atividade da enzima lactase responsável por digerir a lactose após o período de amamentação, diferente das demais, a espécie humana possui o consumo contínuo do leite mesmo na vida adulta, dando início a hipolactasia responsável pelos sintomas de desconforto abdominal, diarreias e flatulências após o consumo do leite, esses sintomas tendem a variar de acordo com a quantidade de leite ingerida e a idade do indivíduo, visto que com o passar dos anos os desconfortos tendem a piorar.

A alergia a proteína do leite de vaca (APLV) se trata de uma reação de hipersensibilidade as proteínas, sendo comum na primeira infância atingindo até 27,5% das crianças na faixa etária de 1-3 anos de idade. A APLV na fase adulta é extremamente incomum, porém em raros casos os sintomas em adultos se mostram severos (2, 3).

Além dos indivíduos impossibilitados fisiologicamente de consumir derivados do leite existem também os que por escolhas filosóficas optam por não ingerir estes tipos de produtos, os veganos se posicionam contra o consumo de qualquer tipo de alimento ou item que seja de natureza animal (4).

O "queijo" vegetal se enquadra na categoria de análogo de queijo não lácteo à base de plantas, tubérculos, leguminosas, entre outras, os análogos são produtos que tem características sensoriais similares ao queijo, sendo a gordura do leite substituída total ou parcial por outras gorduras ou óleos vegetais (5).

O *Arachis hypogaea* L. ou amendoim como é popularmente conhecido, é uma leguminosa de origem sul-africana e se destaca por sua composição proteica (25%) e lipídica (50%) tornando-se uma excelente fonte de aminoácidos e energia para a dieta humana (6). Possui em sua composição a presença de ômega 3 e 6, responsáveis por auxiliarem na redução dos níveis de triglicérides na pressão arterial e no sangue, participam da estrutura de membranas celulares, o que influencia nas funções plaquetárias, permeabilidade dos vasos e viscosidade sanguínea. Além dos ácidos graxos, o amendoim contém minerais como o magnésio, cálcio, selênio e ferro que possuem benefícios na redução do estresse celular, melhora da cicatrização e fortalecimento da estrutura óssea. Apresenta ainda, excelentes quantidades de vitaminas E, B9 e B3, nutrientes com ação antioxidante, formação de proteínas estruturais e hemoglobinas (7).

Apesar da alta produção, exportação e sua extensa lista de nutrientes e benefícios, o consumo nacional do amendoim gira em torno de 1,1kg/ per capita por ano, valor baixo quando comparado a países como a China (12,8 kg/per capita/ano) e EUA (6,7 kg/per capita/ano) (6). Assim, considerando os inúmeros benefícios à saúde, torna-se necessário aumentar o consumo do amendoim, abrindo espaço no mercado para a diversificação na elaboração de produtos à base desta leguminosa.

O Brasil ainda não possui legislação para regulamentar a produção de alimentos “análogos”, tal fato não impede que diversas pesquisas e produtos sejam desenvolvidos com a finalidade de elaborar um produto com as qualidades do queijo comum combinadas com as propriedades nutricionais, funcionais e tecnológicas dos vegetais (8).

O processo de preparo dos “queijos” vegetais é similar ao tradicional, sendo o primeiro passo a obtenção do extrato aquoso vegetal. Após sua obtenção, o extrato aquoso passa pela etapa de coagulação com adições de coagulantes que promovem a precipitação das proteínas estruturando assim uma rede proteica, que assume a configuração de um gel aprisionando em sua malha proteínas, gorduras e minerais. Em seguida, o gel sofre o corte e a dessoragem para eliminação do excesso de soro (9, 10).

A etapa de coagulação é a mais crítica para se obter bom rendimento e estruturação do queijo, conseqüentemente a escolha do coagulante deve ser feita a fim de desenvolver as melhores qualidades para o produto.

A enzima Transglutaminase microbiana (MTGase; proteína-glumanina γ -glumatil transferase, EC 2.3.2.13) apresenta propriedades que alteram profundamente a estrutura proteica alimentar sem alterar seu sabor e valor nutricional, sendo que nos queijos vegetais a enzima oferece estabilidade e melhoria na textura (11, 12).

As propriedades funcionais conferidas pela transglutaminase ocorrem por meio da ligação da enzima com um substrato proteico que contém aminoácidos específicos, como a glutamina. Esse processo envolve a formação de um complexo entre a enzima e o substrato por meio de uma reação de acilação. Nessa reação, a enzima transfere um grupo acila para o grupo amino do resíduo de glutamina presente na proteína. Após a formação do complexo enzima-substrato, ocorre uma reação de desaminação do resíduo de glutamina, resultando na formação de ligações covalentes (isopeptídica) entre o grupo

amino da glutamina e um resíduo de aminoácido livre, geralmente a lisina, em outra molécula de proteína (13, 14, 15).

Assim as reações catalisadas pela MTGase resultam em mudanças significativas nas propriedades físicas e químicas das proteínas, como modificações na viscosidade, estabilidade térmica, elasticidade e resistência das proteínas favorecendo as características funcionais e estruturais dos alimentos.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um “queijo” vegetal a partir de extrato aquoso de amendoim contendo a enzima Transglutaminase microbiana como agente estruturante, e avaliar suas propriedades físico-químicas e microbiológicas do produto.

MATERIAL E MÉTODOS

Os grãos de amendoim usados para a obtenção do extrato aquoso foram fornecidos pela empresa Safenuts Comércio, importação e exportação, localizada na cidade de Marília-SP. A enzima transglutaminase microbiana (MTGase, E.C. 2.3.2.13) composta por 99% de maltodextrina e 1% de transglutaminase (com atividade de 100 U.g⁻¹) (ACTIVA WM®) foi fornecida pela empresa Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda. O coagulante usado foi o sulfato de magnésio (MgSO₄ - (Synth®) pentahidratado.

Obtenção do extrato aquoso de amendoim

Para obtenção do queijo de amendoim com e sem a adição de MTGase microbiana, grãos de amendoim do tipo Runner calibre 38/42 despelucados, foram mantidos em maceração (1:2; m/v; grãos: água) por 24 horas em temperatura ambiente. Decorrido o tempo, os grãos foram drenados e em seguida triturados em liquidificador doméstico (Oster) em velocidade média durante 5 minutos com adição de água na concentração 1:2 (m/V) em temperatura ambiente. Após a trituração o material foi filtrado em uma peneira de aço inox abertura de 2,30 mm com auxílio de um tecido de algodão. O resíduo sólido foi descartado e o extrato aquoso foi levado em fogo direto durante 10 minutos em temperatura de 90°C ± 2°C.

Obtenção do “queijo” vegetal

O extrato aquoso de amendoim foi dividido em duas amostras sendo uma delas usada para a produção da amostra Controle (sem adição de MTGase) e a outra para a obtenção da amostra contendo a enzima. Nas duas amostras, em temperatura ambiente, foram adicionados 0,25% de MgSO₄ diluído previamente em 50 mL do extrato aquoso seguido de homogeneizado. Na amostra contendo MTGase, após a adição do coagulante foram adicionados 0,3% da enzima diluída previamente em 50 mL do extrato aquoso de amendoim seguido de homogeneização.

Para a coagulação, as duas amostras (Controle e amostra contendo MTGase) foram mantidas em repouso durante 90 minutos em temperatura ambiente; passado o

período de coagulação os coágulos foram cortados e transferidos para formas de policloreto de vinila (PVC) de 7,5 cm de diâmetro forradas com tecido voile.

Pela diferença de textura os coágulos foram submetidos a pressões diferentes: o coágulo contendo MTGase foi mantido sob pressão de 330 g durante 60 minutos para dessoragem, enquanto o coágulo da amostra Controle foi mantido sob pressão de 175 g durante 60 minutos para dessoragem.

Os queijos foram desenformados e armazenados sob refrigeração durante 24 horas em recipientes de policarbonato até a realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

Análises físicas e químicas

O rendimento dos “queijos” vegetais foi calculado de acordo com Benassi, Yamashita e Prudencio (16) conforme a equação (1) e os resultados expressos em g/100g de grãos:

$$\text{Rendimento} = \frac{(M1 \times V1)}{(M2 \times V2)} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Sendo M1= massa do queijo vegetal, V1= volume total do extrato aquoso de amendoim, M2= massa dos grãos de amendoim e V2= volume do extrato aquoso utilizado no preparo.

A absorção de água pelos grãos de amendoim após a maceração foi medida pela diferença de massa inicial dos grãos pela massa final e expressa em grama de água absorvida/100g (17).

As análises de umidade, atividade de água (A_w), proteínas e pH foram realizadas em triplicata conforme metodologias do Instituto Adolfo Lutz (18), sendo a umidade determinada pelo método de secagem direta em estufa a 105°C;

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl e as proteínas totais determinadas pelo uso do fator 5,46 próprio para amendoim, realizando a conversão de nitrogênio em proteína.

Análises microbiológicas

As análises microbiológicas realizadas para *Salmonella spp.* seguiram o método da *American Public Health Association* (APHA) que possui como fases principais o isolamento e identificação da *Salmonella spp.*, descrito por Silva et al. (19).

Para a análise de Estafilococos coagulase positiva e *S. aureus* foi realizado o método APHA que utiliza o plaqueamento seletivo em meios como o *Agar Baird Parker*, seguido pela etapa de incubação, identificação e provas bioquímicas de catalase e coagulase, seguindo o método oficial, conforme descrito por Salfinger e Tortorello (20).

Para contagem de coliformes termotolerantes, coliformes totais e *Escherichia Coli* foi utilizado o método de número mais provável NMP, seguindo a metodologia

APHA. As amostras são coletadas e preparadas para análise, envolvendo a diluição da amostra para obter uma concentração apropriada de bactérias para contagem, as diluições são inoculadas em meios de cultura seletivos e são incubados em temperaturas específicas para permitir o crescimento das bactérias. Para a detecção de coliformes termotolerantes e *E. coli*, a incubação é feita a 44,5°C por 24 horas. Para coliformes totais, a incubação é realizada a 35°C por 24 a 48 horas; O resultado foi obtido pela contagem das colônias e expresso em UFC.g⁻¹.

Para determinação de aeróbios mesófilos foi utilizada a metodologia de plaqueamento APHA 8:2015, o meio utilizado é o agar padrão para contagem de placas (PCA); as placas de agar PCA inoculadas são incubadas a uma temperatura de 30-37°C por um período de 48 a 72 horas. Essa temperatura e tempo de incubação são ideais para permitir o crescimento das bactérias aeróbias mesófilas e para contagem de bolores e leveduras foi realizado o método de plaqueamento em superfície APHA 21:2015 em meio PDA (19).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na produção de “queijo” vegetal à base de extrato de amendoim, duas amostras foram obtidas usando como coagulante MgSO₄, sendo que em uma das amostras a enzima MTGase microbiana foi utilizada como agente estruturante do coágulo. Conforme Gaspar & Góes-Favoni (21), esta enzima realiza reações cruzadas entre cadeias proteicas dando firmeza ao coágulo, favorecendo sua similaridade com o produto tradicional e, portanto, sua aceitação.

Rendimento

O “queijo” vegetal com adição de MTGase microbiana obteve rendimento de 168,5 g/100g, enquanto na amostra controle o rendimento foi de 172,8 g/100g (Tabela 1). A amostra controle obteve 2,5 % a mais de rendimento em comparação com o “queijo” acrescido de MTGase.

Diversos fatores podem ser responsáveis pelo rendimento dos queijos, de acordo com Min et al. (22), a determinação de proteínas dos grãos está intimamente ligada com o rendimento do produto, conseqüentemente, grãos com bons teores de proteína resultam em produtos com bom rendimento e conteúdo proteico. O teor de proteínas observado na amostra Controle foi de 33,96 g/100g, enquanto a amostra contendo MTGase apresentou 36,87 g/100g, sendo 8,6 % maior (Tabela 1).

Para Ciabotti et al. (23) a concentração do extrato aquoso interfere no rendimento do produto, e em seus resultados na elaboração de produtos do tipo “queijo” à base de soja, a diminuição da concentração do extrato resultou na redução do rendimento, mesmo com diferentes tipos de coagulantes, devido as quantidades de proteínas presentes no “leite” de soja. Benassi, Benassi e Prudencio (17) realizaram o desenvolvimento de “queijos” do tipo tofu utilizando diferentes coagulantes vegetais e chegaram à conclusão de que o tamanho dos grãos pode interferir no rendimento do produto, sendo que grãos maiores tendem a apresentar resultados melhores de rendimento.

Góes-Favoni et al. (24) desenvolveram tofu com (MgSO_4) (0,25%, p/v) e MTGase (0,3%, p/v) e obtiveram um produto com rendimento médio final de 241,4g/100g. Mafaldo (25) desenvolveu “queijos” vegetais a partir do extrato aquoso de amendoim com adição de limão como agente coagulante e dois tipos de formulações diferentes e observou o rendimento variando entre 69,83% e 213,6%, concluiu-se que a concentração do coagulante é inversamente proporcional ao rendimento, visto que maiores concentrações resultam em menores rendimentos devido a maior expulsão de soro (sinérese).

Para a produção dos “queijos” vegetais de amendoim foi utilizada a mesma concentração de MgSO_4 (0,25% p/v) nas duas amostras. A diferença entre elas ocorreu na adição de MTGase (0,3% p/v) em apenas uma das amostras.

Como resultado, observou-se um teor proteico maior na amostra com a adição da enzima. Isso pode ser atribuído a dois fatores, sendo que o primeiro pode estar relacionado à própria natureza das enzimas, que são proteínas com atividades catalíticas, dessa forma, a adição da enzima resulta diretamente no aumento do teor proteico (26). Uma segunda hipótese está relacionada à estruturação da rede proteica promovida por essa enzima, que consequentemente, forma-se um coágulo mais estável, mantendo as proteínas na parte sólida e impedindo que sejam lixiviadas no soro.

Em conjunto com a ação do coagulante, isso resultou em uma maior expulsão do soro e, consequentemente, em um rendimento menor (27).

Concentração de proteínas

O teor de proteínas do “queijo” vegetal de amendoim com MTGase e da amostra Controle estão apresentados na Tabela 1.

A amostra controle e o “queijo” vegetal com adição de MTGase obtiveram rendimento proteico a partir do extrato aquoso de 95,39 % e 103,56% respectivamente, tendo a amostra com enzima aproximadamente 8,57% a mais de teor proteico, demonstrando que a adição de transglutaminase ao processo de fabricação do “queijo” de amendoim levou a um aumento significativo na concentração de proteínas. A diferença observada entre as duas amostras sugere que a Transglutaminase desempenha um papel importante na retenção e estabilização das proteínas presentes no “queijo” de amendoim.

Tabela 1-Rendimento dos “queijos” e Concentração de proteínas (g/100g) em base seca, nos grãos de amendoim, extratos de amendoim aquoso, amostra padrão e “queijo” contendo MTGase;

Amostra	Proteínas (g/100g)	Rendimento (g de queijo/ 100g)
Grãos de amendoim	28,08	
Extrato aquoso	35,60	
“Queijo” sem enzima	33,96	172,8

“Queijo” com enzima	36,87	168,5
---------------------	-------	-------

Fonte: Autores (2023).

Oliveira et al. (28) realizaram análises físico-químicas dos compostos bioativos do extrato aquoso de amendoim com e sem pele e obtiveram teores proteicos (base seca) semelhantes ao presente trabalho sendo 37,91g/100g de teor proteico para o extrato aquoso de grãos com pele e 39,70g/100g para o extrato aquoso de grãos sem pele.

Sharma (29) (2018) elaborou queijo vegetal com extrato aquoso de amendoim fermentado com probióticos e obteve teor proteico médio de 30,6 e 30,1 g/100g para o produto com e sem adição de probióticos, respectivamente.

Análises microbiológicas

O “Queijo” vegetal com adição de MTGase e a amostra controle apresentaram resultados com ausência para *Salmonella sp*, Estafilococos coagulase positiva, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (Tabela 2). A ausência desses microrganismos demonstra a eficiência das boas práticas de fabricação durante o processo.

Tabela 2- Resultados microbiológicos (UFC/g) dos “queijos” com e sem MTGase.

Ensaio	Especificações	Queijo com MTGase	Amostra controle
<i>Salmonella sp</i>	Ausência 25g	Ausente	Ausente
Estafilococos coagulase positiva/g	Máximo 10 ² UFC/g	Ausente	Ausente
<i>Escherichia coli</i>	Máximo 10 ² UFC/g	Ausente	Ausente
Aeróbios mesófilos/g	-	Ausente	1,19 x 10
Bolores/g	-	Ausente	55 UFC/g
Leveduras/g	-	50 UFC/g	2,0 x 10 ³ UFC/g
Coliformes totais	-	Ausente	Presença
Coliformes termotolerantes	-	Ausente	Presença
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	Ausente	Ausente

Fonte: Autores (2023)

A ausência de *Salmonella sp* é particularmente relevante, pois essa bactéria é conhecida por ser um patógeno transmitido por alimentos e pode causar doenças gastrointestinais graves em humanos. A observação da ausência de Estafilococos coagulase positiva também é um resultado promissor, uma vez que essa espécie de bactéria é conhecida por produzir toxinas que podem causar intoxicações alimentares. A ausência de *Escherichia coli* indica que o processo de produção foi capaz de evitar a

contaminação fecal e minimizar o risco de presença de outros patógenos associados. A ausência de *Staphylococcus aureus* é um indicativo positivo da segurança microbiológica do produto. A presença dessa bactéria no queijo poderia ser preocupante, uma vez que ela poderia potencialmente produzir toxinas que podem causar intoxicação alimentar em consumidores (30, 31).

A presença de coliformes totais e termotolerantes, microrganismos aeróbios mesófilos e bolores somente na amostra controle sugere que a transglutaminase microbiana impediu o acesso destes micro-organismos no “queijo”, visto que a ação de catalisação e formação das ligações cruzadas entre as cadeias de proteínas exercida pela MTGase é mais eficaz e eficiente que a ação do Sulfato de Magnésio sozinho. A ação em conjunto do coagulante e da enzima é capaz de “sequestrar” e inutilizar rapidamente os aminoácidos presentes no substrato que seriam utilizados como alimentos de microrganismos que poderiam estar ali presentes em pequenas quantidades, inibindo total ou parcialmente sua ação de crescimento (11, 21, 31).

Apesar da presença dos microrganismos citados o produto encontra-se em acordo com as especificações exigidas pela Instrução Normativa N°161, de 1° de julho de 2022.

CONCLUSÕES

Ao fim do trabalho é possível concluir que o emprego da MTGase aliada ao sulfato de magnésio ($MgSO_4$) viabilizou melhorias na estruturação, estabilidade microbiológica e teores proteicos do produto.

O “queijo” com extrato aquoso de amendoim representa um produto inovador, tecnológico e inclusivo para os grupos com restrições alimentares e opções filosóficas contrárias ao consumo de leite e seus derivados, além de contribuir para o aumento do consumo de amendoim e a diversificação de produtos com essa matéria-prima.

REFERÊNCIAS

1. Paula, AF, Furtado MM. Princípios básicos de fabricação de queijo, do histórico à salga. Rev. do ILCT. 2013; 64:19–25.
2. Odedra KM. Milk allergy in adults and children. Nursing Standard. 2015; 44:43-48.
3. Verduci E, Zuccotti GV, Peroni DG. New Insights in Cow’s Milk and Allergy: is the gut microbiota the missing. Nutrients. 2022; 14:1631.
4. Cruz GNS, Cardoso BRM, Oliveira VR. Alimentos tipo queijo à base de extrato vegetal de amendoim: Desenvolvimento de requeijão e ricota. Ver. Ciên. Ev. 2020;1(2):76-85.

5. Vilela JAP, Cunha RL. Composição e aspectos nutricionais de análogos de queijo de origem vegetal utilizando Análise de Componentes Principais. IV Simpósio de Engenharia de Alimentos da UFMG – SIMEALI. 2021.
6. Freire RMM, Narain N, Santos RC. Aspectos nutricionais de amendoim e seus derivados. In: Santos RC, editor. O agronegócio do amendoim no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão. 2005: 389–420.
7. Mouta LO. O amendoim e seus benefícios [Internet]. 2014[acesso em 16 de maio, 2023]. Disponível em: http://www.unirio.br/ccbs/nutricao/ppgan_pt/acoes-ppgan/alimentacao-e-saude/palestras/2014/o-amendoim-e-seus-beneficios.
8. Maliszewski E. Indústria busca esclarecer os queijos análogos: No caso dos queijos análogos, o leite e a gordura do leite são substituídos. Agrolink [Internet]. 2020 nov 24 [acesso em 13 de maio, 2023]. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/industria-busca-esclarecer-os-queijos-analogos_442807.html
9. Kamizake NKK, Silva LCP, Prudencio SH. Effect of soybean aging on the quality of soymilk, firmness of tofu and optimum coagulant concentration. Food Chem. 2016; 190:90–96.
10. Pretti T. Tecnologia para produção de extrato aquoso de amendoim e elaboração de produto fermentado. Mestrado - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2010 [acesso em 12 de maio, 2023]. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/88338>.
11. Góes-Favoni SP, Bueno FR. Microbial Transglutaminase: General Characteristics and Performance in Food Processing Technology. Food Biotechnol. 2014; 28(1):1-24.
12. Silvestro AC. Influência da transglutaminase no rendimento de queijo de coalho. Repositório UTFPR. 2019.

13. Buettner K, Hertel TC, Pietzsch M. Increased thermostability of microbial transglutaminase by combination of several hot spots evolved by random and saturation mutagenesis. *Amino Acids*. 2012; 42:987–996.
14. Abd-Rabo FHR, El-Dieb SM, Abd-El-Fattah AM, Sakr SS. Natural state changes of cows' and buffaloes' milk proteins induced by microbial transglutaminase. *J Am Sci*. 2010; 6:612–620.
15. Ozer B, Kirmaci HA, Oztekin S, Hayaloglu A, Atamer M. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. *Int. Dairy J*. 2007; 17:199–2006.
16. Benassi VT, Yamashita F, Prudencio SH. A statistical approach to define some tofu processing conditions: uma abordagem estatística para definir algumas condições para processamento de tofu. *Food Sci. Technol*. 2011; 31(4): 897-904.
17. Benassi VT, Benassi MT, Prudencio SH. Cultivares brasileiras de soja: características para a produção de tofu e aceitação pelo mercado consumidor. *Semina: Ciências Agrárias*. 2011; 32:1901–1914.
18. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4^a ed. (1^a Edição digital). 2008:1020.
19. Silva N. Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 2017:535.
20. Salfinger Y, Tortorello ML. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 2015 [acesso em 12 de maio, 2023]. Disponível em: <https://ajph.aphapublications.org/doi/abs/10.2105/MBEF.0222>.
21. Gaspar ALC, de Góes-Favoni SP. Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *Food Chem*. 2016; 171:315–322.
22. Min, S.; Yu, Y.; Yoo, S.; Martin, S.S. Effect of Soybean Varieties and Growing Locations on the Flavor of Soymilk. *J. Food Sci*. 2005, 70, C1–C11

23. Ciabotti S, Barcelos MFP, Cirillo MA, Pinheiro ACM. Propriedades tecnológicas e sensoriais de produto similar ao tofu obtido pela adição de soro de leite ao extrato de soja. *Food Sci. Technol.* 2009; 29(2):346-353.
24. Góes-Favoni SP, Dorta C, Shigematsu E, Tanaka AY, Hinter MH, Cardoso JR. Tofu estruturado com transglutaminase microbiana e com adição de *Lactobacillus reuteri* DSM 17938. *Revista Alimentus: Ciência e Tecnologia.* 2019; 6:75-90.
25. Mafaldo IM. Desenvolvimento de "queijo vegetal" cremoso probiótico a base de amendoim (*Arachis hypogaea*). [TCC, Graduação] - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.
26. Matias AE. Fundamentos da bioquímica proteínas [Internet]. 5 jul 2019 [acesso em 10 de fevereiro, 2023]. Disponível em: Bioquímica, Brasília; AVA, página 36.
Disponível em:
<https://dspace.uniceplac.edu.br/bitstream/123456789/1151/1/Fundamentos%20da%20bioquímica%20-%20proteínas.pdf>
27. Souza GP, Pestana TA. Transglutaminase microbiana como agente tecnológico em tofus revestidos com coberturas comestíveis adicionadas de probióticos [TCC]. Marília: Faculdade de Tecnologia de Marília- Fatec; 2019. 27 p. Tecnologia de alimentos.
28. Oliveira TKBD, Almeida FAC, Gomes JP, Lima ARN, Melo Neto IB, Silva Júnior PR, Ramos KRLP. Composição físico-química e compostos bioativos do extrato aquoso de amendoim sem pele e enriquecido com pele. *Braz. J. Food. Technol.* 2021; 24:e2020166.
29. Sharma P, Sharma D, Amin A. Development of a functional fermented peanut-based cheese analog using probiotic bacteria. *Biotechnologia.* 2018; 99(4):435-441.
30. Wei G, et al. Microbiology, flavor formation, and bioactivity of fermented soybean curd (furu): A review. *Food Res. Int.* 2022; 163:112183.

31. Omafuvbe BO, Shonukan OO, Abiose SH. Microbiological and biochemical changes in the traditional fermentation of soybean for “soy-daddawa” - Nigerian food condiment. *Food Microbiol.* 2000; 17(5): 469–474.

Capítulo 34

DOI: 10.53934/IIICBPAV-34

INOVAÇÕES E DESAFIOS NA PRODUÇÃO DE BEBIDAS FERMENTADAS E PROBIÓTICAS A BASE DE VEGETAIS: REVISÃO DE LITERATURA

Ester de Paula Amaral *; Nataly de Almeida Costa ; Érica Nascif Rufino
Vieira 

**Ester de Paula Amaral (Corresponding author) – Email: ester.paula@ufv.br*

Resumo: Os bons hábitos alimentares têm mostrado grande importância no estilo de vida da população, visando o bom funcionamento do corpo. Dentre esses, cresce a busca por alimentos funcionais, ou seja, àqueles que contém ingredientes que auxiliam nas funções corporais específica. Como exemplo, tem-se os alimentos probióticos que possuem bactérias e leveduras que quando consumidas diariamente em dose adequada exerce diferentes efeitos benéficos. Além disso, alimentos fermentados também vêm ganhando mercado e atenção por promover a saúde e impactar na conservação. Entretanto, a maior parte dos alimentos probióticos e fermentados encontrados são lácteos, limitando o consumo dessa categoria para pessoas não intolerantes e, ou não adeptos à dieta vegana. Sendo assim, torna-se necessário o desenvolvimento de produtos probióticos vegetais, as bebidas a base de frutas seriam uma opção prática visto a possibilidade de consumo diário; ser rica em vitaminas e outros nutrientes benéficos, além do mercado carecer de aumentar a vida útil de produtos a base de frutas. Diante disso, a revisão tem por objetivo um estudo sobre os alimentos probióticos vegetais, principalmente bebidas, com a finalidade de identificar os produtos existentes, os principais desafios no desenvolvimento e possíveis inovações promissoras no setor.

Palavras-chave: bebidas; desenvolvimento; fermentação; probióticos; vegetais

Abstract Good eating habits have shown great importance in the population's lifestyle, aiming for the proper functioning of the body. Among these, the search for functional foods is growing, that is, those that contain ingredients that help with specific bodily functions. As an example, there are probiotic foods that contain bacteria and yeast that, when consumed daily in an appropriate dose, have different beneficial effects. Furthermore, fermented foods have also been gaining market share and attention for promoting health and impacting conservation. However, most of the probiotic and fermented foods found are dairy, limiting the consumption of this category to people who are not intolerant and/or not adhering to a vegan diet. Therefore, it is necessary to develop plant-based probiotic products; fruit-based drinks would be a practical option given the possibility of daily consumption; be rich in vitamins and other beneficial nutrients, in addition to the market needing to increase the shelf life of fruit-based products. Therefore,

the review aims to study plant-based probiotic foods, mainly drinks, with the aim of identifying existing products, the main challenges in development and possible promising innovations in the sector.

Key Word: drinks; development; fermentation; probiotics; vegetables

INTRODUÇÃO

Probióticos, de acordo com a RDC N°241 da ANVISA (1), são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem algum benefício para a saúde. Esses microrganismos pertencem a diferentes gêneros e espécies, tanto de bactérias como de leveduras.

Para garantir um efeito contínuo no organismo humano, os probióticos devem ser ingeridos diariamente, a dose de microrganismos probióticos requerida varia em função da cepa utilizada e do efeito desejado. Entretanto, a legislação brasileira recomenda uma população mínima de probióticos de 8 a 9 log de UFC em uma porção diária de alimento para que o mesmo possa exercer efeitos benéficos à saúde (2). Visto a necessidade de ingestão diária, esses alimentos devem ser acessíveis e de fácil consumo.

As bebidas à base de frutas são consideradas um bom meio de cultura para probióticos (3) e têm uma imagem positiva com componentes bioativos próprios. Além das frutas, os tubérculos e leguminosas também podem ser utilizados para bebidas probióticas (4).

Alguns dos alimentos e bebidas fermentados também são capazes de promover a saúde, podendo estar associados à prevenção de doenças (5) (6). Tais benefícios são atribuídos aos compostos bioativos, que são sintetizados pelos microrganismos envolvidos na fermentação (7).

Bebidas probióticas à base de frutas seriam uma opção que poderia agradar todo tipo de consumidor, além de ser uma elevada fonte de vitaminas, minerais, antioxidantes e fibras (8). Diante disso, como evidenciou Albuquerque (9) o mercado está tendendo ao emprego de novos processos que possam agregar valor e aumentar a vida útil de produtos gerados a partir de frutas. Ademais, nota-se a preocupação do consumidor com uma alimentação mais saudável, que vem despertando um perfil mais inovador no mercado de alimentos. Dessa forma, alimentos de origem vegetal e com alegações funcionais são grandes apostas no mercado alimentício.

Dessa forma, a presente revisão de literatura tem como objetivo evidenciar diferentes estudos e fundamentos sobre bebidas fermentadas utilizando microrganismos probióticos, como uma possibilidade de inovação no desenvolvimento de produtos de origem vegetal.

MICRORGANISMOS PROBIÓTICOS

-Histórico/origem dos microrganismos probióticos

O termo probiótico é de origem grega e significa “para a vida”. Atualmente, de acordo com a RDC N°241 da ANVISA (1), são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem algum benefício para a saúde. Esses microrganismos pertencem a diferentes gêneros e espécies, tanto de bactérias como de leveduras.

Os primeiros estudos científicos sobre microrganismos e suas interações com o hospedeiro humano, embora sob uma perspectiva negativa, ocorreram na segunda metade do século XIX. Já em 1885, o pediatra e bacteriologista alemão Theodor Escherich (1857-1911) descreveu a microbiota e, em 1886, a colonização do trato gastrointestinal (TGI) infantil, sugerindo o efeito benéfico de certas bactérias na digestão. Porém, foi o obstetra alemão Albert Döderlein (1860-1941) o primeiro cientista a sugerir a associação benéfica das bactérias vaginais pela produção de ácido lático de açúcares, prevenindo ou inibindo o crescimento de bactérias patogênicas (“Os probióticos”, 2011) (10).

Sabe-se que, o termo alimentos funcionais foi introduzido pela primeira vez no Japão em meados da década de 1980 e refere-se a alimentos processados contendo ingredientes que auxiliam nas funções corporais específicas, além de serem nutritivos.

Dessa forma, os alimentos probióticos são funcionais e devido a mudança de perfil de consumo da população que visa a saudabilidade, a tendência é o maior consumo destes produtos probióticos.

-Cepas probióticas mais utilizadas

Os probióticos mais utilizados em alimentos, como mostrado por Nogueira [(11) e Anand (12) de forma esquemática são apresentados na Figura 1:

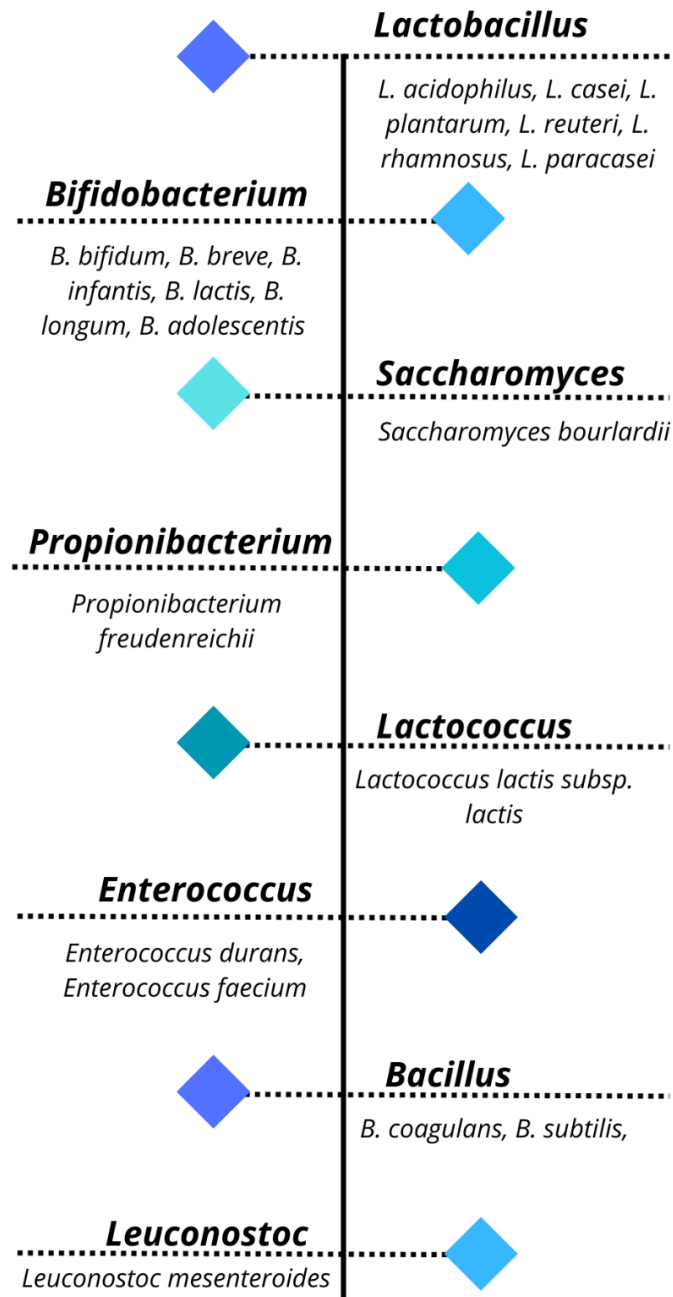


Figura 14 – Microrganismos probióticos

Os microrganismos *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, são usados com frequência para produção de alimentos fermentados, como o iogurte. Vale salientar que apesar de produzirem metabólicos benéficos à saúde, não são considerados probióticos visto que não possuem a capacidade de sobreviver à passagem pelo trato intestinal e colonização do intestino delgado.

Entre os diversos gêneros que integram esse grupo, destacam-se o *Bifidobacterium* e o *Lactobacillus*. O gênero *Lactobacillus* são geralmente caracterizados como gram-positivos, incapazes de formar esporos, desprovidos de flagelos, possuindo forma bacilar ou cocobacilar, e aerotolerantes ou anaeróbios.

As bactérias lácticas (BAL) das cepas de *Lactobacillus acidophilus*, *Lacticaseibacillus casei*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus rhamnosus* e *Bifidobacterium lactis* são comumente utilizadas na formulação de novos produtos probióticos vegetais (13). *Lacticaseibacillus rhamnosus* é um dos microrganismos probióticos amplamente utilizados e vem sendo muito empregado em bebidas de frutas comerciais.

- Benefícios do consumo de probióticos à saúde

Os efeitos estão diretamente relacionados com os mecanismos de ação, podendo ser classificados em quatro categorias: produção de substâncias antimicrobianas; competição com patógenos pela adesão ao epitélio intestinal e nutrientes; imunomodulação do hospedeiro; inibição da produção de toxina bacteriana (14);

Os benefícios mais popularizados dos probióticos estão relacionados com a regulação da microbiota intestinal. Microbiota intestinal é o termo utilizado para definir a população de microrganismos que compõem o trato gastrointestinal (15).

Segundo Gomes e Maynard (15), a composição da microbiota intestinal possui um papel de extrema importância para a saúde do hospedeiro, auxiliando na digestão e absorção de nutrientes, produção de vitaminas e redução da diminuição de agentes patogênicos através da exclusão competitiva.

Dessa forma, sabe-se que para exclusão competitiva, as bactérias probióticas produzem bacteriocinas e ácidos orgânicos que reduzem a aderência das bactérias patogênicas e as colocam em condições adversas. Fong et al. (16), ainda cita que estas podem produzir substâncias que modulam o sistema imune com a indução de citocinas anti-inflamatórias, reduzindo alergias.

Vale ressaltar, que o processo de formação da microbiota é único para cada pessoa, Gomes e Maynard (15) destacam algumas variáveis que influenciam sua formação, como o tipo de parto, amamentação, genética e fatores externos como a alimentação e o estilo de vida. Por outro lado, isso permite que o consumo regular e na dose mínima recomendada de alimentos contendo microrganismos probióticos sejam suficientes para colonizar e afetar positivamente a microbiota intestinal.

Além disso, Aytakin Sahin et al. (17), menciona como um dos efeitos da suplementação probiótica a redução no estresse oxidativo e a resposta pró-inflamatória, contudo, influenciando distúrbios comportamentais como ansiedade e depressão. Especialmente, as espécies de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus* demonstraram induzir ações ansiolíticas e antidepressivas em roedores e humanos, alterando as principais moléculas neurotróficas ou sistemas de neurotransmissores envolvidos no comportamento de ansiedade e depressão (18).

Para garantir um efeito contínuo no organismo humano, os probióticos devem ser ingeridos diariamente, a dose de microrganismos probióticos requerida varia em função da cepa utilizada e do efeito desejado.

Entretanto, um desafio das etapas de processamento e do período de armazenamento dos alimentos contendo probióticos é manter a viabilidade e contagem dos microrganismos, visto a necessidade do produto chegar ao consumidor padronizado e com garantia de seus benefícios. Dessa forma, deve-se ter um bom controle de fatores que afetam sua viabilidade. Dentre estes, tem-se o tempo temperatura do armazenamento; temperatura, umidade, atividade de água, pressão osmótica, pH e composição de nutrientes do produto; microflora competitiva (19), controle de parâmetros no

processamento como a temperatura de pasteurização, utilização de bombas e misturadores nas linhas produtivas.

Outro fator relevante é a sobrevivência dos microrganismos a passagem pelo trato gastrointestinal, devido suas condições adversas ao probiótico como o pH ácido do estômago, ação de sais biliares e enzimas.

TECNOLOGIA DE FERMENTAÇÃO

Por definição bioquímica, para Martin e Linder (21), fermentação diz respeito ao processo anaeróbio gerador de ATP no qual compostos orgânicos atuam como doadores e aceptores de elétrons. Entretanto, “fermentar” vai além de metabólitos formados nas rotas metabólicas dos microrganismos.

Diante disso, um painel de especialistas foi convocado em setembro de 2019 pela Associação Científica Internacional de Probióticos e Prebióticos (ISAPP) para desenvolver uma definição de alimentos fermentados e descrever seu papel na dieta humana. Inconsistências relacionadas ao uso do termo “fermentado” levaram o painel a definir alimentos e bebidas fermentados como "alimentos feitos por meio do crescimento microbiano desejado e conversões enzimáticas de componentes alimentares (21).

A diversidade de fermentações de alimentos inclui eventos anaeróbicos típicos, como a fermentação láctica, fermentação alcoólica e maturações em salmoura, mas também processos aeróbicos, como fermentação alcalina e fermentação fúngica.

Alguns fatores podem afetar o processo pois, os microrganismos podem apresentar formas variadas de comportamentos de acordo com o ambiente em que estão inseridos, assimilar diferentes substratos como fonte de carbono, realizar processos aeróbios e anaeróbios, responder à temperatura, ao pH, à osmolaridade e à presença de compostos inibitórios. Todos esses fatores podem influenciar a forma como o metabolismo será modulado e, conseqüentemente, os compostos que serão utilizados e produzidos durante a fermentação (20).

Alguns dos alimentos e bebidas fermentados também são capazes de promover a saúde, podendo estar associados à prevenção de doenças, a exemplo de cardiovasculares, cânceres, distúrbios gastrointestinais e algumas condições alérgicas e intolerâncias alimentares (6). Tais benefícios são atribuídos aos compostos bioativos, que são sintetizados pelos microrganismos envolvidos na fermentação (7).

Durante as fermentações, podem ser formados metabólitos antimicrobianos (ácidos orgânicos, álcoois, bacteriocinas) que podem aumentar a segurança alimentar, inibindo ou matando patógenos transmitidos por alimentos. A segurança alimentar pode ser ameaçada pela produção de metabólitos perigosos (aminas biogênicas, carbamato de etila) e certos microrganismos patogênicos que sobrevivem e crescem em alimentos fermentados (22).

A fermentação láctica do alimento, faz com que o microrganismo produza ácido láctico, um agente antimicrobiano, podendo impedir a contaminação do produto durante o período de estocagem, além de contribuir beneficemente para o consumidor (23).

O emprego de fermentação induz várias vantagens além da ação inibidora de contaminantes, dentre elas a produção de metabólitos que conferem sensorial e *flavor* característico dos produtos fermentados.

Somando-se a isso, como mostrou Rodrigues (24) por meio da fermentação de café, os aromas e sabores incorporados agregam valor, dando oportunidade aos

produtores de ofertar um produto de maior qualidade e aumentar sua rentabilidade. Entretanto, nota ser necessário um maior controle de parâmetros como temperatura; oxigenação ou anaerobiose; pH; quantidade de substrato; tempo; dentre outros, por se tratar de um bioprocessos.

Produtos vegetais fermentados

Os produtos lácteos foram pioneiros e ainda são os alimentos mais populares para transportar probióticos hoje em dia. No entanto, alguns fatores, entre eles a alergia às proteínas do leite e a intolerância à lactose, limitam o consumo dessa categoria de alimentos por uma parcela dos consumidores, além do crescente número de adeptos à dieta vegana (25).

No entanto, as preparações probióticas não lácteas não são novas e muitas preparações não lácteas de cereais, soja, dentre outras, são tradicionalmente feitas há séculos em todas as partes do mundo. Os microrganismos utilizados como probióticos são, em sua maioria, de origem humana ou animal; no entanto, alguns estudos mostram que cepas reconhecidas como probióticos também são encontradas em substratos fermentados não lácteos (26)

Mesmo sendo difícil avaliar o papel dos fermentados na domesticação dos alimentos, sabe-se que nos últimos três mil anos eles estão sempre presentes. A cerveja servia como moeda (líquidos, sendo facilmente divisíveis, são ótimas moedas), pagando inclusive os trabalhadores que construíram as pirâmides do Egito (27).

Dessa forma, nota-se que alimentos fermentados não lácteos apesar de não terem um marco de origem foram amplamente utilizados no passado e de maneira ativa na sociedade, seja como moeda de troca ou visando a durabilidade dos alimentos visto que as poucas condições de conservação.

Teoricamente, qualquer fruto ou vegetal comestível que contenha umidade suficiente, açúcar e outros nutrientes para os microrganismos podem servir como matéria-prima para a produção de bebidas alcoólicas fermentadas (28)

Vários açúcares fermentescíveis, como a frutose, são encontrados nos produtos de origem vegetal e podem ser usados como substratos pelos microrganismos durante a fermentação. Além desse parâmetro, fatores como o pH; teores de nitrogênio; temperatura; condição aeróbica ou anaeróbica serão de relevância para o bom êxito dos processos fermentativos.

A fermentação produz impacto sobre a qualidade sensorial dos produtos alimentares devido à transformação química de alguns componentes. É fundamental compreender o impacto sensorial que culturas probióticas podem ocasionar em produtos não lácteos, com o objetivo de direcionar o desenvolvimento e formulação desses produtos.

Além dos efeitos benéficos atribuídos aos probióticos, outras potenciais substâncias funcionais que têm sido amplamente estudadas são os compostos bioativos naturalmente presentes nas plantas (29).

Dentre os bioativos presentes nas frutas e vegetais, encontra-se os prebióticos que são ingredientes indigeríveis. De todos os prebióticos disponíveis, os únicos que possuem estudo para serem classificados como componentes ativos de alimentos funcionais são os frutooligosacarídeos (FOS) e a inulina. Ambos os

prebióticos são encontrados no trigo, frutas e vegetais, principalmente na cebola, chicória, alho, alcachofras, batata, yacon, aspargos, beterraba, banana e tomate.

Devido a sua estrutura, são fermentados no cólon por bactérias endógenas para substratos metabólicos e energéticos e promovem melhoria das funções intestinais por meio do estímulo ao crescimento de bactérias benéficas, resultando em efeitos específicos sobre a fisiologia gastrointestinal, biodisponibilidade de minerais, sistema imune, gênese de tumores e regulação do colesterol sérico.

Nota-se por meio da Tabela 1, que alimentos probióticos fermentados a base de frutas e vegetais vêm sendo estudados, visto o intuito de aliar os benefícios do consumo diário e na quantidade certa dos microrganismos probióticos com os metabólicos positivos da fermentação.

Tabela 1: Produtos fermentados probióticos

Produto	Principais resultados	Fermentação/microrganismo probiótico	Referências
Polpa de manga fermentada	Alimentos saudáveis à base de probióticos, ricos em antioxidantes fenólicos e prolina, podem ser produzidos por tratamentos com pectinases, calor, fermentação e LAB.	<i>Lacticaseibacillus paracasei ORI</i>	(30)
Resíduos de frutas de caju e graviola	Houve aumento da bioacessibilidade de compostos fenólicos com potencial antioxidante.	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Lactobacillus jhonsoni</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	(31)
Extrato de corpo de frutificação Ganoderma lucidum fermentado	A fermentação probiótica promoveu atividade imunoestimulante em camundongos com imunossupressão induzida.	<i>Bifidobacterium breve</i>	(32)
Bagaço de frutas cítricas fermentados	Devido à fermentação com probióticos autóctones, houve melhora na composição de nutrientes e atividade antioxidante.	<i>Lactobacillus plantarum M14</i>	(33)
Sucos de mirtilo e amora fermentado	Os conteúdos de ácidos orgânicos, derivados da fermentação probiótica, tiveram correlações positivas com a qualidade sensorial dos sucos de frutas vermelhas.	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> e <i>Bifidobacterium bifidum</i>	(34)

Bebida de amendoim, soja, goiaba e beterraba	Após processamento, os produtos apresentaram escores hedônicos positivos, com intenção de compra. Logo, obteve um substituto para bebidas lácteas probióticas.	<i>Lactobacillus rhamnosus GG</i>	(4)
Cerveja artesanal probiótica com cajá	Notou-se que o teor de álcool alcançado é importante para a sobrevivência bacteriana e para o desenvolvimento de uma cerveja probiótica com fins de saúde. Além de diferentes sabores e compostos aromáticos serem identificados.	<i>Lacticaseibacillus (L.) paracasei subsp. paracasei F19 (F19) com a levedura Saccharomyces cerevisiae US-05 (US-05)</i>	(35)

Bebidas vegetais fermentadas

A bebida obtida da fermentação de mais de um vegetal, com probióticos e sem teor alcoólico não é definida por legislação. Os sabores atraentes e os perfis refrescantes oferecidos pelos sucos de frutas despertaram o interesse de pesquisadores como de Wu (34), para o desenvolvimento de sucos de frutas à base de probióticos.

Ademais, bebidas probióticas fazem parte de um mercado promissor, porém há ainda obstáculos a serem vencidos, como métodos de processamento e estocagem que não inviabilizam as células. Apesar das vantagens desse processo fermentativo, a sobrevivência da bactéria às condições do trato gastrointestinal é um desafio para o desenvolvimento de um produto. O pH ácido do estômago combinado a presença de bile no intestino pode prejudicar essa sobrevivência, influenciando diretamente na proliferação e colonização do probiótico.

É de fundamental importância que novas bebidas probióticas sejam pesquisadas, a fim não só de ampliar o mercado desses produtos, mas de servir como opção aos que não podem ou não apreciam o consumo de produtos lácteos.

Montanari et al. (4) desenvolveu uma bebida de amendoim, soja, goiaba e beterraba suplementada com *Lactobacillus rhamnosus GG* e observou-se uma contagem maior que 7,3 UFC/mL ao longo do armazenamento, que foram microbiologicamente seguras para consumo. Além disso, apresentou escores hedônicos equivalentes que sugerem vontade de consumir o produto, logo obteve uma bebida não láctea probiótica viável.

Wu (34) desenvolveu um suco de mirtilo e amora fermentado por *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* e *Bifidobacterium bifidum*, demonstrando que as cepas probióticas tiveram influências notáveis no metabolismo de ácidos fenólicos, biotransformação de ácidos orgânicos e características sensoriais positivas. Os sucos atingiram o nível recomendado para ser probiótico e aumentou em 0,4-0,7 log UFC/mL após 48 horas de fermentação.

TENDÊNCIAS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Após a pandemia do COVID-19, notou-se uma maior inclinação da população para mudanças de hábitos que tenham impacto positivo em sua saúde física e mental. Junto a isso, se observa também o aumento da busca pela saudabilidade. O período pós-pandêmico inaugurou uma nova era de inovações no campo dos alimentos funcionais (36) com destaque para os probióticos.

No período pandêmico, assim como mostra Ke e Zhang (37), foi realizado um estudo com 800 pacientes que testaram positivos para COVID e apresentavam diarreia. Ao serem suplementados com probióticos, houve a diminuição do tempo de duração da doença nos pacientes em comparação com o grupo controle. Os probióticos também contribuíram para aliviar a dor abdominal dos pacientes, distensão, náusea, vômito e outros sintomas gastrointestinais. Logo, é notório a inclinação para aumento da participação dos probióticos para tratamento e prevenção de casos clínicos.

Outra perspectiva é o uso de “probióticos de próxima geração”, esse termo segundo Mandal (38) foi introduzido para descrever novas cepas que foram isoladas do intestino humano, que são extremamente sensíveis ao oxigênio, dentre eles tem-se o *Akkermansia*, *Bacteroides* e *Faecalibacterium*. As técnicas atuais de processamento de produtos microbianos não são adequadas para probióticos de próxima geração, portanto, otimizações ou abordagens de processamento totalmente novas são necessárias (39).

CONCLUSÕES

Bebidas fermentadas probióticas têm mercado e aceitação do consumidor, entretanto nota-se que manter a viabilidade das culturas probióticas durante o tempo de comercialização e armazenamento doméstico é um desafio, sendo necessárias desenvolvimentos de novas técnicas. Além disso, como visto, muitos são os benefícios e as cepas probióticas que podem ser utilizadas, sendo preciso mais estudos da comprovação dos benefícios, instrução da população quanto ao consumo e desenvolvimentos de mais bebidas com diferentes sabores e cepas probióticas.

REFERÊNCIAS

- 1- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n° 241, de 26 de julho de 2018, dispõe sobre requisitos para comprovação da segurança e dos benefícios à saúde dos probióticos para uso em alimentos. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 de jul. 2018.
- 2- Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. IX Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, abril de 2008.

- 3- Martins, E. M. F. et al. Fruit salad as a new vehicle for probiotic bacteria. *Food Science and Technology*. 2016;36:540-548.
- 4- Montanari, S. R. et al. In vitro gastrointestinal digestion of a peanut, soybean, guava and beet beverage supplemented with *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Food Bioscience*. 2020;36:100623.
- 5- Jayachandran, M.; Xu, B. An insight into the health benefits of fermented soy products. *Food Chemistry*. 2019;271:362-371.
- 6- Maria, L.; Terezinha, B.; Machado, F. Alimentos e Bebidas Fermentados e Saúde: uma Perspectiva Contemporânea. 2022;197:1-22.
- 7- Walther, B.; Sieber, R. Bioactive Proteins and Peptides in Foods. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 2011;81:181-192.
- 8- Marhamatizadeh, M.H.; Rezazadeh, S.; Kazemeini, F.; Kazemi, M.R. The Study of Probiotic Juice Product Conditions Supplemented by Culture of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum*. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 2012;11:287-295.
- 9- Albuquerque, A. P. et al. Utilização de polpa de frutas em pó carregadoras de probióticos como alimento funcional: aspectos gerais e perspectivas. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2021;24.
- 10- Os probióticos. *Food Ingredients Brasil*. 2011;1:58-64.
- 11- Nogueira, J. C. R. Probióticos - Revisão da Literatura. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*. 2011;15:487-492.
- 12- Anand, A. et al. Food for the mind: The journey of probiotics from foods to anti-Alzheimer's disease therapeutics. *Food Bioscience*. 2023;51.
- 13- Martins, E. M. F. et al. Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. *Food Research International*. 2013;51:764-770.
- 14- Kiousi, D. et al. Probiotics in Extraintestinal Diseases: Current Trends and New Directions. *Nutrients*. 2019;11:788.
- 15- Gomes, P. C.; Maynard, D. da C. Relação entre o hábito alimentar, consumo de probiótico e prebiótico no perfil da microbiota intestinal: Revisão integrativa. *Research, Society and Development*. 2020;9: e718986101.
- 16- Fong, F.L.Y.; Shah, N.P.; Kirjavainen, P.; El-Nezami, H. Mechanism of action of probiotic bacteria on intestinal and systemic immunities and antigen-presenting cells. *International Reviews of Immunology*. 2015;35:179-188.

- 17- Aytakin Sahin, G. et al. Effects of probiotic supplementation on very low dose AFB1-induced neurotoxicity in adult male rats. *Life sciences*. 2022;306:120798.
- 18- Savignac, H. M. et al. *Bifidobacteria* exert strain-specific effects on stress-related behavior and physiology in BALB/c mice. *Neurogastroenterology & Motility*. 2014;26:1615-1627.
- 19- Tyutkov, N. et al. Probiotics viability in frozen food products. *Food Bioscience*. 2022;50.
- 20- Martin, J.; Linder, J. Alimentos fermentados: passado, presente e futuro. Em: *Microbiologia de Alimentos Fermentados*. Blucher; 2022.
- 21- Marco, M. L. et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. 2021;18:196-208.
- 22- Nout, M. J. R. Fermentation. Reference Module in Food Science. 2023.
- 23- Pimentel, T.C.; Madrona, G.S.; Garcia, S.; Prudencio, S.H. Probiotic viability, physicochemical characteristics and acceptability during refrigerated storage of clarified apple juice supplemented with *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* and oligofructose in different package type. *LWT - Food Science and Technology*. 2015;63:415-422.
- 24- Rodrigues, G. Z.; Da Cunha, L. T.; Almeida, G. R. R. Desenvolvimento e validação da fermentação controlada de frutos do café no pós-colheita em diferentes tempos. *Revista Agroveterinária do Sul de Minas*. 2020;2:45-52.
- 25- Silva, M. P. et al. Semisweet chocolate as a vehicle for the probiotics *Lactobacillus acidophilus* LA3 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BLC1: Evaluation of chocolate stability and probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. *LWT*. 2017;75:640-647.
- 26- Schrezenmeir, J.; De Vrese, M. Probiotics, prebiotics, and synbiotics approaching a definition, *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2001;73:361-364.
- 27- Almeida, F. O. De. A arqueologia dos fermentados: a etflica história dos Tupi-Guarani. *Estudos Avançados*. 2015;29:83-118.
- 28- Oliveira, A. S. et al. Produção de fermentado alcoólico do fruto de mandacaru sem espinhos (*Cereus jamaru*). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. 2011;13:271-277.
- 29- Mokgalaboni, K. et al. Curcumin supplementation improves biomarkers of oxidative stress and inflammation in conditions of obesity, type 2 diabetes and

- NAFLD: updating the status of clinical evidence. *Food & Function*. 2021;12:12235-12249.
- 30- Laophongphit, A.; Siripornadulsil, S.; Siripornadulsil, W. Improvements in the functions of probiotic-based mango pulp rich in phenolic and proline antioxidants by treatment with pectinase and fermentation with lactic acid bacteria. *LWT*. 2023;181:114756.
- 31- Santana Andrade, J. K. et al. Influence of in vitro gastrointestinal digestion and probiotic fermentation on the bioaccessibility of gallic acid and on the antioxidant potential of Brazilian fruit residues. *LWT*. 2022;153:112436.
- 32- Li, Y. et al. Probiotic fermentation of *Ganoderma lucidum* fruiting body extracts promoted its immunostimulatory activity in mice with dexamethasone-induced immunosuppression. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2021;141:111909.
- 33- Hu, X. et al. Citrus pomace fermentation with autochthonous probiotics improves its nutrient composition and antioxidant activities. *LWT*. 2022;157:113076.
- 34- Wu, Y. et al. Fermentation of blueberry and blackberry juices using *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* and *Bifidobacterium bifidum*: Growth of probiotics, metabolism of phenolics, antioxidant capacity in vitro and sensory evaluation. *Food Chemistry*. 2021;348:129083.
- 35- Praia, A. B. et al. Sour Beer with *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* F19: Feasibility and Influence of Supplementation with *Spondias mombin* L. Juice and/or By-Product. *Foods*. 2022;11:4068.
- 36- Galanakis, C. M. et al. Innovations and technology disruptions in the food sector within the COVID-19 pandemic and post-lockdown era. *Trends in Food Science & Technology*. 2021;110:193-200.
- 37- Ke, E., & Zhang, H. Efeitos clínicos de probióticos em pacientes com COVID-19 do tipo comum com diarreia. *World Chinese Journal of Digestology*. 2020;28:834-838.
- 38- Mandal, S.; Mandal, N. C. Current trends and future perspectives of probiotics on human health: an overview. *Recent Advances and Future Perspectives of Microbial Metabolites*. 2023;1:81–122.
- 39- TORP, A. M. et al. Optimizing oral delivery of next generation probiotics. *Trends in Food Science & Technology*. 2022;119:101-109.

Capítulo 35

DOI: 10.53934/IIICBPAV-35

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE BANANA VERDE UTILIZANDO TRÊS VARIEDADES DE CULTIVAR

Thamara Sobrinho Ferreira *; Jéssica Chaves Rivas 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: jchrivas@yahoo.com

Resumo: A farinha da banana verde (FBV) possui alto teor de amido resistente sendo considerada prebiótico e conseqüentemente contribuindo para a saúde intestinal. O objetivo deste trabalho foi produzir e caracterizar as farinhas obtidas a partir de três diferentes variedades de banana (Nanica, Prata e Terra). Para a produção das farinhas, os frutos foram descascados, cortados em rodela, distribuídas em bandejas e secas a 55 ° C, por 150 min e moídas. As diferentes farinhas foram submetidas às análises físico-químicas de pH, sólidos solúveis, vitamina C, umidade e colorimetria. O rendimento foi calculado a partir da pesagem das três variedades de banana sem a casca e das suas respectivas farinhas. As análises físico-químicas das diferentes FBV revelaram pH médio de 4,98, a umidade variou de 5% a 8%, os sólidos solúveis encontrado para FBV Nanica, Prata e Terra foram 2,9%, 2,5 % e 0,5 %, respectivamente. O teor de vitamina C variou entre 26 a 31 mg/100g para as diferentes variedades. A análise colorimétrica revelou que o índice L^* variou de 39 a 45, indicando maior luminosidade, o índice a^* revelou valores negativos para a FBV das variedades Prata e Terra indicando predominância da coloração verde, já a variedade Nanica revelou resultado positivo com menor predominância da coloração verde, enquanto para o índice b^* , observou-se valores positivos para todas as variedades sugerindo predominância da coloração amarela. Em relação ao rendimento das farinhas, observou-se um rendimento maior para a variedade da Terra (32,9%), seguido da variedade Prata (20,9%) e Nanica (18,8%).

Palavras-chave: amido resistente, prebiótico, vitamina C, Nanica, Prata, Terra

Abstract: Green banana flour (FBV) has a high content of resistant starch being considered prebiotic and consequently contributing to intestinal health. The objective of this work was to produce and characterize the flours obtained from three different banana varieties (Nanica, Prata and Terra). For the production of flours, the fruits were peeled, cut into slices, distributed in trays and dried at 55 ° C for 150 min and ground. The different flours were submitted to physical-chemical analysis of pH, soluble solids, vitamin C, moisture and colorimetry. The yield was calculated from the weighing of the three banana varieties without the peel and their respective flours. The physical-chemical analysis of the different FBV revealed an average pH of 4.98, the moisture ranged from

5% to 8%, the soluble solids found for FBV Nanica, Prata and Terra were 2.9%, 2.5% and 0.5%, respectively. The vitamin C content ranged from 26 to 31 mg/100g for the different varieties. The colorimetric analysis revealed that the L* index ranged from 39 to 45, indicating greater luminosity, the a* index revealed negative values for the FBV of the Prata and Terra varieties, indicating a predominance of the green color, while the Nanica variety revealed a positive result with less predominance for the green color, while for the b* index, positive values were observed for all varieties, suggesting a predominance of the yellow color. Regarding flour yield, a higher yield was observed for the land variety (32.9%), followed by the Prata variety (20.9%) and Nanica (18.8%).

Key Word: resistant starch, prebiotic, vitamin C, Nanica, Prata, Terra.

INTRODUÇÃO

A banana (*Musa sapientum*) destaca-se como sendo uma das frutas tropicais mais consumidas no mundo podendo ser consumida verde ou madura sendo que o Brasil é o segundo maior produtor no mundo produzindo aproximadamente sete milhões de toneladas sendo no Brasil a segunda maior cultura em quantidade produzida, valor da produção, consumo e área produzida contemplando todos os estados brasileiros (1,2)

Mesmo com uma alta produção do fruto as perdas na cadeia produtiva da banana podem chegar a 40% da produção (2). Uma alternativa afim de minimizar essas perdas pós-colheita é a industrialização da banana aumentando a vida-de-prateleira e agregando valor ao produto. A produção de farinha de banana verde (FBV) transforma essa banana, ainda verde, colhida no estágio de maturação, e a submete ao processo de sanitização, desidratação e trituração (3). A farinha obtida pode ser empregada na elaboração de produtos de panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis, sendo uma fonte de amido resistente, compostos fenólicos, antioxidantes e sais minerais (4)

O amido resistente presente na banana verde pode ser utilizado como ingrediente para a geração de produtos com qualidades funcionais na alimentação dos brasileiros de diversas formas, sendo a mais relevante na forma de farinha de banana verde. Em estudo com diversas variedades de banana verde foi observado que as concentrações de amido resistente nas FBV variam entre 49,5 (Terra) 37,9 (Nanica) e 20% (Prata) mostrando assim seu potencial funcional prebiótico (5–7)

Dessa forma, a busca por alimentos mais saudáveis e que agregam maiores benefícios para o organismo vem ganhando um grande destaque no mercado, assim a produção de farinha de banana verde é um aliado para a melhora nutricional da população, podendo ser utilizado para enriquecer produtos alimentícios. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver a farinha de banana verde (FBV) a partir de três variedades (Nanica, Prata e Terra), caracterizar e analisar suas propriedades físico-químicas, possibilitando a introdução da farinha de banana verde em diferentes produtos alimentícios na tentativa de aumentar os seus benefícios nutricionais.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com bananas (*Musa spp.*) das variedades Prata, Nanica e da Terra, que foram adquiridas no mercado local da cidade de Macaé-RJ/Brasil. A escolha

da matéria-prima foi feita a partir da coloração da casca, tendo sido escolhidas somente bananas que se encontravam no estágio 1 de maturação (casca totalmente verde) conforme a Escala de Maturação de *Von Loesecke* que descreve as propriedades visuais de cada estágio no processo de amadurecimento na pós-colheita de bananas (8).

O estudo foi desenvolvido nos laboratórios de Origem Vegetal e de Farmacognosia no Centro Multidisciplinar UFRJ-Macaé. As bananas foram selecionadas e lavadas com água corrente, sanitizadas em água clorada 20 ppm por 10 minutos, e descascadas manualmente. Em seguida, as frutas foram cortadas em rodela de aproximadamente dois milímetros de espessura, utilizando processador de alimentos (Philips WALITA, modelo RI7776) As rodela de banana foram dispostas em bandejas perfuradas e secas em desidratador (Pardal, modelo PE 30 Clássico), com circulação de ar na temperatura de 55 °C, por 150 minutos. As rodela de banana, após sua secagem, foram trituradas em processador de alimentos (Philips WALITA, modelo RI7776) e peneiradas. As farinhas obtidas foram embaladas e armazenadas sob refrigeração.

O rendimento da FBV foi determinado de acordo com a Equação 1.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Massa (g) da farinha de banana verde final}}{\text{Massa (g) da banana verde inicial}} * 100$$

As análises físico-químicas de umidade, sólidos solúveis, vitamina C e pH foram realizadas afim de caracterizar as farinhas obtidas das três variedades de banana verde, Nanica, Prata e Terra. A umidade foi determinada por análise gravimétrica com emprego de calor em estufa a 130°C, baseando na perda de peso da amostra até atingir o peso constante. A escala Brix foi medida através de refratômetro tipo Abbé. O teor de vitamina C foi analisado pelo método de Tillman's com a solução de e 2,6-diclorofenol indofenol (DCFI). O pH das amostras foi analisado através de pHmetro (modelo pHmeter PHS-3E). Todas as análises foram realizadas em triplicata de acordo com as metodologias do Instituto Adolfo Lutz (9)

A definição das cores das farinhas de banana verde foi realizada através do aplicativo Colorímetro (Lab Tools), no sistema CIElab. Os parâmetros de cor medidos foram: L^* = Luminosidade (0=preto e 100 = branco), a^* (-80 até zero=verde, do zero ao +100= vermelho), b^* (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo). Os índices de cor foram avaliados nas diferentes farinhas obtidas.

Para análise estatística dos resultados das FBV, empregou-se a Análise de Variância *One-Way* (ANOVA) com 95% de significância (α), $p \leq 0,05$ e as médias obtidas foram comparadas pelo teste de *Tukey* utilizando o software XLStat.

. [linha sem texto, tamanho 12]

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento das três FBV obtidas das variedades Nanica, Prata e Terra são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Rendimento das farinhas de bananas verde.

FBV	Rendimento (%)
-----	----------------

Prata	20,9%
Terra	32,9%
Nanica	18,8%

Entre as três variedades de bananas estudadas, a farinha obtida da variedade da Terra apresentou o maior rendimento (32,9%), seguido da Prata (20,9%) e da Nanica (18,8%). Sá et al (10) em seu estudo com diferentes variedades observou que ao utilizar 105°C por 12 horas a FBV de banana da Terra teve rendimento de 27%. Em relação à FBV da variedade Prata, o resultado obtido no presente estudo foi inferior ao obtido por Andrade et al.(11) no qual observou-se um rendimento de 26,4 % quando utilizou secagem a 50 °C, por 7 horas, entretanto foi superior ao obtido por Borges et al. (3) que obteve um rendimento de 14,5% para o mesmo fruto utilizando processo de desidratação de 70 °C por 12 horas. O rendimento da FBV da variedade nanica ficou abaixo do observado por Fasolin et al.(12) que foi de 33,9% porém não foi especificado no estudo o tempo e a temperatura utilizados para o processo de desidratação. O rendimento do processo de produção de farinha de banana verde vai depender da variedade e a idade da cultura além do método de secagem utilizado.

Os dados relativos à caracterização físico-química das bananas utilizadas na obtenção da farinha são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Características físico – químicas das diferentes farinhas de banana verde utilizadas no experimento.

Farinha de banana verde	Umidade (%)	pH	Sólidos Solúveis (°Brix)	Ácido ascórbico (mg/100g)
			2,50 ± 2,5 ^a	±
Prata	5,0 ± 0,024 ^a	4,63 ± 0,0 ^b		26,01 ± 1,2 ^a
Terra	7,0 ± 0,035 ^a	5,57 ± 0,1 ^a	0,58 ± 0,6 ^b	31,04 ± 1,4 ^a
Nanica	8,0 ± 0,156 ^c	4,74 ± 0,2 ^b	2,91 ± 2,9 ^a	26,64 ± 2,6 ^a

* Os valores foram obtidos por meio da média ± desvio padrão de três repetições

** médias com a mesma letra, na mesma coluna, não apresentam diferença estatística significativa ($p > 0.05$).

O teor de umidade encontrado para as FBV das variedades Prata, Terra e Nanica foram, respectivamente 5,0%, 7,0% e 8,0%, valores estes que estão dentro dos padrões exigidos pela RDC 711/2022, que estabelece um teor máximo de umidade de 15% para farinhas obtidas de frutos (13). Estudos de FBV com diversas variedades tem demonstrado valores similares ao encontrado, variando de 6% em FBV de banana prata à 11% em FBV de banana nanica (6,10). Essas diferenças de teor de umidade entre as FBV podem estar relacionadas com as diferentes técnicas utilizadas no processo de desidratação. Outro fator importante a destacar é a diferença de umidade entre as distintas variedades de bananas. Em estudo com 15 variedades de bananas observou-se que as umidades das bananas verdes *in natura* variaram entre 61 a 74% (14).

Dentre os parâmetros físicos mais utilizados para avaliação da qualidade pós-colheita da fruta *in natura* estão o pH e sólidos solúveis. Observou-se que os resultados de pH variaram entre 4,63 e 5,57 entre as diferentes variedades de FBV, registrando um pH médio de 4,98. Valores semelhantes foram encontrados em estudos com FBV variedade prata, pH 5,55 e com FBV variedade Terra, pH 5,26 (10). As características apresentadas pela FBV demonstram que o produto tem potencialidade para uma maior vida de prateleira já que possui baixo teor de umidade e pH ácido, desfavorecendo assim o crescimento de microrganismos.

Em relação ao teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), observou-se que não houve diferença estatística significativa ($p > 0.05$) entre as FBV das variedades Prata e Nanica, 2,5 e 2,9 $^{\circ}$ Brix, respectivamente, entretanto a variedade da Terra apresentou valores inferiores às variedades citadas anteriormente, 0,58 $^{\circ}$ Brix. Segundo Tribess et al. (15) o valor de sólidos solúveis encontrados em bananas verde no primeiro estágio de maturação pode chegar a 5 $^{\circ}$ Brix. Em estudo com FBV da variedade Prata foi observado valores de 2,1 e 2,3 $^{\circ}$ Brix (16), já em estudo com FBV da variedade Pacovan no primeiro estágio de maturação encontrou teores de sólidos solúveis de 8,35 $^{\circ}$ Brix (17). Os teores de açúcares nas bananas variam de acordo com a variedade e seu estágio de maturação. Na banana verde, o principal componente é o amido, podendo corresponder a 55 a 93% do teor de sólidos totais. A mudança mais perceptível que acontece nos frutos no decorrer da maturação é a transformação do amido em açúcares, em sua maioria glicose, frutose e sacarose. (12). Portanto pode-se inferir que quanto menor o teor de sólidos solúveis maior é a concentração de amido presente majoritariamente em frutos imaturos.

Com relação ao teor de ácido ascórbico, observa-se que não houve diferença estatística significativa ($p > 0.05$) entre as diferentes FBV, mas vale ressaltar que a FBV obtida da variedade da Terra apresentou maior teor de vitamina C (31 mg/100g) comparado a variedade Prata e Nanica. O teor encontrado na variedade da Terra consegue atender em 68% a necessidade de ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C para adultos de acordo com Resolução-RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005, a qual é de 45 mg (18). A FBV variedade Prata também obteve bom resultado quando comparado com estudo também realizado com FBV variedade Prata foi observado teor de vitamina C de 15,12 mg/100g (3).

A utilização do método colorimétrico é de suma importância para avaliar o comportamento da cor emitida pelos pigmentos, simulando a percepção de cor pelo olho humano. A Tabela 3 apresenta o resultado da análise colorimétrica, como pode-se observar, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as diferentes farinhas para o índice luminosidade. Em relação ao valor do índice a^* , observa-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as farinhas obtidas a partir das variedades Prata e Terra, ao comparar com a Nanica, observa-se diferença significativa ($p < 0,05$). O valor negativo apresentado para as farinhas de banana verde das variedades Prata e Terra indica uma maior emissão da cor verde, já a variedade Nanica revelou resultado positivo com menor emissão da cor verde. Ao avaliar o índice b^* , constata-se que houve diferença significativa entre as diferentes farinhas ($p < 0,05$) e um maior predomínio desse índice comparado ao a^* , sugerindo que a emissão da cor amarela prevalece sobre a cor verde uma vez que os valores observados para o índice b^* foram mais elevados. O tipo de cultivar, estágio de maturação e temperatura de secagem tendem a influenciar nos parâmetros de cor. Quanto maior o grau de maturação maior será o teor de sólidos solúveis e de açúcares disponíveis na banana para que estas interajam com os grupos

aminos presentes na banana e assim ocorrendo o escurecimento a partir da reação de Maillard. Esse escurecimento pode ser intensificado caso as condições de secagem usem altas temperaturas. Estudo com obtenção de farinhas de banana em três estágios diferentes de maturação (estágio 1, 3 e 5) demonstrou que quanto maior era o estágio de maturação da banana maior era o escurecimento não enzimático ocorrido durante o processo de secagem (19).

Tabela 3. Análise de colorimetria das farinhas de banana verde.

Farinha de banana verde	<i>L</i>*	<i>a</i>*	<i>b</i>*
Prata	45,53 ^a ± 7,25	-1,00 ^b ± 0,56	13,36 ^b ± 0,45
Terra	49,03 ^a ± 2,06	-2,00 ^b ± 0,00	9,80 ^c ± 0,10
Nanica	39,53 ^a ± 4,35	0,667 ^a ± 0,68	16,400 ^a ± 0,82

* Os valores foram obtidos por meio da média ± desvio padrão de três repetições

** médias com a mesma letra, na mesma coluna, não apresentam diferença estatística significativa ($p > 0.05$).

CONCLUSÕES

As farinhas de banana verde desenvolvidas neste trabalho mostraram-se aptas para o consumo da população, possuindo baixo teor de umidade e pH ácido, parâmetros estes que favorecem a sua vida de prateleira. O teor de sólidos solúveis encontrado nas FBV indica uma potencial fonte de amido resistente além das FBV possuem teores consideráveis de vitamina C. É importante destacar que a FBV da Terra apresentou maior rendimento, menor teor de sólidos solúveis e maior conteúdo de vitamina C. Sendo assim as FBV das variedades Terra, Nanica e Prata podem ser vistas como um alimento funcional, agregando valor a outros produtos, compondo uma dieta equilibrada e saudável.

REFERÊNCIAS

1. IBGE. Produção de Banana no Brasil [Internet]. [acesso em 22 de agosto de 2023]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/br>
2. Embrapa. Banana [Internet]. [acesso em 22 de agosto de 2023]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/banana>








3. Borges A de M, Pereira J, Lucena EMP de. Caracterização da farinha de banana verde. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2009;29(2).
4. Vernaza MG, Gularte MA, Chang YK. Addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties. *Ciência e Agrotecnologia*. 2011;35(6).
5. Ramos DNP, Leonel M, Leonel S. Amido resistente em farinhas de banana verde. *Alim. Nutr.* 2009; 20(3):479-483
6. Segundo C, Román L, Gómez M, Martínez MM. Mechanically fractionated flour isolated from green bananas (*M. cavendishii* var. *nanica*) as a tool to increase the dietary fiber and phytochemical bioactivity of layer and sponge cakes. *Food Chem.* 2017;219:240–8.
7. Pelissari FM, Andrade-Mahecha MM, Sobral PJDA, Menegalli FC. Isolation and characterization of the flour and starch of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Starch - Stärke* 2012;64(5):382–91.
8. Von Loesecke HW. Bananas - Chemistry, physiology, technology. Interscience Publishers; 1950.
9. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Instituto Adolfo Lutz. 2008.
10. de Sá AA, Gonçalves MIA, Vasconcelos TR, Mendes MLM, de Omena Messias CMB. Physical, chemical and nutritional evaluation of flours prepared with pulp and peel of green banana from different varieties. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2021;24.
11. Andrade BA, Perius DB, De Mattos NV, De Mello Luvielmo M, Mellado MS. Produção de farinha de banana verde (*Musa spp.*) para aplicação em pão de trigo integral. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2018;21.
12. Fasolin LH, De Almeida GC, Castanho PS, Netto-Oliveira ER. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. *Food Science and Technology* 2007;27(3):524–9.
13. Brasil. RDC nº 711, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães. 2022.
14. Aquino CF, Salomão LCC, Cecon PR, de Siqueira DL, Ribeiro SMR. Caracterização de 15 cultivares de bananeira em dois estádios de maturação em função de aspectos morfológicos, físicos e químicos. *Revista Caatinga*. 2017;30(1):87–96.
15. Tribess TB, Hernández-Uribe JP, Méndez-Montealvo MGC, Menezes EW, Bello-Perez LA, Tadini CC. Thermal properties and resistant starch content of

- green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT*. 2009;42(5).
16. Soares Carneiro T, Marechal Rondon A, Rosa Elze -Jardim, Cristóvão -SE S, Luanne Santos de Oliveira G, dos Santos J, et al. Avaliação da farinha de banana verde com aplicação de antioxidantes *Brazilian Journal of Development* 2020;(5):28634–43.
 17. Cavalcanti V, Pires F, Luiz F, Silva H, Souza MS. Parâmetros da secagem da banana pacovan e caracterização físico-química da farinha de banana verde. *Revista Verde* 2014;9(1):197–209.
 18. Brasil. RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (idr) de proteína, vitaminas e minerais 2005.
 19. Falade KO, Oyeyinka SA. Color, Chemical and Functional Properties of Plantain Cultivars and Cooking Banana Flour as Affected by Drying Method and Maturity. *J Food Process Preserv* 2015;39(6):816–28.

Capítulo 36

DOI: 10.53934/IIICBPAV-36

ANÁLISE ENZIMÁTICA DE LEITE CRU, PASTEURIZADO E ESTERILIZADO: UM ESTUDO DE CASO

Anderson Henrique Venâncio *; Bruna Azevedo Balduino ; Roberta Hilsdorf Piccoli ; Maria Emília de Sousa Gomes ; Alcinéia de Lemos Souza Ramos ;
Sandra Maria Pinto ; Luiz Ronaldo de Abreu 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
anderson123dfgh21@gmail.com

Resumo: Desde a obtenção do leite até o processamento, ele está susceptível a contaminação por microrganismos. Dessa forma, as indústrias aplicam vários tratamentos térmicos para eliminá-los, como a pasteurização lenta e rápida, e o processamento do leite UHT. A fosfatase alcalina e a peroxidase são enzimas contidas no leite cru e que, após a pasteurização, são utilizadas para garantir que o processamento foi eficiente. Também são utilizados outros testes enzimáticos, como o teste de redutase. Neste teste, avalia-se o tempo de redução da enzima desidrogenase (redutase) proveniente do metabolismo microbiano, sendo esse tempo de redução inversamente proporcional a quantidade de bactérias redutoras presentes no leite. Diante deste contexto, este trabalho objetivou realizar uma análise enzimática de leite cru, pasteurizado e esterilizado comercializados na cidade de Lavras-MG. Foram coletadas duas amostras de Leite cru e duas de leite pasteurizado de diferentes marcas (A e B) e duas amostras de leite UHT de diferentes marcas (C e D) em um mercado local. As análises enzimáticas de fosfatase alcalina e peroxidase demonstraram que os tratamentos térmicos foram realizados adequadamente. Já, o leite pasteurizado da marca B, apresentou uma inativação da enzima peroxidase, indicando que o leite passou por um superaquecimento. Com relação a redutase, o leite cru do produtor 1 pode ser classificado como de excelente qualidade, enquanto o leite cru do produtor 2 apresentou uma qualidade microbiana ruim, sendo necessário melhorar a higiene durante a ordenha. Conclui-se que as análises enzimáticas são importantes por auxiliar na verificação da eficiência dos tratamentos térmicos.

Palavras-chave: Estudo enzimático; Processamento do leite; Indústria.

Abstract: From obtaining milk to processing, it is susceptible to contamination by microorganisms. Therefore, industries apply various heat treatments to eliminate them, such as slow and fast pasteurization, and UHT milk processing. Alkaline phosphatase and peroxidase are enzymes contained in raw milk and which, after pasteurization, are used to ensure that processing was efficient. Other enzymatic tests are also used, such as the reductase test. In this test, the reduction time of the dehydrogenase enzyme (reductase) from microbial metabolism is evaluated, with this reduction time being inversely proportional to the amount of reducing bacteria present in the milk. Given this context, this work aimed to carry out an enzymatic analysis of raw, pasteurized and sterilized milk

sold in the city of Lavras-MG. Two samples of raw milk and two samples of pasteurized milk from different brands (A and B) and two samples of UHT milk from different brands (C and D) were collected in a local market. Enzymatic analyzes of alkaline phosphatase and peroxidase demonstrated that the heat treatments were carried out properly. Already, pasteurized milk from brand B showed inactivation of the peroxidase enzyme, indicating that the milk had been overheated. Regarding reductase, raw milk from producer 1 can be classified as excellent quality, while raw milk from producer 2 showed poor microbial quality, making it necessary to improve hygiene during milking. It is concluded that enzymatic analyzes are important for helping to verify the efficiency of heat treatments.

Key Word: Enzymatic study; Milk processing; Industry.

INTRODUÇÃO

O leite é uma substância de alto valor nutritivo, constituído de nutrientes como carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas, minerais e a água (1). De acordo com o Serviço de Inspeção Federal e Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) no seu artigo 475, o leite, sem outra especificação, é um produto resultante da ordenha ininterrupta, completa, de vacas bem alimentadas, higienizadas, descansadas e sadias, tendo a finalidade de nutrir a cria (2). Possui uma coloração esbranquiçada e opaca, e, é considerado uma emulsão, de sabor adocicado, onde seus constituintes químicos ficam dispersos na água (3).

Devido a sua composição em nutrientes químicos, o leite torna-se susceptível a contaminação por microrganismos, desde a sua retirada na ordenha, podendo estes causarem prejuízos econômicos para os laticínios (4). A microbiota do leite também é importante no que diz respeito à saúde pública, já que pode ocorrer a transmissão de diversas zoonoses importantes ao homem por meio de agentes etiológicos presentes no leite cru ou mal pasteurizado. Desse modo, uma forma de eliminar ou reduzir a níveis aceitáveis os microrganismos patogênicos e deterioradores presentes no leite, se dá pela realização de um processamento térmico (5).

O leite pode passar por três tipos de processamento térmico, a pasteurização lenta, pasteurização rápida e o processamento UHT. A pasteurização lenta corresponde ao aquecimento indireto do leite de 62°C a 65°C por 30 minutos, enquanto a pasteurização rápida corresponde ao aquecimento do leite de 72°C a 75°C por 15 a 20 segundos em aparelhagem própria, provida de dispositivos de controle automático de temperatura, termorregistadores, termômetros e válvulas para o desvio do fluxo do leite (6). Já no processo UHT (Ultra High Temperature), o leite homogeneizado é submetido a um processamento térmico, durante 2 a 4 segundos, a uma temperatura de 130°C mediante um processo térmico de fluxo contínuo, seguido de um resfriamento imediato a uma temperatura inferior a 32°C e envase sob condições assépticas em embalagens estéreis e hermeticamente fechadas (7). Esses tratamentos térmicos tem como objetivo eliminar ou reduzir a níveis seguros ao consumidor os microrganismos patogênicos e prolongar a vida útil do leite (8).

A fosfatase alcalina e a peroxidase são enzimas naturalmente encontradas no leite cru e que, após a pasteurização, são utilizadas como indicadores para garantir que o processo foi realizado de forma adequada (9). A peroxidase é uma enzima termorresistente, portanto, a ocorrência de sua desnaturação indica um possível tratamento térmico excessivo. No entanto, a fosfatase alcalina é uma enzima termosensível que deve ser inativada após a pasteurização, pois caso seja observada sua atividade enzimática no leite pasteurizado, há indícios de que a pasteurização não foi realizada corretamente. Por fim, em leites UHT, não deve haver atividade enzimática de ambas enzimas, devido à elevada temperatura utilizada nesse tratamento térmico (10).

A qualidade do leite depende de seus parâmetros químicos e microbiológicos. Desse modo, a compreensão de sua microbiota é importante para controlar características qualitativas, sensoriais e de biossegurança dos produtos lácteos (11, 12).

Nos laticínios também são utilizados outros testes enzimáticos para avaliar a qualidade microbiana geral do leite cru, como o teste de redutase. Neste teste, avalia-se o tempo de redução da enzima desidrogenase (redutase) proveniente do metabolismo microbiano, sendo esse tempo de redução inversamente proporcional a quantidade de bactérias redutoras presentes na amostra de leite (13, 14). Este é um teste simples, rápido, de baixo custo e importante por demonstrar uma relação com o crescimento microbiano (SILVA et al., 2013).

Diante deste contexto, o trabalho objetivou detectar a presença de enzimas como a peroxidase e fosfatase alcalina em leite cru, pasteurizado e UHT, comercializados na região de Lavras-MG, além de avaliar a qualidade microbiológica do leite cru pelo teste da redutase.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de condução experimento

O estudo enzimático foi conduzido na Planta Piloto de Processamento de Leite e Derivados, localizada no Departamento de Ciência dos Alimentos, pertencente à Escola Superior de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL), da Universidade Federal de Lavras.

Obtenção das amostras

Coletou-se duas amostras de Leite cru provenientes de produtores rurais, que foram acondicionadas em caixa isotérmica com gelo (4°C). Posteriormente, duas amostras de leite pasteurizado de diferentes marcas (A e B) e duas amostras de leite UHT de diferentes marcas (C e D) foram adquiridas em um supermercado no município de Lavras-MG. Todas as amostras de leite foram transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Leites e Derivados para realização dos testes enzimáticos de fosfatase alcalina e peroxidase com intuito de verificar a eficiência dos tratamentos térmicos de pasteurização e esterilização e para realização do teste de redutase para verificar a qualidade do leite cru.

Análises bioquímicas do leite

Peroxidase

Para verificar a atividade da peroxidase coletou-se um volume de 10 mL de leite de cada amostra com o auxílio de uma pipeta, sendo em seguida transferido para um tubo de ensaio e colocado em banho-maria (Quimis Aparelhos Científicos Ltda, Diadema, São Paulo) a 45°C por 5 minutos. Posteriormente, adicionou-se aos tubos 2 mL de uma solução de gauaiacol 1% (Macalé - Produtos para Laticínios, Juiz de Fora, Minas Gerais) e 3 gotas de peróxido de hidrogênio (Dinâmica Química Contemporânea LTDA, Indaiatuba, São Paulo). O desenvolvimento de cor salmão indica teste positivo para as amostras e o não desenvolvimento da cor, teste negativo.

Fosfatase Alcalina

Para avaliar a atividade da fosfatase alcalina no leite utilizou-se o kit de reagentes para fosfatase alcalina FS[®] (DiaSys). Com auxílio de uma pipeta, 0,25 mL de cada amostra de leite foram transferidas para um tubo de ensaio, seguido da adição de 2 mL do reagente 1 e 0,5 mL do reagente 2. Os tubos foram colocados por 3 min em banho-maria a 37°C. Após esse período, verificou-se o desenvolvimento de coloração amarela nos tubos, indicativa de teste positivo.

Redutase

Para análise de redutase coletou-se, com auxílio de uma pipeta, um volume de 10 mL de cada amostra de leite cru e transferiu-se o volume para um tubo de ensaio. Em seguida, adicionou-se 1 mL de uma solução aquosa de azul de metileno 2,5% (Dinâmica Química Contemporânea LTDA, Indaiatuba, São Paulo) aos tubos, que foram vedados, homogeneizados e colocados em banho-maria a 37°C. Posteriormente, observou-se o tempo decorrido, desde a mistura do leite com o corante até o descoloramento completo. A qualidade do leite cru foi então avaliada de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da qualidade do leite cru de acordo com o tempo de redução.

Classificação	Tempo (h) de conservação
Excelente	Conserva a cor por mais de 7 h
Bom	Conserva a cor por mais de 5 h
Aceitável	Conserva a cor por mais de 4 h
Médio	Conserva a cor por mais de 2h
Ruim	Conserva a cor por menos de 2h
Péssimo	Perde a cor em, aproximadamente 30 min

Fonte: Dos autores (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Peroxidase e Fosfatase alcalina

Os resultados para os testes de peroxidase e fosfatase alcalina dos leites estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análises de peroxidase e fosfatase alcalina em diferentes tipos de leite.

Amostras de leite	Peroxidase	Fosfatase alcalina
Leite Cru 1	Positivo (Salmão)	Positivo (Amarelo)
Leite Cru 2	Positivo (Salmão)	Positivo (Amarelo)
Leite Pasteurizado A	Positivo (Salmão)	Negativo (Branco)
Leite Pasteurizado B	Negativo (Branco)	Negativo (Branco)
Leite UHT C	Negativo (Branco)	Negativo (Branco)
Leite UHT D	Negativo (Branco)	Negativo (Branco)

Fonte: Dos autores (2023).

A enzima fosfatase alcalina é termossensível, desse modo, ela não deve estar presente em leites que passaram por algum tratamento térmico como a pasteurização ou esterilização. Caso contrário, indica que o processamento térmico não foi realizado de maneira adequada ou que pode ter ocorrido contaminação ou mistura intencional com leite cru durante o processo. Esse fato pode ser percebido no trabalho de Oliveira e Santos (15), que avaliaram a atividade enzimática de 30 leites pasteurizados e demonstraram que 11 amostras indicaram presença de fosfatase alcalina. Essa enzima age hidrolisando o p-nitrofenilfosfato (incolor) e formando o p-nitrofenol, que é um composto de cor amarelada. Portanto, caso ela esteja presente no leite, este apresentará uma coloração amarela (10).

Neste estudo, apenas o leite cru apresentou presença da enzima fosfatase alcalina, indicando que os tratamentos térmicos realizados nas amostras analisadas foram eficientes.

A peroxidase é uma enzima oxidante que é destruída a temperaturas de 80°C por alguns segundos. Portanto, ela se encontra presente em leites crus e pasteurizados, estando ausente em leites UHT, já que esse procedimento utiliza altas temperaturas (16). Essa enzima age hidrolisando o peróxido de hidrogênio e liberando o oxigênio que é responsável por transformar o guaiacol de sua leucobase para a forma corada, que resulta em uma coloração salmão do leite. Caso a enzima seja desnaturada o leite permanece com sua coloração branca (10, 9).

Observa-se na Tabela 2 que o leite pasteurizado da marca B apresentou um resultado negativo para a análise da enzima peroxidase, o que indica que este leite provavelmente sofreu um superaquecimento durante o processo de pasteurização, que pode causar perdas de alguns de seus constituintes. Esse resultado também foi demonstrado em outros trabalhos que avaliaram a atividade das enzimas fosfatase e peroxidase em leites pasteurizados, sendo que os autores descreveram que muitas vezes

esse superaquecimento durante a pasteurização ocorre de forma intencional, com o intuito de reduzir a alta carga microbiana de um leite cru com baixa qualidade (17, 18, 16).

Com exceção do leite pasteurizado B, os demais leites testados mostraram-se de acordo com a legislação, com relação a presença das enzimas peroxidase e fosfatase alcalina (19).

É muito importante ter-se um controle do tratamento térmico na indústria para garantir a qualidade do produto final. Já que, falhas durante o processamento ou até mesmo a mistura proposital de leite cru ao leite pasteurizado podem causar danos à saúde do consumidor, uma vez que o leite cru, mesmo que em pequena quantidade pode ser veículo de patógenos que podem causar diversas enfermidades (20). Desse modo, os testes enzimáticos são testes de fácil aplicação e de grande importância para a indústria por auxiliar na verificação da eficácia e garantia de que os tratamentos térmicos foram realizados corretamente.

Redutase

Os resultados para o teste de redutase realizados nas duas amostras de leite cru pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise de redutase em amostras de leite cru de diferentes produtores.

Amostra de leite	Tempo (h) de conservação da cor
Leite cru 1	Conservou a cor por mais de 7h
Leite cru 2	Conservou a cor por 1h e 45 min.

Fonte: Dos autores (2023).

A análise de redutase baseia-se na redução do corante azul de metileno que funciona como um receptor de H^+ resultantes da ação da enzima desidrogenase (redutase) proveniente do metabolismo microbiano. Sendo que, quanto maior é a contaminação do leite menor é o tempo gasto para a solução descolorir (13).

A primeira amostra de leite cru analisada conservou a cor azul por mais de 7 h, o que caracteriza o leite como de excelente qualidade e indica que o mesmo não apresentava uma alta carga microbiana. No entanto, a segunda amostra analisada conservou a cor azul por apenas 1 h e 45 min, o que caracteriza o leite como ruim e, conseqüentemente, com uma alta carga microbiana.

Essa alta contaminação microbiológica pode estar relacionada a más condições de higiene durante o processo de ordenha, que pode ser proveniente do ambiente da fazenda, excreções do úbere de animais infectados ou de falhas de higiene durante o processo de ordenha (21). Algumas práticas como a higienização dos tetos da vaca, higienização vigorosa dos baldes, latas; e dos demais equipamentos como os utensílios utilizados

durante a ordenha e o controle da temperatura do tanque de expansão contribuem para a redução da carga microbiana e melhora da qualidade microbiológica do leite cru (22, 4).

CONCLUSÕES

As análises enzimáticas de fosfatase alcalina e peroxidase demonstraram que os tratamentos térmicos de pasteurização e UHT pelos quais as amostras analisadas foram submetidas, foram realizados de forma adequada. Com exceção do leite pasteurizado da marca B que apresentou uma inativação da enzima peroxidase, indicando que o leite passou por um superaquecimento.

Com relação a análise enzimática de redutase, o leite cru do produtor 1 pode ser classificado como de excelente qualidade, enquanto o leite cru do produtor 2 apresentou uma qualidade microbiana ruim, sendo necessário melhorar as condições higiênicas durante a ordenha.

Portanto, conclui-se que as análises enzimáticas são ferramentas importantes para a indústria por auxiliar na verificação da eficiência do tratamento térmico, bem como na determinação da qualidade do leite cru.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal de Lavras, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas-Gerais (FAPEMIG).

REFERÊNCIAS

1. Dos Santos DB, De Oliveira IV, Da Cruz WP, Da Silva Bernardino PDL, Da Silva JN, Carvalho FIM, et al. Processamento e caracterização de doces de leite saborizados obtidos de vacas oriundas do Sudeste do Estado do Pará. *Braz App Sci Rev.* 2020;4(3):2094-2114.
2. Brasil. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – R.I.I.S.P.O.A. Aprovado pelo decreto n° 30691 de 29 de março de 1952, alterado pelo Decreto n° 1255 de 25 de junho de 1962. Alterado pelo Decreto n° 2244 de 04/06/1997. Brasília (DF): Ministério da Agricultura; 1997.
3. Brito MA, Brito JR, Arcuri EF, Lange CC, Silva MR, De Souza GN. Agronegócio do Leite. Composição do leite [Internet]. Brasília: Embrapa; 2017. [acesso em 23 Set 2023]. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/pre-producao/qualidade-e-seguranca/qualidade/testes-de-qualidade/composicao-do-leite

4. Matsubara MT, Beloti V, Tamanini R, Fagnani R, Da Silva LCC, Monteiro AA, et al. Boas práticas de ordenha para redução da contaminação microbiológica do leite no agreste Pernambucano. *Semin: Cienc Agrar*. 2011;32(1):277-85.
5. Menezes MFC, Simeoni CP, Etchepare M de A, Huerta K, Bortoluzzi DP, De Menezes CR et al. Microbiota e conservação do leite. *Rev Eletrônica Gest, Educ e Tecnol Ambient*. 2014;18(5):76-89.
6. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 5, de 14 de fevereiro de 2017. Requisitos para avaliação de equivalência do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária relativos à estrutura física, dependências e equipamentos de estabelecimento agroindustrial de pequeno porte de produtos de origem animal. Brasília (DF): Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento; 2017.
7. Brasil. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do leite UAT (UHT). Brasília (DF): Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária; 1996.
8. Reis KTMG, De Souza CHB de S, De Santana EHW, Roig SM. Qualidade microbiológica do leite cru e pasteurizado produzido no Brasil: revisão. *J Health Sci*. 2013;15:411-21.
9. Seixas FN, Fagnani R, Rios EA, Pereira JR, Tamanini R, Beloti V. Comparação de métodos para detecção de fosfatase alcalina e peroxidase em leite. *Rev Inst Laticínios Cândido Tostes* 2014;69(1):17-24.
10. Franco BS, Manfio SR, De Andrade CJ, Leão MF. Análise das enzimas peroxidase e fosfatase em amostras de leite cru, pasteurizado e longa vida. *Rev Citino* 2011;1(1):52-6.
11. Fusco V, Chieffi D, Fanelli F, Logrieco AF, Cho G-S, Kabisch J, et al. Microbial quality and safety of milk and milk products in the 21st century. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2020;19(4):2013-49.
12. Tilocca B, Costanzo N, Morittu VM, Spina AA, Soggiu A, Britti D, et al. Milk microbiota: Characterization methods and role in cheese production. *J Proteomics* 2020;210.
13. Pereira JG, Montanhini MTM, Barcellos VC, Pinto JP de NA, Bersot L dos S. Testes de redutase para a avaliação da qualidade de leite cru refrigerado. *J Health Sci*. 2012;14(2):77-80.
14. Silva PA, Calixto JMR, Gorski IR de C, Rabelo VM, De Souza VA, Oliveira EMM. Caracterização da qualidade do Leite in natura de um laticínio de Campos Gerais, Minas Gerais. *Rev Univ Vale do Rio Verde* 2013;11(2):293-99.

15. Oliveira ENA de, Santos D da C. Avaliação da qualidade físico-química de leites pasteurizados. *Rev Inst Adolfo Lutz* 2012;71(1):193-7.
16. Tamanini R, Da Silva LCC, Monteiro AA, Magnani DF, Barros M de AF, Beloti V. Avaliação da qualidade microbiológica e dos parâmetros enzimáticos da pasteurização de leite tipo “C” produzido na região norte do Paraná. *Semin Cienc Agrar*. 2007;28(3):449-54.
17. Giombelli CJ, Tamanini R, Bataglini APP, Magnani DF, De Ângela HL, Beloti V. Avaliação da qualidade microbiológica, físico-química e dos parâmetros enzimáticos de leite pasteurizado e leite tipo B, produzidos no Paraná. *Semin Cienc Agrar*. 2011;32(4):1539-46.
18. Rosa-Campos AA, Rocha JES, Borgo LA, Mendonça MA. Avaliação físico-química e pesquisa de fraudes em leite pasteurizado integral tipo 'C' produzido na região de Brasília, Distrito Federal. *Rev Inst Laticínios Cândido Tostes* 2011;66(379):30-4.
19. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A. Brasília (DF): Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento; 2018.
20. Lima JS, Sampaio APPO, Silva PS, Dufossé MC da S, Da Rosa AMBP, De Moraes CM, et al. Avaliação de métodos de detecção da fosfatase alcalina em leite bovino, bubalino e caprino. *Braz J Food Technol*. 2021;24:1-6.
21. Kousta M, Mataragas M, Skandomis P, Drosinos EH. Prevalence and sources of cheese contamination with pathogens at farm and processing levels. *Food Control* 2010;21(6):805-15.
22. Alves BG, Da Silva TH, Igarasi MS. Manejo de ordenha. *PUBVET* 2013;7(6):420-548.

Capítulo 37

DOI: 10.53934/IIICBPAV-37

PARÂMETROS FÍSICOS E DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE PÓS DE POLPA DE MANGA CV. *KEITT* LIOFILIZADA

Chrislanne Michelle Silva de Freitas; Henrique Valentim Moura*; Yaroslávia Ferreira Paiva; Francislaine Suelia dos Santos; Thalís Leandro Bezerra de Lima; Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo; Alexandre José de Melo Queiroz

** (corresponding author) – valentim_henrique@hotmail*

Resumo: Sabendo da importância da manga no mercado e do apreço dos consumidores pela mesma, é indispensável a busca por novos meios de utilização deste fruto em preparos alimentícios. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo a obtenção da polpa de manga sob a forma de pó, por meio de liofilização com três concentrações de adjuvantes de secagem (10, 20 e 30% de maltodextrina) e a avaliação suas propriedades físicas e granulométricas. A caracterização física ocorreu para os parâmetros de solubilidade, densidade aparente e compactada, higroscopicidade, índice de Carr (IC), fator de Hausner (FH), molhabilidade e rendimento, enquanto que a análise de granulometria ocorreu em peneiras de 32 a 150 mesh. Observou-se alta solubilidade dos pós, sendo possível relatar que o uso da maltodextrina resultou em pós menos higroscópicos e de melhor fluidez, além de aumento do rendimento. A análise granulométrica indicou pós entre finos e ultrafinos. Este estudo traz contribuições a comunidade acadêmica acerca da utilização do pó da polpa de manga para os mais diversos fins industriais, onde evidenciou-se que os pós deste estudo são ideias para preparos de alimentos instantâneos.

Palavras-chave: pó vegetal, secagem, solubilidade

Abstract: Recognizing the significance of mango in the market and consumers' preference for it, the pursuit of novel applications of this fruit in food preparations is imperative. In this context, the aim of this study was to obtain mango pulp in the form of powder through freeze-drying with three concentrations of drying adjuncts (10%, 20%, and 30% maltodextrin) and assess its physical and granulometric properties. Physical characterization encompassed parameters such as solubility, apparent and tapped density, hygroscopicity, Carr index (CI), Hausner ratio (HR), wettability, and yield. Additionally, granulometric analysis was performed using sieves ranging from 32 to 150 mesh. The results revealed high solubility of the powders, indicating that maltodextrin usage yielded less hygroscopic and more flowable powders, along with increased yield. The granulometric analysis indicated powders falling within the fine to ultrafine range. This study provides valuable insights to the academic community regarding the utilization of

mango pulp powder for various industrial purposes, demonstrating that the powders produced in this study are well-suited for instant food preparations.

Key Word: vegetable powder, drying, solubility

INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma importante fruta tropical, amplamente consumida, possuindo alto valor de mercado tanto nacionalmente quanto internacionalmente devido ao seu sabor e aroma únicos. Além disso, contém fibras, minerais, vitaminas e antioxidantes naturais, que possuem valor nutricional, e servem como boas fontes de compostos bioativos, como ácido ascórbico, vitamina E, β -caroteno e terpenóides (1).

A polpa de manga é um produto popular na indústria alimentícia, considerada uma fonte rica de fibras alimentares. Dada a sua natureza climatérica, a manga sofre diversas alterações físico-químicas, impulsionadas pela elevada atividade de água e atividade enzimática, que causam perdas de qualidade, problema comum em cerca de 50% das frutas tropicais (2).

Uma das formas mais efetivas de se aproveitar frutas é submetendo-as previamente a secagem, resultando em uma matéria-prima com baixa atividade de água, estável em temperatura ambiente e em condições físicas adequadas para a transformação em farinha, apresentação conveniente para compor misturas e preparados. Conforme Araújo Filho et al. (3) a secagem remove a umidade e possibilita a produção de um pó, resultando em um produto menos perecível e com menor volume, o que facilita o transporte e o armazenamento, com aumento do tempo de vida útil.

Neste sentido, estudos que busquem entender o comportamento dos pós de origem vegetal são extremamente importantes, pois servirão de suporte para a utilização dos mesmos nas diversas áreas industriais. Assim, este estudo teve como objetivo obter e caracterizar pós de polpa de manga liofilizada quanto aos parâmetros físicos, quando alteradas as proporções de adjuvantes de secagem.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Matéria-prima

A matéria-prima utilizada foi manga (*Mangifera indica* L.) cv. Keitt, em estágio de maturação maduras, proveniente da região de Petrolina – PE.

Processamento da manga

As mangas foram selecionadas manualmente, de forma a descartar os exemplares que se mostraram avariados fisicamente ou com aparência de podridão. Procedeu-se a sua higienização, com uma lavagem dos frutos em água corrente, seguida de sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm e enxaguadas em água corrente. Os frutos foram despulpados em uma despulpadeira tipo horizontal da marca Laboremus, com capacidade de produção de até 200 kg por hora, para obtenção da polpa integral. Posteriormente a polpa foi transferida para sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas em freezer a -20 °C, até o momento de utilização nos experimentos.

Elaboração das formulações

Foram elaboradas três formulações com a polpa de manga integral e adição de maltodextrina (Mor Rex®, Corn Products Brasil), com dextrose equivalente igual a 20 (DE-20), nas concentrações de 10, 20 e 30%.

Liofilização

Inicialmente a polpa de manga integral e as formulações elaboradas com a polpa de manga e com maltodextrina em diferentes concentrações (10, 20 e 30%) foram liofilizadas, transferidas para fôrmas de gelo em formato cilíndrico, com 1 cm de espessura, e congeladas em freezer a -20 °C, durante 48 h. Após esse período, as amostras foram dispostas em bandejas e levadas ao Liofilizador Terroni (modelo LS 3000) a uma temperatura de aproximadamente -50 °C e vácuo parcial de 120 µHg pelo período de 72 horas.

Após a liofilização as amostras secas foram maceradas em almofariz com pistilo para a obtenção dos pós.

Caracterização dos pós

A higroscopicidade das amostras em pó foi determinada de acordo com a metodologia proposta por (4) adaptada por (5). Amostras em pó de aproximadamente 1 g foram pesadas em placas de Petri, colocadas dentro de recipientes herméticos contendo solução saturada de NaCl (umidade relativa de aproximadamente 75,29% a 25 °C) e postos em estufa com temperatura controlada de 25 °C. Durante 7 dias as amostras foram pesadas e a higroscopicidade foi expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g/100g).

A análise de solubilidade baseou-se na determinação da porcentagem de material não solubilizado (insolubilidade) em um minuto de agitação (6). Foi calculado o percentual de material não solubilizado (INSOL) através da Equação 1, e subtraindo-se da insolubilidade obteve-se a solubilidade.

$$INS = \frac{m_2(1+UBS)}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

INS – insolubilidade (%)

m_1 – massa inicial da amostra (g)

m_2 – massa da amostra remanescente no papel de filtro (g)

USB – teor de água da amostra (base seca)

A densidade aparente (ρ_{ap}) das amostras em pó foi determinada colocando-se a amostra em uma proveta graduada até atingir um volume pré-determinado, a seguir foi pesada a massa para este volume e então calculada a densidade pela relação massa/volume. A densidade compactada (ρ_c) foi determinada a partir da densidade aparente, pegando-se a proveta com a amostra e submetendo-a ao batimento da proveta 50 vezes sobre a bancada a partir de uma altura pré-estabelecida (2,5 cm), repete-se o procedimento até obtenção do volume constante, anota-se o novo volume e calcula-se a densidade compactada pela relação entre a massa e o volume compactado (5, 7).

A partir dos dados de densidade aparente e densidade compactada das amostras em pó foram calculados o índice de Carr (Equação 2) e o fator de Hausner (Equação 3):

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_{ap}}{\rho_{ap}} 100 \quad (2)$$

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_{ap}} \quad (3)$$

Onde:

IC – índice de Carr (%)

FH – fator de Hausner

ρ_{ap} – densidade aparente (kg/cm³)

ρ_c - densidade compactada (kg/cm³)

Para a determinação da molhabilidade foi utilizado o método de Schubert (8), para tal foi pesado cerca de 1 g da amostra em pó e verteu-se em um béquer de 250 mL contendo 100 mL de água destilada a temperatura ambiente. O tempo necessário para o completo desaparecimento do pó da superfície do líquido em repouso foi cronometrado. A partir deste tempo e da massa da amostra foi calculada a taxa de molhabilidade de acordo com a Equação 4.

$$\text{Taxa de molhabilidade} = \frac{N}{t} \quad (4)$$

Onde:

N – número de gramas da amostra

t – tempo em minutos

O rendimento do pó foi calculado baseado na massa que é levada para a liofilização e a massa de pó que sai do processo.

A distribuição granulométrica ou distribuição do tamanho das partículas das amostras em pó foi determinada transferindo-se a amostra em pó para um conjunto de peneiras da série Tyler com as seguintes aberturas, de acordo com a granulometria da amostra: 32 mesh (0,500 mm), 35 mesh (0,425 mm), 42 mesh (0,355 mm), 48 mesh (0,300 mm), 60 mesh (0,250 mm), 65 mesh (0,212 mm), 80 mesh (0,180 mm), 100 mesh (0,150 mm), 115 mesh (0,125 mm) e 150 mesh (0,106 mm). Para essa análise foram utilizadas peneiras acopladas a um agitador (PAVITEST) ligado na velocidade máxima por 15 minutos. A quantidade de amostra retida em cada peneira foi quantificada e os resultados expressos percentualmente em relação a amostra utilizada, apresentados como a média de três repetições.

Análise estatística

Os dados das amostras em pó foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado, os quais foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Assistat versão 7.7 beta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 tem-se os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros físicos das formulações de manga cv. Keitt liofilizadas.

Tabela 1. Parâmetros físicos das formulações de manga cv. Keitt liofilizadas.

Parâmetro	Concentração de maltodextrina (%)			
	0 (integral)	10	20	30
Solubilidade (%)	84,87 ± 1,06 b	89,77 ± 0,13 a	89,90 ± 0,10 a	89,33 ± 0,07 a
Densidade aparente (g/cm ³)	0,46 ± 1,06 a	0,47 ± 0,05 a	0,41 ± 0,05 b	0,45 ± 0,02 ab
Densidade compactada (g/cm ³)	0,70 ± 0,01 a	0,64 ± 0,01 ab	0,60 ± 0,01 b	0,65 ± 0,01 ab
Higroscopicidade (g/100g)	30,03 ± 1,98 a	25,96 ± 2,14 b	26,36 ± 0,67 b	24,84 ± 0,98 b
Índice de Carr	50,02 ± 0,01 a	25,52 ± 0,91 c	46,34 ± 0,03 ab	43,54 ± 0,01 b
Fator de Hausner	1,50 ± 0,56 a	1,25 ± 0,01 c	1,46 ± 0,53 ab	1,43 ± 0,53 b

Molhabilidade (g/min)	0,72 ± 0,01 a	0,75 ± 0,01 a	0,41 ± 0,01 b	0,49 ± 0,01 b
Rendimento (%)	21,23 ± 0,01 d	24,35 ± 0,01 c	29,21 ± 0,01 b	34,13 ± 0,01 a

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A solubilidade é uma propriedade física útil para prever a capacidade de absorção e distribuição do material em meio aquoso (9). Observa-se que a solubilidade variou de 84,87% a 89,90%, com a menor solubilidade para o pó da manga integral e os maiores valores nos pós com maltodextrina, sem, no entanto, apresentarem diferenças significativas entre as amostras com maltodextrina. Com isso, pode-se ressaltar que os pós obtidos possuem boa solubilidade em água. A alta solubilidade dos pós deste estudo é propícia ao uso em alimentos instantâneos (10).

As densidades aparentes e compactadas não seguiram um padrão com o aumento da concentração de maltodextrina, mesmo a análise estatística tendo apontado algumas diferenças significativas, os valores encontrados foram muito próximos. A densidade aparente variou de 0,41 a 0,47 g/cm³, valores próximos foram quantificados para os pós de pitanga (0,354-0,428 g/cm³) e de jabuticaba (0,304-0,333 g/cm³) com adição de 5 e 10% de maltodextrina obtidos em secador por aspersão (11). Valores de densidade aparente são importantes, pois maiores densidades aparentes facilitam o processo de embalagem, evitando a agregação de partículas (12).

Nas análises de higroscopicidade, diferiu-se estatisticamente somente o pó sem maltodextrina, que apresentou maior valor. Os pós foram caracterizados de acordo com a indicação de Oliveira (13), que usou a classificação de GEA Niro Research Laboratory para soro em pó, que também é aplicada para outros produtos. Conforme essa classificação e os dados adquiridos, apenas o pó com 30% é tido como muito higroscópico (20,1-25,0), os demais foram identificados como extremamente higroscópicos (>25,0). Segundo Jaya e Das (14) a higroscopicidade é a habilidade do produto em pó de absorver umidade da umidade relativa do ambiente, logo a influência da maltodextrina no pó com maior proporção admite sua eficácia como agente carreador, resultado semelhante aos observado por Tonon et al. (5) em estudo do açaí em pó produzido por secagem por atomização.

O índice de Carr (IC) é utilizado para avaliar indiretamente as propriedades de fluxo de pós. Segundo Santhalakshmy et al. (15) valores de IC menores que 15% são indicativos de fluxo excelente, entre 20 e 35% indicam um fluxo moderado, entre 35 e 45% de fluxo ruim e acima de 45% são atribuídos a materiais cuja fluidez é muito ruim. De acordo com esta classificação o pó com 10% de adição de maltodextrina apresentou-se com capacidade de fluidez moderada, o pó com 30% de maltodextrina com fluidez ruim e os pós da polpa integral e com 20% de maltodextrina com fluidez muito ruim.

O Fator de Hausner (FH) avalia a coesividade do material, sendo verificado uma tendência de redução com o aumento da concentração de maltodextrina. Verifica-se que os pós com maltodextrina apresentaram FH entre 1,25 e 1,4 indicando que são pós de

fluidez difícil e o pó da manga integral apresentou FH maior que 1,4 sendo classificado como de fluidez muito difícil (7).

Verifica-se que os maiores valores da molhabilidade foram do pó da polpa integral e do pó com 10% de maltodextrina e os menores dos pós com 20 e 30% de maltodextrina. Os valores de molhabilidade estão ligados às características físico-químicas do material, bem como a fatores físicos, especialmente tamanho e forma das partículas, e temperatura da água de reconstituição (16).

Observa-se que o rendimento aumentou com o aumento da concentração de maltodextrina, com valores variando entre 21,23 a 34,13%. Valores inferiores foram quantificados para os pós da polpa de manga da variedade Haden desidratada pelo método de secagem em camada de espuma (camada de 1,5 cm) que variou de 18,2 a 19,26% (17). O teor de agente carreador influencia diretamente no rendimento dos pós obtidos, conforme estudo de Shishir e Chen (18), que apontam que até 20% de aditivo podem ocasionar melhoras no rendimento, mas quando em quantidades excessivas o rendimento é afetado de forma negativa.

Na Figura 2 está representada a distribuição granulométrica dos pós obtidos pelo processo de liofilização da polpa de manga cv Keitt.

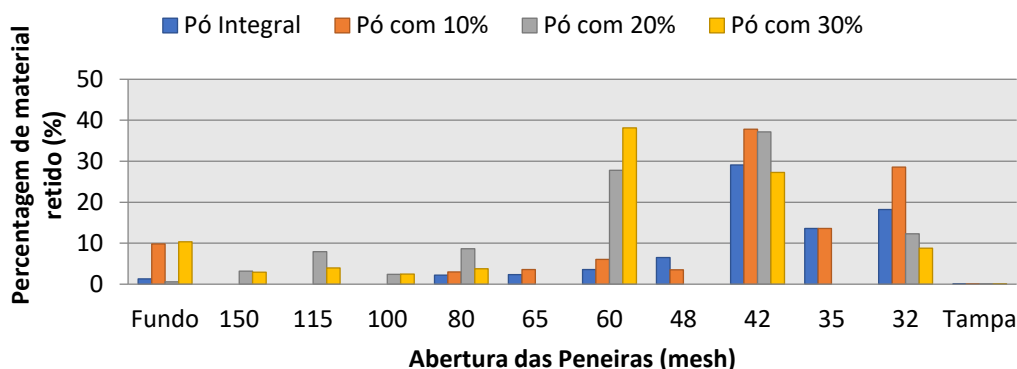


Figura 1. Distribuição Granulométrica dos pós de manga cv Keitt obtidos pelo processo de liofilização.

Verifica-se que os pós da polpa integral, com 10 e 20% de maltodextrina ficaram retidos em maior percentagem na peneira com 42 mesh (0,355 mm), caracterizando-os como produtos finos e o pó com 30% de maltodextrina classificado como ultrafino, de acordo com Taunous e Rocha (19) (Sólidos Grosseiros retidos em peneiras abaixo de 4 mesh; Finos se retidos em peneiras entre 4 mesh a 48 mesh; e Ultra-finos se retidos em peneiras entre 48 a 400 mesh).

CONCLUSÕES

Conclui-se que a alta solubilidade observada nos pós propicia seu uso em preparações instantâneas.

A maltodextrina foi eficiente em diminuir a higroscopicidade dos pós, melhorar a fluidez dos mesmos e aumentar o rendimento.

A análise granulométrica revelou pós finos e ultrafinos, ideais para diversas formulações na área alimentícia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Campina Grande pela infraestrutura de pesquisa. O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

1. Laophongphit A, Siripornadulsil S, Siripornadulsil W. Improvements in the functions of probiotic-based mango pulp rich in phenolic and proline antioxidants by treatment with pectinase and fermentation with lactic acid bacteria. *LWT*, 2023;181: 114756.
2. Barrón-García OY, Gaytán-Martínez M, Ramírez-Jiménez AK, Luzardo-Ocampo I, Velazquez G, Morales-Sánchez E. Physicochemical characterization and polyphenol oxidase inactivation of Ataulfo mango pulp pasteurized by conventional and ohmic heating processes. *LWT*, 2021;143: 111113.
3. Araújo Filho DG, Eidam T, Borsato AV, Raupp D da S. Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. *Acta Sci. Agron*, 2011; 33(2): 207-214.
4. Cai YZ, Corke H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. *J. Food Sci.*, 2000; 65(6):1248-1252.
5. Tonon, RV. Secagem por atomização do suco de açaí: Influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto [tese]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2009.
6. Dacanal GC, Menegalli FC. Experimental study of fluidized bed agglomeration of acerola powder. *Braz. J. Chem. Eng*, 2008; 25(1):51-58.

7. Tze NL, Han CP, Yusof YA, Ling CN, Talib RA, Taip FS, Aziz MG. Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. *Food Sci. Biotechnol.*, 2012; 21(3): 675-682.
8. Schubert H. Processing and properties of instant powdered foods. *Food Process Eng.*, 1980; 1: 675-684.
9. Melo AM, Barbi RCT, Costa BP, Ikeda M, Carpiné D, Ribani RH. Valorization of the agro-industrial by-products of bacupari (*Garcinia brasiliensis* (Mart.)) through production of flour with bioactive properties. *Food Biosci.*, 2022; 45: 101343.
10. Bezerra CV, Amante ER, Oliveira DC, Rodrigues AMC, Silva LHM. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed - effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. *Ind Crops Prod.*, 2013; 41: 241-249.
11. Lancha JP, Germer SPM, Dea RCD, Ferrari CC, Alvim ID. Desidratação de polpa de pitanga e jabuticaba em spray drier: condições de processo e propriedades físico-químicas do pó. In: Congresso Interinstitucional De Iniciação Científica, 6., 2012. Anais... Jaguariúna: CIIC, 2012
12. Alam M, Biswas M, Hasan MM, Hossain MF, Zahid MA, Al-Reza MS, Islam, T. Quality attributes of the developed banana flour: Effects of drying methods. *Heliyon*, 2023; 9(7).
13. Oliveira GS, Costa JMC, Afonso MRA. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. *Agriambi*, 2014; 18(10): 1059-1064.
14. Jaya, S.; Das, H. Glass transition and sticky point temperatures and stability/mobility diagrama of fruit powders. *Food Bioproc Tech*, 2009; 2: 89-95.
15. Santhalakshmy S, Bosco SJD, Francis S, Sabeena M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technol.*, 2015; 274: 37-43.
16. Santos FS, Figueirêdo RMF, Lima TLB, Lima ARC, Queiroz AJM. Caracterização física de farinha de amêndoas de manga. In: Congresso Técnico E Científico Da Engenharia E Da Agronomia – CONTECC, Anais... Maceió-AL, 2018.

17. Silva Filho, E. D. Obtenção e avaliação da qualidade da polpa da manga CV. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma [tese]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2012.







18. Shishir MRI, Chen, W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends Food Sci Technol*, 2017; 65: 49-67.

19. Tannous K, Rocha SC. Dinâmica de sistemas sólido-fluido [internet]. 2023 [Acesso em 02 out. 2023]. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/244606131/Capitulo-10-Escoamento-de-fluidos-em-leitos-fixos-e-colunas-recheadas-pdf>.

Capítulo 38

DOI: 10.53934/IIICBPAV-38

POLPA DE MANGA CV. *KEITT* LIOFILIZADA

Chrislaine Michelle Silva de Freitas ; Yaroslávia Ferreira Paiva *;
Francislaine Suelia dos Santos ; Lumara Tatiely Santos Amadeu ; Thalís
Leandro Bezerra de Lima ; Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo ; Alexandre
José de Melo Queiroz 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: yaroslaviapaiva@gmail.com

Resumo: Os alimentos em pó são cada vez mais empregados na indústria alimentícia em virtude da facilidade dos processos e redução de despesas. Sendo assim, objetivou-se avaliar as características químicas, físicas e físico-químicas da polpa de manga cv. Keitt integral e com adição de maltodextrina em diferentes concentrações (10, 20 e 30%) e dos pós produzidos a partir da liofilização. Inicialmente a polpa de manga integral e as formulações elaboradas foram transferidas para formas de gelo em formato cilíndrico, com 1 cm de espessura, e congeladas em freezer a -20 °C, durante 48 h. Após esse período, as amostras foram dispostas em bandejas e levadas ao Liofilizador a uma temperatura de aproximadamente -50 °C e vácuo parcial de 120 µHg pelo período de 72 horas. Após a liofilização as amostras secas foram maceradas em almofariz com pistilo para a obtenção dos pós. Na polpa de manga integral e nas formulações foram determinadas, em triplicata, o teor de água, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (°Brix), teor de ácido ascórbico, atividade de água e os parâmetros de cor (L*, a*, b*). Conclui-se que a liofilização da manga cv. Keitt é efetiva, uma vez que provocou a redução do teor de água e atividade de água do material, possibilitando melhores condições de armazenamento, transporte e distribuição, além de uma melhor vida útil.

Palavras-chave: ácido ascórbico; luminosidade; *Mangifera indica* L.; secagem

Abstract: Powdered foods are increasingly being used in the food industry due to their ease of processing and cost savings. The aim of this study was to evaluate the chemical, physical and physicochemical characteristics of whole Keitt mango pulp and mango pulp with the addition of maltodextrin in different concentrations (10, 20 and 30%) and powders produced from freeze-drying. Initially, the whole mango pulp and the prepared formulations were transferred to cylindrical ice molds, 1 cm thick, and frozen in a freezer at -20 °C for 48 hours. After this period, the samples were placed in trays and taken to the freeze-dryer at a temperature of approximately -50 °C and a partial vacuum of 120 µHg for 72 hours. After freeze-drying, the dried samples were macerated in a mortar and pestle to obtain powders. The water content, pH, total titratable acidity, total soluble solids (°Brix), ascorbic acid content, water activity and color parameters (L*, a*, b*) were determined in triplicate for the whole mango pulp and the formulations. It can be concluded that the freeze-drying of Keitt mangoes is effective, since it has reduced the

water content and water activity of the material, enabling better storage, transport and distribution conditions, as well as a better shelf life.

Key Word: ascorbic acid; luminosity; *Mangifera indica* L.; drying

INTRODUÇÃO

Em razão do excelente sabor aliado às boas características nutritivas (rica em cálcio, ferro, proteínas, lipídios e vitaminas A) e funcionais da manga, a mangicultura tem ganhado importância econômica, estando entre as dez culturas mais plantadas no mundo, em aproximadamente 94 países. Devido ao clima propício, a cultura da manga se apresenta como uma das principais culturas nas regiões tropicais e o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de manga do mundo, sendo esta cultura de grande importância para a economia do país (1).

As variedades mais cultivadas no mercado brasileiro são Tommy Atkins, Palmer, Haden, Keitt e Kent. A cultivar Keitt apresenta uma boa conservação pós-colheita, porém é bastante susceptível a desordens fisiológicas conhecidas como colapso interno, corte negro e nariz mole (2).

No período de safra, por se tratar de uma fruta perecível, uma grande parte dessas mangas é desperdiçada por conta da impossibilidade de se conseguir comercializar toda a produção *in natura*. Logo, o estudo de processos que minimizem essas perdas, se faz necessário. Diante disso uma forma de processamento que poderia ser aplicado seria a desidratação da polpa da manga.

Diferentes técnicas podem ser usadas para secar frutas e vegetais, porém o processo de liofilização supera todos os outros métodos de secagem em termos de rendimento e qualidade do produto final (3). Contudo, a adição de um agente carreador na liofilização é indispensável da maioria das polpas de frutas, visto que esses materiais, por conter alto teor de açúcares, são propícios a caramelização, inviabilizando o processo (4). Um dos principais aditivos utilizados na liofilização são as maltodextrinas, compreendem amidos hidrolisados de trigo, batata e milho, com diferentes graus de dextrose equivalente e são amplamente utilizadas em razão de possuírem alta solubilidade em água, baixa viscosidade, são insípidas, facilmente biodegradáveis e tem custo baixo, sendo comumente utilizadas isoladamente ou em combinação com outras substâncias (5).

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo liofilizar a polpa de manga cv. Keitt integral e com adição de maltodextrina em diferentes concentrações (10, 20 e 30%) e avaliar as características dos pós produzidos.

MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada foi manga (*Mangifera indica* L.) cv. Keitt, em estágio de maturação maduras, proveniente da região de Petrolina, Pernambuco.

As mangas foram selecionadas manualmente, de forma a descartar os exemplares que se mostraram avariados fisicamente ou com aparência de podridão. Procedeu-se a sua higienização, com uma lavagem dos frutos em água corrente, seguida de sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm e enxaguadas em água corrente.

Os frutos foram despulpados em uma despulpadeira tipo horizontal da marca Laboremus, com capacidade de produção de até 200 kg por hora, para obtenção da polpa integral. Posteriormente a polpa foi transferida para sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas em freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o momento de utilização nos experimentos.

Em seguida, foram elaboradas três formulações com a polpa de manga integral e adição de maltodextrina (Mor Rex®, Corn Products Brasil), com dextrose equivalente igual a 20, nas concentrações de 10, 20 e 30%.

Liofilização

Inicialmente a polpa de manga integral e as formulações elaboradas foram transferidas para formas de gelo em formato cilíndrico, com 1 cm de espessura, e congeladas em freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 48 h. Após esse período, as amostras foram dispostas em bandejas e levadas ao Liofilizador Terroni (modelo LS 3000) a uma temperatura de aproximadamente $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e vácuo parcial de 120 μHg pelo período de 72 horas.

Após a liofilização as amostras secas foram maceradas em almofariz com pistilo para a obtenção dos pós.

Caracterização da polpa de manga integral, das formulações e dos pós produzidos

Na polpa de manga integral e nas formulações foram determinadas, em triplicata, o teor de água, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) de acordo com as metodologias descritas no manual do Instituto Adolfo Lutz (6). O ácido ascórbico foi determinado de acordo com a metodologia da AOAC (7) modificada por Benassi e Antunes (1988) utilizando como solução extratora o ácido oxálico.

A atividade de água foi determinada por medida direta em analisador Aqualab, modelo 3TE fabricado por Decagon, na temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$; e os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) no espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus.

Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado, os quais foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Assistat versão 7.7 beta (8).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados médios da caracterização química, física e físico-química da polpa de manga integral e das formulações com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 20 e 30%).

O valor médio encontrado para o teor de água da polpa de manga integral foi de 82,70%, próximo ao determinado para a polpa de manga da variedade Espada de 81,93% (9) e para a manga da variedade Tommy Atkins com um teor de água de 83,93% (10); e superior ao da variedade Ubá com um teor de água de 79,8% (11).

Avaliando-se o teor de água verifica-se que à medida que a quantidade de maltodextrina aumenta o teor de água diminui significativamente, o que era esperado, devido ao aumento dos sólidos nas formulações. O mesmo comportamento foi encontrado por Diógenes et al. (12) para a polpa de manga cv. Haden formulada com a adição de 30% de maltodextrina. De maneira inversa os sólidos totais aumentaram com o aumento da concentração de maltodextrina.

Tabela 1. Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos da polpa de manga cv. Keitt integral e das formulações com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 20 e 30%).

Parâmetro	Concentração de maltodextrina (%)			
	0 (integral)	10	20	30
Teor de água (%)	82,70 ± 0,19 a	75,59 ± 0,07 b	69,59 ± 0,23 c	64,43 ± 0,09 d
Sólidos totais (%)	17,30 ± 0,19 d	24,41 ± 0,07c	30,4 ± 0,23 b	35,57 ± 0,09 a
pH	4,47 ± 0,01 ab	4,48 ± 0,01a	4,47 ± 0,00 b	4,48 ± 0,01 a
Atividade de água (a_w)	0,992 ± 0,01 a	0,986 ± 0,01ab	0,985 ± 0,01 ab	0,979 ± 0,01 b
Acidez total titulável (% de ac. cítrico)	0,30 ± 0,01 a	0,28 ± 0,01ab	0,26 ± 0,01 bc	0,25 ± 0,01 c
Ácido ascórbico (mg/100 g)	0,66 ± 0,01 a	0,54 ± 0,05 b	0,44 ± 0,05 bc	0,38 ± 0,05 c
Sólidos solúveis totais (°Brix)	12,70 ± 0,57 d	20,8 ± 0,28 c	26,8 ± 0,28 b	32,17 ± 0,28 a
Luminosidade (L^*)	51,11 ± 0,07 a	49,52 ± 0,09 b	46,89 ± 0,22 c	40,87 ± 0,09 d
Intensidade de vermelho (+a*)	14,82 ± 0,05 a	14,61 ± 0,02 a	13,42 ± 0,29 b	11,94 ± 0,04 c
Intensidade de amarelo (+b*)	56,41 ± 0,06 a	53,26 ± 0,23 ab	52,38 ± 3,88 ab	48,63 ± 0,03 b

Obs.: médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a legislação brasileira atual para a polpa de manga (13) o pH deve ser entre 3,3 e 4,5, estando a polpa integral cv. Keitt dentro desta faixa (4,47). Valor igual foi determinado por Vidal et al. (14) também para a manga cv. Keitt; e valores próximos foram quantificados para a manga cv. Haden com pH de 4,53 (15).

Observa-se que o pH da polpa integral e das formulações variou entre 4,47 e 4,48, indicando que não houve influência da adição da maltodextrina no pH da polpa de manga para a faixa de concentração avaliada.

A atividade de água da polpa integral foi 0,992, sendo semelhante ao valor de 0,993 da variedade Tommy Atkins (16) e alta como na maioria das polpas de frutas. Constata-se tendência de redução da atividade de água com o aumento da concentração de maltodextrina. O que era esperado em razão do aumento do teor de sólidos.

A acidez total titulável da polpa integral foi de 0,30% de ácido cítrico, estando um pouco abaixo do padrão estabelecido pelo Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Manga (13) que indica um valor mínimo de 0,32% de ácido cítrico. Valores superiores foram quantificados por Moreira et al. (17) e Bezerra et al. (10) para a variedade Tommy Atkins com uma acidez total titulável de 0,47% e 0,40 de ácido cítrico, respectivamente. Nota-se uma tendência de redução da acidez com o aumento da concentração de maltodextrina. Este resultado era esperado em razão da maltodextrina reduzir, na polpa formulada, a concentração dos ácidos orgânicos presentes (12). Esse mesmo comportamento foi reportado por Oliveira et al. (18) na comparação entre a polpa de pitanga integral e a formulada com 15% de maltodextrina.

Nota-se que o teor do ácido ascórbico da polpa integral foi superior ao das formuladas, mostrando que a adição de maltodextrina influenciou nesse parâmetro. Os baixos valores de ácido ascórbico se justificam devido ao tempo no freezer em que as polpas ficaram armazenadas, assemelhando-se aos resultados obtidos por Brunini et al. (19) que, ao analisar as alterações em polpa de manga Tommy Atkins congelada, constatou uma diminuição significativa da quantidade de ácido ascórbico

Em relação à quantidade de sólidos solúveis totais (SST) da polpa integral o resultado foi semelhante ao encontrado por Moreira et al. (17) que foi de 12,80 °Brix e por Bezerra et al. (10) que foi de 12,60 °Brix, ambos para a variedade Tommy Atkins. Valores superiores foram encontradas por Bezerra (9) para as variedades Coité e Espada que foram de 13,08 °Brix e 16,65 °Brix, respectivamente; e por Vidal et al. (14) para a manga cv Keitt com valor de 16,60 °Brix. A legislação atual para polpa de manga (13) exige a quantidade mínima de SST de 11,00 °Brix, estando o teor de SST encontrado em concordância com a mesma. O teor de sólidos solúveis totais na manga pode servir como um indicador de doçura dos frutos. Os valores médios de sólidos solúveis totais (SST) entre a polpa integral e as formuladas apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, indicando que o aumento da concentração de maltodextrina aumenta o teor de SST. Comportamento similar foi verificado por Oliveira (20) ao comparar a polpa de cajá integral e as formuladas com maltodextrina obtendo valores superiores de SST nas amostras com maiores concentrações do aditivo.

A avaliação colorimétrica mostrou um valor médio de 51,11 para a luminosidade (L^*), 14,82 para a intensidade de vermelho ($+a^*$) e 56,41 para a intensidade de vermelho ($+b^*$), indicando que a polpa da manga cv. Keitt apresenta coloração amarelo-alaranjado, resultado da predominância da cor amarela sobre a vermelha.

Analisando-se os parâmetros de cor entre a polpa de manga integral e as formulações observa-se tendência de redução de L^* , $+a^*$ e $+b^*$ com o aumento da concentração de maltodextrina. O mesmo foi descrito por Diógenes et al. (12) e por Oliveira et al. (18) em suas pesquisas com polpa de manga da variedade Haden e polpa de pitanga, respectivamente, ambas usando maltodextrina como aditivo. Este comportamento era esperado em razão da cor creme da maltodextrina

Tem-se na Tabela 2 os resultados médios da caracterização química, física e físico-química das amostras em pó produzidas a partir da liofilização da polpa integral e das formulações.

Verifica-se que houve tendência de redução do teor de água e da atividade de água com o aumento da concentração de maltodextrina, o que era esperado em razão da maior

concentração de sólidos. O mesmo foi observado por Ferrari et al. (21) em sua pesquisa de secagem por atomização da amora-preta usando maltodextrina em diferentes concentrações (5,15 e 25%) como agente carreador.

Tabela 2. Valores médios e desvios padrão das características químicas, físicas e físico-químicas das amostras em pó.

Parâmetro	Concentração de maltodextrina (%)			
	0 (integral)	10	20	30
Teor de água (%)	5,46 ± 0,12 a	4,94 ± 0,13 a	3,02 ± 0,10 b	2,72 ± 0,07 b
Sólidos totais (%)	94,36 ± 1,06 b	94,97 ± 0,05 b	94,97 ± 0,05 b	97,27 ± 0,01 a
pH	4,61 ± 0,01 b	4,62 ± 0,01 ab	4,62 ± 0,01 ab	4,62 ± 0,01 a
Atividade de água (a _w)	0,212 ± 0,01 a	0,209 ± 0,01 a	0,152 ± 0,01 b	0,106 ± 0,01 c
Acidez total titulável (% de ac. cítrico)	1,79 ± 0,01 a	1,20 ± 0,01 b	0,87 ± 0,03 c	0,77 ± 0,01 d
Ácido ascórbico (mg/100 g)	8,45 ± 0,56a	5,03 ± 0,01b	4,88 ± 0,53b	3,97 ± 0,53b
Luminosidade (L*)	69,92 ± 0,32 d	74,63 ± 0,03 c	80,48 ± 0,07 b	81,27 ± 0,01 a
Intensidade de vermelho (+a*)	12,90 ± 0,05 a	10,42 ± 0,04 b	4,63 ± 0,15 c	4,21 ± 0,10 d
Intensidade de amarelo (+b*)	55,19 ± 0,08 a	52,34 ± 0,07 b	37,17 ± 0,22 c	36,44 ± 0,11 d

Obs.: médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O potencial hidrogeniônico (pH) praticamente não sofreu alteração com a adição da maltodextrina, variando de 4,61 a 4,62, condição equivalente ao relatado por Cavalcanti Mata et al. (2005) ao obter a polpa da graviola em pó, ambos se caracterizando como pós de baixa acidez (pH > 4,5). Observa-se um pequeno aumento do pH dos pós em comparação das polpas de manga integral e formuladas antes da liofilização.

Com relação à acidez total titulável foi um valor de 1,79% de ácido cítrico para a polpa integral, inferior ao estipulado por Bezerra et al. (9) que obteve 2,16 e 2,17 % de ácido cítrico para as polpas de manga da variedade Coité e Espada, nesta ordem. Constatou-se uma redução com o aumento da concentração da maltodextrina isto ocorreu em razão da diluição dos ácidos orgânicos presentes na polpa.

Comparando-se os valores de ácido ascórbico entre a polpa e formulações com os pós verifica-se que houve uma concentração do ácido ascórbico por causa da redução do teor de água. Resultado semelhante ao encontrado por Moreira et al. (17) ao comparar a manga cv. Tommy Atkins *in natura* e a liofilizada, tendo sido justificado pelo fato da liofilização reter grandes quantidades de ácido ascórbico e outros ácidos orgânicos. No pó da polpa integral o teor de ácido ascórbico foi superior ao dos pós com maltodextrina.

Observando os valores médios dos parâmetros da cor, verifica-se um aumento da luminosidade L* e diminuição da intensidade de vermelho (+a*) e amarelo (+b*) com o aumento da concentração de maltodextrina. Alberton (16) sugere que, uma vez que o β -caroteno é o principal pigmento presente em mangas *in natura* e que o mesmo apresenta coloração laranja, essa diminuição mostra a ocorrência da degradação deste composto com o processo de liofilização. Mesmo assim ainda há predominância da cor amarela sobre a vermelha, caracterizando os pós (Figura 1) com coloração amarelo-alaranjado.

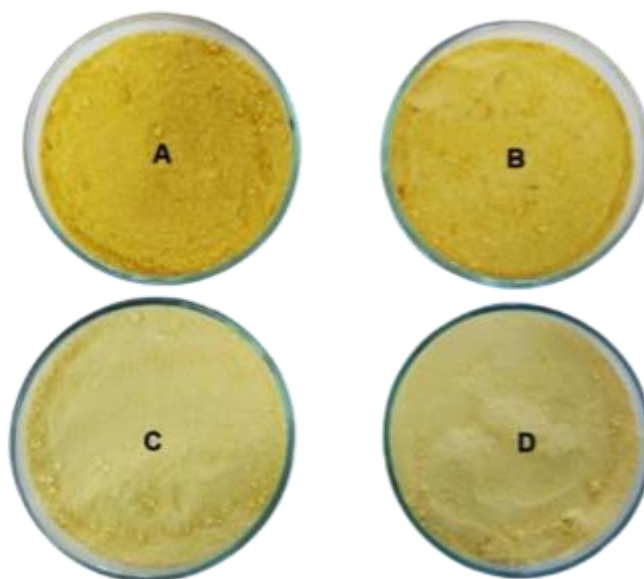


Figura 1 - Pós de manga obtidos por liofilização da polpa de manga (A) integral; (B) 10% de maltodextrina; (C) 20% de maltodextrina e (D) 30% de maltodextrina.

CONCLUSÕES

A liofilização da manga cv. Keitt é efetiva, uma vez que provocou a redução do teor de água e atividade de água do material, possibilitando melhores condições de armazenamento, transporte e distribuição, além de uma melhor vida útil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Campina Grande pela a infraestrutura de investigação. O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio a este estudo e pela bolsa de pesquisa (PIBIC/CNPq-UFCG e PQ/CNPq/UFCG).

REFERÊNCIAS

1. FAO -Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019). The State of Food Security and Nutrition in the World: Safeguarding against economic slowdowns and downturns. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf> Acesso em: 20 agosto. 2023.
2. Guimarães, MKA, Figueirêdo, RMF; Queiroz, AJM. Foam-mat drying kinetics of keitt mango pulp. *Revista Caatinga*, 2017; 30: 172-180.
3. Yamamoto, Y, Fong-In, S, Kawai, K. Optimum physical properties of fruit puree for freeze-drying: effect of pulp content on freeze-concentrated glass transition temperature and yield stress of Mango puree. *Journal of Food Engineering*, 2021; 307: 110649.
4. Paiva, YF, Figueirêdo, RMF, Queiroz, AJM, Santos, FSD, Amadeu, LTS, Lima, AGB, Leão, DAS. Maltodextrin as a Drying Adjuvant in the Lyophilization of Tropical Red Fruit Blend. *Molecules*, 2023; 28(18): 6596.
5. Šturm, L, Črnivec, IGO, Istenič, K, Ota, A, Megušar, P, Slukan, A, Ulrih, NP. Encapsulation of non-dewaxed propolis by freeze-drying and spray-drying using gum Arabic, maltodextrin and inulin as coating materials. *Food and Bioproducts Processing*, 2019; 116: 196-211.
6. IAL – Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. Edição eletrônica. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
7. AOAC INTERNATIONAL. Official Methods of Analysis of the AOAC International. 18th ed., 3rd rev. Gaithersburg, MD, 2010.
8. Silva, FAS, Azevedo, CAV. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, 2016; 11(39): 3733-3740.
9. Bezerra, TS, Costa, JMC, Afonso, MRA, Maia, GA, Rocha, EMFF. Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades coité e espada e avaliação das características físico-químicas. *Ciência Rural*, 2010; 40(10): 2186-2192.

10. Bezerra, TS, Costa, JMC, Afonso, MRA, Maia, GA, Clemente, E. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. *Revista Ceres*, 2011; 58: 278-283.
11. Faraoni, As, Ramos, Am, Stringheta, Pc. Caracterização da manga orgânica cultivar Ubá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 2009; 11(1): 9-14.
12. Diógenes, Amg, Figueirêdo, Rmf, Sousa, Abb. Análise comparativa de polpas de manga 'Haden' integral e formulada. *Agropecuária Técnica*, 2015; 36(1): 30-34.
13. Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Leis, Decretos, etc. Instrução Normativa Nº 1, de 7 de janeiro de 2000. **Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas**. Diário Oficial da União, Nº 6, Brasília, 10 de janeiro de 2000. Seção 1, p. 54-58.
14. Vidal, J. R. M. B.; Sierakowski, M. R.; Haminiuk, C. W. I.; Masson, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada. *Ciência e Agrotecnologia*, 2016; 30(5): 955-960.
15. Duarte, MEM, Mata, MERMC, Agra, NG. Comparação entre as características físico-químicas da manga-passa e manga liofilizada. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 2006; 8(1): 21-30.
16. Alberton C. M. A. Caracterização da manga Tommy Atkins in natura e após a liofilização. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR. 2015. 53f.
17. Moreira, TB, Rocha, EMFF, Afonso, MRA, Costa, JMC. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2013; 17(10): 1093-1098.
18. Oliveira, FMN, Figueirêdo, RMF, Queiroz, AJM. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 2016; 8(1): 25-33.
19. Brunini, MA, Durigan, JF, Oliveira, AL. Avaliação das alterações em polpa de manga 'Tommy-Atkins' congeladas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2012; 24(3): 651-653.
20. Oliveira, GS, Costa, JMC, Afonso, MRA. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2014; 18(10): 1059-1064.
21. Ferrari, CC, Ribeiro, CP, Aguirre, JM. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. *Brazilian Journal of Food Technology*, 2012; 15(2): 157-165.

Capítulo 39

DOI: 10.53934/IIICBPAV-39

A TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE E A FORMAÇÃO DO FLAVOR - ACEITAÇÃO A CARNE BOVINA

Murilo Augusto Tagiariolli *; Rafaela Cristina Rodrigues ; Daniela Alvarado Vesga ; Gabriela Belinassi Orsi ; Juliana Akamine Torrecilhas ; Welder Angelo Baldassini ; Luis Artur Loyola Chardulo 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: murilo.tagiariolli@unesp.br

Resumo: O sabor da carne bovina tem tomado destaque na decisão de compra pelos consumidores que estão cada vez mais exigentes por um produto de qualidade. Os seres humanos sentem os sabores básicos pelas papilas gustativas e os aromas nos receptores nasais e sinusais. O flavor é gerado a partir de complexas interações de sabores e aromas através de compostos presentes na carne bovina. A transformação do músculo em carne envolve vários processos bioquímicos que contribuem para a formação de sabor e aroma, incluindo a degradação de proteínas, a oxidação lipídica e a formação de compostos voláteis. Durante a transformação do músculo em carne, ocorrem várias mudanças, como a redução do pH, a diminuição do teor de água e a quebra de proteínas em peptídeos e aminoácidos. Tanto a maturação dry-aged quanto a wet-aged deixam a carne macia e alteram o flavor devido à quebra das proteínas e desenvolvimento de precursores de sabor. A maturação dry-aged produz um sabor mais intenso e concentrado, enquanto a wet-aged produz uma carne suculenta, com sabor menos intenso. Entender o processo e os precursores do sabor da carne bovina é crucial para proporcionar uma experiência gastronômica satisfatória ao consumidor. As pesquisas nessa área buscam avançar para compreender os fatores que afetam o sabor e melhorar os métodos de produção e processamento de carne, a fim de oferecer produtos mais saborosos e saudáveis.

Palavras-chave: ácidos graxos; aminoácidos; análise sensorial; maturação; vitaminas

Abstract: The flavor of beef has become prominent in the purchasing decision of consumers who are increasingly demanding for a quality product. Humans sense basic flavors through taste buds and aromas through nasal and sinus receptors. Flavor is generated from complex interactions of flavors and aromas through compounds present in beef. The transformation of muscle into meat involves several biochemical processes that contribute to the formation of flavor and aroma, including protein degradation, lipid oxidation, and volatile compound formation. During the transformation of muscle into meat, several changes occur, such as a reduction in pH, a decrease in water content, and the breakdown of proteins into peptides and amino acids. Both dry-aged and wet-aged

methods result in tender meat and alter the flavor due to protein breakdown and development of flavor precursors. Dry-aged aging produces a more intense and concentrated flavor, while wet-aged produces juicy meat with a less intense flavor. Understanding the process and flavor precursors of beef is crucial to provide a satisfying gastronomic experience to consumers. Research in this area continues to advance to understand the factors that affect flavor and improve meat production and processing methods to offer more delicious and healthier products.

Key Word: amino acids; fatty acids; maturation; sensory analysis; vitamins

INTRODUÇÃO

Segundo os consumidores, a maciez é o aspecto mais importante na qualidade de carne e, geralmente, o sabor é considerado de importância secundária (1). Entretanto, evidências mostram que o sabor vem tomando papel importante na decisão de compra pelos consumidores pelo fato de estarem mais exigentes, buscando produtos de melhor qualidade (2,3).

O produto carne é composto basicamente por água, proteínas, lipídios, carboidratos, minerais e vitaminas e destes, proteínas, lipídios e carboidratos exercem papel fundamental no desenvolvimento do *flavor*, pelo fato de possuírem inúmeros compostos que, quando transformados, tornam-se importantes precursores de sabor (1,3).

Um dos fatores que mais afetam o *flavor* da carne é a sua composição química, que inclui aminoácidos, ácidos graxos, nucleotídeos, carboidratos, vitaminas e outros compostos. Por exemplo, o ácido glutâmico e o 5'-nucleotídeo inosinato têm sido identificados como importantes contribuintes para o sabor umami da carne bovina (1). Além disso, a quantidade e a distribuição de gordura intramuscular (marmoreio) também afetam o sabor da carne, pois a gordura derrete durante o cozimento e adiciona sabor e suculência (4).

Outro fator importante que altera o *flavor* da carne bovina é a maturação, devido a degradação e oxidação por ela gerada (5). A maturação post mortem da carne bovina é um processo necessário e comum para melhorar os atributos de qualidade. O *wet-aged*, ou maturação úmida, é a forma mais comum que a indústria realiza esse processo devido a facilidade e menor custo; entretanto, o sabor 'sérico', metálico e azedo estão associados a esta técnica (6,7).

Em contrapartida, o *dry-aged*, ou maturação a seco, é conhecida por aumentar os atributos de palatabilidade da carne, especialmente o sabor sendo descrito como 'carnudo', amanteigado e castanhas. Porém, essa técnica também está associada a desvantagens como grande perda de água e baixo rendimento (7).

Com o advento das metodologias "*omics*", mais especificamente a metabolômica, foi possível investigar a atividade e o estado do metabolismo celular na medição dos compostos, produtos e substratos das reações químicas do sistema biológico tanto após o processo de transformação do músculo em carne, como no processo e maturação,

contribuindo para a elucidação do mecanismo de geração de sabor e aroma da carne bovina (8–13).

Com isso, o objetivo desta revisão de literatura é elucidar, com os trabalhos a respeito do *flavor* e a aceitação pelo consumidor da carne bovina recentemente publicados, as possíveis interações entre metabólitos gerados na transformação do músculo em carne e nos diferentes tipos de maturação com base nas metodologias “*omics*”.

TÓPICOS

Transformação do músculo em carne

As mudanças bioquímicas que acontecem após o abate do animal têm forte influência na qualidade da carne e nas próximas etapas do processamento. A transformação do músculo em carne ocorre a partir de vários processos bioquímicos e biofísicos, como demonstrado na figura 1, ocasionando transformações substanciais no músculo, influenciando diretamente a qualidade da carne (12).

O músculo do animal, mesmo depois de abatido, permanece funcional e metabolicamente ativo por vários dias, mesmo não havendo oxigênio circulante e renovação dos produtos metabólicos finais (12).

Assim que o animal é abatido, o fluxo de oxigênio é cessado, fonte importante da geração de adenosina trifosfato (ATP), o que causa esgotamento gradual da energia disponível. Sem o oxigênio, há uma mudança no metabolismo aeróbico para o metabolismo anaeróbico, o que favorece a produção e acúmulo de ácido lático e a consequente queda do pH, processo denominado acidificação muscular, desnaturação proteica e ativação de enzimas proteolíticas (14).

A acidificação do músculo gera uma perda na capacidade de retenção de água bem como a liberação de cálcio. Com isso, há um aumento na força iônica devido a incapacidade de funcionamento das bombas de cálcio, sódio e potássio que são dependentes de ATP, causando uma crescente incapacidade da célula manter condições redutoras (14). A junção desses fatores resulta no aparecimento do *Rigor Mortis*, caracterizado pela maior diminuição do pH e simultânea queda da flexibilidade muscular (12).

Exsanguinação

Perdas de:

- Nutrientes e antioxidantes
- Regulação hormonal
- Defesa imunológica
- Regulação neural
- Suprimento de oxigênio

1



Anaerobiose

- Decréscimo de energia
- Acúmulo de ácido láctico e queda do pH
- Desnaturação protéica
- Ativação de enzimas proteolíticas

2



Rigor mortis

Falta de energia na célula (ATP) para desfazer as ligações Actina-miosina

3



4

pH final

Depende da quantidade de glicogênio muscular - Potencial glicolítico

Resolução do rigor

- Enzimas proteolíticas
- Sistema calpaína/calpastatina
 - Catepsinas

5

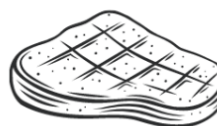


Figura 1 - Esquema da transformação do músculo em carne da exsanguinação à resolução do *rigor mortis*. Fonte: do próprio autor, (2023).

Formação do *flavor* e identificação pelos consumidores

Fisiologicamente, o ser humano detecta os cheiros e sabores através de um sistema complexo de tecidos sensoriais localizados na língua e boca, seios nasais e cavidades nasais. Através das células sensoriais gustativas é possível detectar os sabores básicos, o aroma pelo bulbo olfativo e a percepção somatossensorial pelos nervos trigêmeos. A junção desses três sentidos, quando combinados, determinam o *flavor* (3).

Os nervos trigêmeos possuem grande importância na detecção do *flavor* uma vez que ele compreende os ramos oftálmicos, maxilar e mandibular sendo responsável pelas funções motoras e sensoriais da face e boca. Estes, percorrem as membranas e mucosas da boca além da cavidade sinusal sendo essencial para a detecção de sabores e aromas (3).

Dito isso, o sabor da carne bovina é resultado da combinação dos sabores básicos (doce, azedo, salgado, amargo e umami) e do odor oriundo de compostos voláteis (15). Além deles, ácidos graxos livres, açúcares, nucleotídeos e aminoácidos livres também

estão relacionados ao *flavor* da carne (5) podendo variar conforme a raça, sexo e fatores intrínsecos ao animal (2)

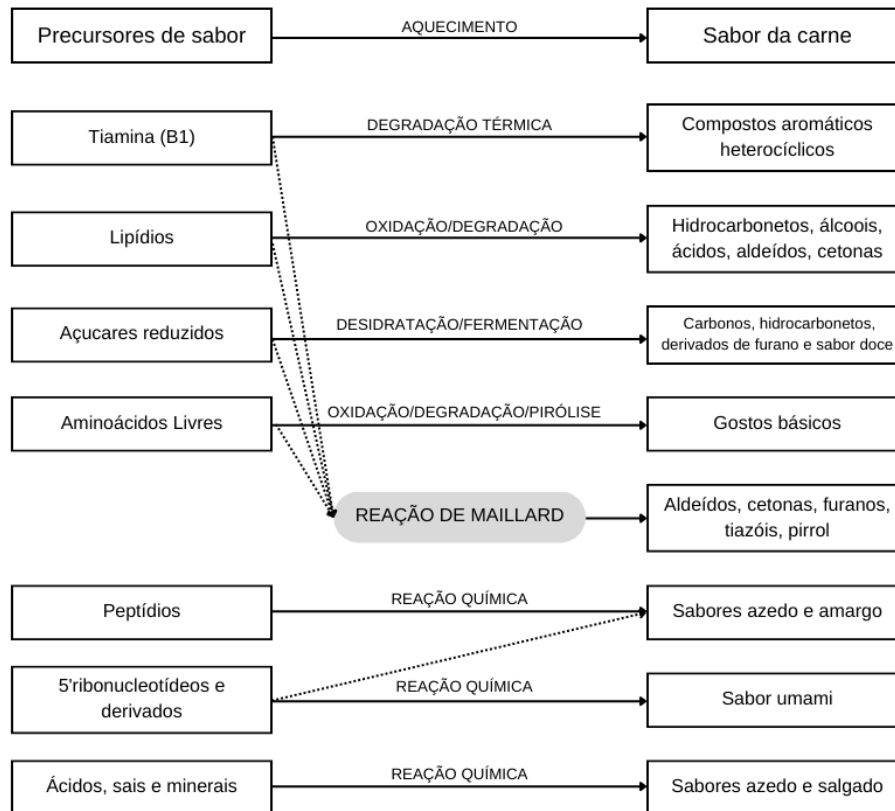


Figura 2 - Representação esquemática do desenvolvimento do sabor da carne a partir de reações dos precursores solúveis em água e seus respectivos produtos. Adaptado de Dashdorj; Amna; Hwang, (2).

A produção/liberação destes compostos ocorrem no início do *rigor mortis* baseada na degradação de proteínas miofibrilares e trifosfato de adenosina (ATP), fazendo com que os aminoácidos sejam liberados pela degradação (16). Estes aminoácidos, além de açúcares redutores, são reagentes na reação de Maillard (figura 2) durante o cozimento da carne (16).

Aminoácidos e peptídeos na formação do *flavor* da carne

Os aminoácidos e os peptídeos desempenham papel fundamental na formação *flavor* visto que, é um dos componentes principais da carne (1). A glicina e L-alanina, aminoácidos abundantes na carne, fornecem um sabor mais doce a carne por possuírem uma pequena cadeia lateral que pode se ligar ao seu receptor. Já os aminoácidos hidrofóbicos como L-Triptofano, L-Leucina, L-Valina trazem o sabor amargo (17)

A glutamina e o ácido aspártico são responsáveis pelo sabor azedo quando estão em estado dissociado podendo gerar o gosto umami. Essa propriedade dá-se pela ligação do próton produzido pela dissociação do aminoácido com a célula gustativa presente na boca (1). O glutamato monossódico é usado para exemplificar o sabor umami. Esse sabor advém pela acetilação do grupo amina, esterificação do grupo carboxila e pela substituição do hidrogênio ligado ao carbono A por um grupo metil (18).

As propriedades funcionais das proteínas dependem de fatores físico-químicos intrínsecos como a composição de aminoácidos, peso molecular, conformação, distribuição de carga na molécula entre outros. Como exemplo, proteínas com alta quantidade de grupos apolares causam interação desfavorável com a água, afetando as propriedades surfactantes e a geração do *flavor* (19).

Um exemplo recentemente descoberto foi a ação da cisteína na formação do *flavor*. Quando combinada a uma pentose, a reação gera compostos aromáticos com gosto cárneo como o ácidos 2-tretil-tiazolidina-4-carboxílicos (TTCAs) sendo convertidos reversivelmente nos compostos Cys-Amadori (20).

Além disso, os aminoácidos podem interagir com outros compostos durante o cozimento e a maturação da carne, produzindo uma variedade de compostos de sabor. Por exemplo, a reação de Maillard, que ocorre quando açúcares e aminoácidos são aquecidos, resulta na formação de compostos que conferem um sabor rico e complexo à carne, incluindo pirazinas, furanos, tiazóis e tióis (1).

Gordura no *flavor* da carne

A quantidade de gordura dentro do músculo tem forte influência na experiência de consumir a carne bovina. Sabe-se que essa gordura intramuscular tem correlação positiva com a força de cisalhamento e suculência e, além disso, estudos recentes também indicam associação positiva para o *flavor* (1).

Frank et al. (21) realizaram um estudo avaliando as características químicas e sensoriais da carne bovina australiana, verificando a influência da gordura na aceitação pelos consumidores. Os animais que continham mais gordura intramuscular apresentaram maior intensidade de sabor para carne grelhada, gordura láctea e doçura, e diminuiu o sabor de acidez e adstringência.

No mesmo sentido, Frank et al. (22) avaliaram o efeito da gordura intramuscular na geração de voláteis da carne bovina grelhada e encontraram que o aumento da gordura intramuscular também aumentava a geração de voláteis responsáveis pelo *flavor* da carne. A maior quantidade de gordura intramuscular também aumentava a quebra da estrutura do alimento, aumentando efetivamente a área de superfície da partícula, levando a uma maior liberação de voláteis.

O ácido graxo oleico (ácido graxo monoinsaturado ômega-9), sendo o de mais abundância na carne bovina, e os ácidos graxos ômega-6 (que constitui 20% dos fosfolipídios), ao sofrerem hidrólise, geram o nonanal e hexanal (sabor frutado), dois compostos voláteis que contribuem significativamente ao *flavor* da carne. Além destes,

heptanal, pentanal e 2,4-decadienal também são contribuintes importantes trazendo *flavor* “duvidoso negativo”, fermento e frito, respectivamente (3)

Em geral, os ácidos graxos saturados tendem a ter um sabor mais suave e neutro, enquanto os ácidos graxos insaturados podem ter um sabor mais forte e distinto. Por exemplo, o ácido oleico, comum na carne bovina, pode conferir um sabor de nozes e frutas ao produto (21)

Outro fenômeno que toma lugar é a degradação dos lipídios, podendo ser descrita como a desorganização dos lipídios neutros (triglicerídeos) e polares (fosfolipídios) pela desestabilização de energia durante o processo de aquecimento. Neste processo, ocorre desidratação, descarboxilação, hidrólise da conjugação de dupla ligação éster, polimerização, desidrociclicização, aromatização, desidrogenação e degradação por clivagem carbono-carbono (3).

Já a oxidação lipídica envolve um grande grupo de reações complexas que são induzidas pelo oxigênio na presença de iniciadores como calor, radicais livres, luz entre outros. Essa oxidação está diretamente relacionada à formação de *flavor* durante o cozimento, assim como está associada a sabores ranços e desagradáveis em carnes que foram armazenadas incorretamente ou por longo período de tempo (1,23).

Os ácidos graxos presentes na carne bovina podem afetar o sabor por meio de sua interação com outros compostos, por meio de sua oxidação e por meio de sua influência na textura da carne. A combinação de diferentes tipos e quantidades de ácidos graxos pode contribuir para o sabor característico da carne bovina (24).

Vitaminas na formação do *flavor*

As vitaminas são fundamentais para manter a suculência da carne durante sua preparação, devido sua capacidade de retenção de água e, com isso, manter os compostos que fornecem *flavor* na carne. Quando o animal possui uma dieta rica em vitaminas, há uma melhora na qualidade da carne, principalmente na questão de estabilidade lipídica e melhorias no *flavor*. O uso da vitamina E durante o crescimento animal foi eficaz na proteção dos lipídios contra a oxidação e na manutenção das características de sabor da carne (25).

No estudo de Setyabrata et al. (5), várias vitaminas foram encontradas, principalmente do grupo B e C. As vitaminas do complexo B produzem grupos tiazólicos, que repetidamente são correlacionados com sabor cárneo. Já a vitamina C também tem a capacidade de gerar compostos de sabor como o tiazol e pirazina que, quando aquecida na presença de aminoácidos, produz aroma e sabor de carne.

Alteração do *flavor* influenciado pelo método de maturação

O processo de maturação da carne bovina é um método necessário e comum para melhorar os atributos de qualidade do alimento carne, como maciez e sabor (26). De

forma geral, a carne bovina é maturada de duas maneiras: *wet-aged* e *dry-aged*, e ambas alteram o sabor e maciez da carne (7).

A maturação *wet-aged* ou maturação úmida é o método mais utilizado nas indústrias de carne do mundo devido suas vantagens associadas a fatores econômicos, de produção e microbianos (7). A carne, nessa metodologia, é colocada em uma embalagem a vácuo e armazenada em ambiente com temperatura controlada e por um tempo específico (27).

O processo de maturação a seco, *dry-aged*, consiste em expor pedaços grandes de carne e/ou carcaças não embalados, em sala ou equipamento refrigerado com ventilação, umidade e temperatura controlados (28). Este tipo de maturação é reconhecido pela atribuição de *flavor* único, melhorando a qualidade sensorial das carnes com altos custos para a indústria devido encolhimento, perdas de acabamento, risco de contaminação microbiológica e espaço (7).

Alguns dos compostos que possuem relação com o *flavor* são derivados da degradação e oxidação muscular que ocorre durante o processo de maturação (5). Durante o processo de maturação da carne bovina, o metabóloma resultante é composto por uma complexa combinação de precursores que contribuem para o sabor, como produtos de degradação do glicogênio, compostos de nucleotídeos, fragmentos formados durante a reação de Maillard e compostos relacionados à oxidação lipídica (29)

O método de maturação *dry-aged* concentra o sabor através da absorção dos exsudatos pela carne, além da quebra química dos constituintes de proteínas e gorduras, gerando um sabor intenso de nozes e carne assada (27).

Em estudo realizado por Kim, Kemp e Samuelsson (11) foi possível verificar a presença de vários metabólitos polares na carne bovina maturada por *dry-aged*. Um total de 32 metabólitos foram identificados, sendo eles aminoácidos (alanina, leucina, glutamina, glutamato, valina, metionina, tirosina, isoleucina e fenilalanina), vários metabólitos já conhecidos por serem abundantes na carne (creatina, carnosina, carnitina e creatinina) além de lactato, intermediários do ciclo do ácido cítrico (succinato e fumarato), alguns açúcares (glicose, glicose-1-fosfato, glicose-6-fosfato e manose), ácidos orgânicos e nucleotídeos como a inosina. As maiores concentrações nesse estudo foram de lactato, creatina e carnosina (53, 21 e 9,9 $\mu\text{mol/g}$ de carne, respectivamente) e as menores de formato, triptofano e uridina (0,11, 0,05 e 0,05, respectivamente).

No mesmo estudo, Kim, Kemp e Samuelsson (11) compararam os metabólitos responsáveis pelo com os dois tipos de maturação (*Dry* e *Wet-aged*) e chegaram a conclusões de que 8 dos 32 metabólitos diferiram significativamente. O Triptofano, fenilalanina, valina, tirosina, glutamato, isoleucina e leucina se apresentaram em maior abundância nas carnes maturadas pelo método *dry-aged*, enquanto a inosina (IMP) foi mais abundante nas carnes maturadas pelo método *wet-aged*.

Na análise sensorial realizada por Kim, Kemp e Samuelsson (11), os avaliadores descreveram mais sabor nas carnes que receberam a maturação *dry-aged* quando

comparado a maturação *wet-aged*, encontrando características de sabor mais intenso exemplificadas como sabor “amarronzado” e torrado.

Vários aminoácidos encontrados na maturação *dry-aged* estão associados ao sabor da carne, principalmente por serem reagentes nas reações de Maillard (ocorre quando as proteínas desnaturadas da superfície da carne recombina-se com os açúcares) ou via de degradação strecker (reação de alfa aminoácidos que são oxidados em relação ao seu aldeído correspondente, liberando dióxido de carbono no processo) (16) em especial os metabólitos Leucina e Isoleucina por reagirem com compostos dicarbonil formados na reação de Maillard, produzindo o odor de “carne” 2- e 3-metilbutanal (11).

Em estudo semelhante, Setyabrata et al. (5), ao comparar os metabólitos da carnes dos dois tipos de maturação (*dry* e *wet-aged*) verificou uma maior abundância de precursores de sabor como glutamato/glutamina contendo dipeptídeos e metabólitos derivados de nucleotídeos. Além disso, mais compostos antioxidantes como carnitina e glicosídeos, como a glicina, foram encontrados em maior quantidade nas amostras maturadas por *wet-aged*, podendo reduzir significativamente a formação de sabor desse tipo de maturação por reduzir a oxidação de algumas moléculas. Ademais, também foram encontradas maiores quantidades de tirosina, lisina e arginina, o que contribui para o sabor azedo e amargo da maturação *wet-aged* (1).

Avaliando o papel da vaporização da umidade nos atributos do sabor da carne maturada por *dry-aged*, Lee et al. (28) verificaram maiores quantidades de aminoácidos livres e açúcares redutores na maturação a seco e uma correlação negativa com o teor de umidade, o não foi encontrado na maturação *wet-aged*. Embora a umidade teve papel fundamental no aumento do *flavor*, outros fatores como a atividade microbiana e a crosta gerada na superfície da carne também tiveram influência.

Durante o processo de maturação post mortem, é comum observar mudanças significativas nas concentrações de precursores de sabor, tais como pequenos peptídeos, aminoácidos livres e ácidos graxos livres, devido à ação de enzimas endógenas proteolíticas e lipolíticas. Isso pode resultar em um aumento na quantidade de produtos gerados pela reação de Maillard, como pirazinas, compostos contendo enxofre e nitrogênio, bem como compostos derivados de lipídios, como aldeídos, durante o cozimento (20).

Reação de Maillard e degradação Strecker

A reação de Maillard é uma das reações mais importantes quando o assunto é *flavor*, e é amplamente utilizada na preparação de carnes. É um processo químico que ocorre entre um aminoácido e um açúcar redutor, geralmente durante o cozimento de alimentos, que resulta na formação de compostos que contribuem para a cor, aroma e sabor característicos da carne. Na fase de transformação do músculo em carne, tanto a quebra de glicogênio e ATP e o metabolismo energético aumentam a quantidade de carboidratos na carne e, quando essa carne passa por um processo de aquecimento, os carboidratos são modificados e o sabor é intensificado (29).

Uma das principais reações nos produtos da reação de Maillard envolve a os aminoácidos presentes na carne, principalmente a lisina e arginina, com um açúcar redutor. A reação se dá pela remoção da água causando desidratação; o aminoácido é então descarboxilado e desaminado para formar um aldeído, enquanto o dicarbonil é convertido em uma aminocetona ou aminoálcool (17).

Já a degradação Strecker é uma importante fonte de compostos de sabor na carne principalmente pela sua interação com os demais nutrientes da carne como os lipídios, produtos de oxidação, aminoácidos que determina o sabor da carne como aldeídos Strecker, que geram *flavor* de carne assada (1).

Durante a degradação de Strecker, os aminoácidos presentes na proteína da carne reagem com o ácido lático produzido pelo metabolismo post mortem e pelos microrganismos durante a maturação, resultando na formação de aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos, que são responsáveis pelo aroma característico da carne maturada (3).

CONCLUSÕES

O *flavor* da carne dá-se pela junção do sabor e do aroma e pode ser descrito como simples e complexo. Ele é influenciado por múltiplos fatores incluindo a composição química, processamento e cozimento. A complexação dos nutrientes presentes na carne juntamente com as reações que acontecem em seu metabolismo, desde o abate, até a preparação para o consumo, irá definir o *flavor* que a carne terá.

Tanto a maturação *dry-aged* quanto a *wet-aged* permitem a quebra das proteínas da carne e o desenvolvimento de precursores de *flavor*, resultando em uma carne mais macia e saborosa. No entanto, a maturação *dry-aged* por haver uma maior perda de água, produz um sabor mais intenso e concentrado, enquanto a maturação *wet-aged* produz uma carne macia e suculenta, mas com um sabor menos intenso.

Compreender o processo e os precursores do *flavor* da carne bovina é importante para garantir uma experiência gastronômica agradável ao consumidor. As pesquisas nessa área continuam a avançar, visando compreender melhor os fatores que influenciam o sabor e aprimorar os métodos de produção e processamento de carne para oferecer produtos mais saborosos e saudáveis.

REFERÊNCIAS

1. Ramalingam V, Song Z, Hwang I. The potential role of secondary metabolites in modulating the flavor and taste of the meat. Food Research International. agosto de 2019;122:174–82.

2. Dashdorj D, Amna T, Hwang I. Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: an overview. *Eur Food Res Technol.* agosto de 2015;241(2):157–71.
3. Kerth CR, Miller RK. Beef flavor: a review from chemistry to consumer: Beef flavor: a review from chemistry to consumer. *J Sci Food Agric.* novembro de 2015;95(14):2783–98.
4. Dinh TTN, To KV, Schilling MW. Fatty Acid Composition of Meat Animals as Flavor Precursors. *Meat and Muscle Biology* [Internet]. 10 de agosto de 2021 [citado 1º de agosto de 2023];5(1). Disponível em: <https://www.iastatedigitalpress.com/mmb/article/id/12251/>
5. Setyabrata D, Cooper BR, Sobreira TJP, Legako JF, Martini S, Kim YHB. Elucidating mechanisms involved in flavor generation of dry-aged beef loins using metabolomics approach. *Food Research International.* janeiro de 2021;139:109969.
6. Kim YHB, Ma D, Setyabrata D, Farouk MM, Lonergan SM, Huff-Lonergan E, et al. Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Science.* outubro de 2018;144:74–90.
7. Terjung N, Witte F, Heinz V. The dry aged beef paradox: Why dry aging is sometimes not better than wet aging. *Meat Science.* fevereiro de 2021;172:108355.
8. Bischof G, Witte F, Terjung N, Januschewski E, Heinz V, Juadjur A, et al. Analysis of aging type- and aging time-related changes in the polar fraction of metabolome of beef by 1H NMR spectroscopy. *Food Chemistry.* abril de 2021;342:128353.
9. Jeong JY, Kim M, Ji SY, Baek YC, Lee S, Oh YK, et al. Metabolomics Analysis of the Beef Samples with Different Meat Qualities and Tastes. *Food Sci Anim Resour.* novembro de 2020;40(6):924–37.
10. Jiang T, Bratcher CL. Differentiation of commercial ground beef products and correlation between metabolites and sensory attributes: A metabolomic approach. *Food Research International.* dezembro de 2016;90:298–306.
11. Kim YHB, Kemp R, Samuelsson LM. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science.* janeiro de 2016;111:168–76.
12. Paredi G, Raboni S, Bendixen E, de Almeida AM, Mozzarelli A. “Muscle to meat” molecular events and technological transformations: The proteomics insight. *Journal of Proteomics.* julho de 2012;75(14):4275–89.
13. Stetzer AJ, Cadwallader K, Singh TK, Mckeith FK, Brewer MS. Effect of enhancement and ageing on flavor and volatile compounds in various beef muscles. *Meat Science.* maio de 2008;79(1):13–9.
14. Huff Lonergan E, Zhang W, Lonergan SM. Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science.* setembro de 2010;86(1):184–95.
15. Bassam SM, Noleto-Dias C, Farag MA. Dissecting grilled red and white meat flavor: Its characteristics, production mechanisms, influencing factors and chemical hazards. *Food Chemistry.* março de 2022;371:131139.
16. Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-Concha MJ, Campo MM, Wood JD, Mottram DS. Water-soluble precursors of beef flavour. Part II: Effect of post-mortem conditioning. *Meat Science.* junho de 2008;79(2):270–7.

17. Fu Y, Zhang Y, Soladoye OP, Aluko RE. Maillard reaction products derived from food protein-derived peptides: insights into flavor and bioactivity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 12 de novembro de 2020;60(20):3429–42.
18. Belloir C, Savistchenko J, Neiers F, Taylor AJ, McGrane S, Briand L. Biophysical and functional characterization of the N-terminal domain of the cat T1R1 umami taste receptor expressed in *Escherichia coli*. Abe K, organizador. *PLoS ONE*. 30 de outubro de 2017;12(10):e0187051.
19. Yu TY, Morton JD, Clerens S, Dyer JM. Cooking-Induced Protein Modifications in Meat: Cooking-induced protein modifications.... *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*. janeiro de 2017;16(1):141–59.
20. Zhao J, Wang T, Xie J, Xiao Q, Du W, Wang Y, et al. Meat flavor generation from different composition patterns of initial Maillard stage intermediates formed in heated cysteine-xylose-glycine reaction systems. *Food Chemistry*. fevereiro de 2019;274:79–88.
21. Frank D, Ball A, Hughes J, Krishnamurthy R, Piyasiri U, Stark J, et al. Sensory and Flavor Chemistry Characteristics of Australian Beef: Influence of Intramuscular Fat, Feed, and Breed. *J Agric Food Chem*. 1º de junho de 2016;64(21):4299–311.
22. Frank D, Kaczmarek K, Paterson J, Piyasiri U, Warner R. Effect of marbling on volatile generation, oral breakdown and in mouth flavor release of grilled beef. *Meat Science*. novembro de 2017;133:61–8.
23. Domínguez R, Pateiro M, Gagaoua M, Barba FJ, Zhang W, Lorenzo JM. A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Antioxidants*. 25 de setembro de 2019;8(10):429.
24. Picard B, Gagaoua M, Al Jammas M, Bonnet M. Beef tenderness and intramuscular fat proteomic biomarkers: Effect of gender and rearing practices. *Journal of Proteomics*. maio de 2019;200:1–10.
25. Formanek Z, Lynch A, Galvin K, Farkas J, Kerry JP. Combined effects of irradiation and the use of natural antioxidants on the shelf-life stability of overwrapped minced beef. *Meat Science*. abril de 2003;63(4):433–40.
26. Dashdorj D, Tripathi VK, Cho S, Kim Y, Hwang I. Dry aging of beef; Review. *J Anim Sci Technol*. dezembro de 2016;58(1):20.
27. Zhang R, Yoo MJY, Ross AB, Farouk MM. Mechanisms and strategies to tailor dry-aged meat flavour. *Trends in Food Science & Technology*. janeiro de 2022;119:400–11.
28. Lee HJ, Yoon JW, Kim M, Oh H, Yoon Y, Jo C. Changes in microbial composition on the crust by different air flow velocities and their effect on sensory properties of dry-aged beef. *Meat Science*. julho de 2019;153:152–8.
29. Sun A, Wu W, Soladoye OP, Aluko RE, Bak KH, Fu Y, et al. Maillard reaction of food-derived peptides as a potential route to generate meat flavor compounds: A review. *Food Research International*. janeiro de 2022;151:110823.
30. Lee HJ, Choe J, Kim M, Kim HC, Yoon JW, Oh SW, et al. Role of moisture evaporation in the taste attributes of dry- and wet-aged beef determined by chemical and electronic tongue analyses. *Meat Science*. maio de 2019;151:82–8.

Capítulo 40

DOI: 10.53934/IIICBPAV-40

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DA POLPA DE MURTA (*EUGENIA GRACILLIMA* KIAERSK.) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Lumara Tatiely Santos Amadeu *; Regilane Marques Feitosa ; Yaroslávia Ferreira Paiva ; Francislaine Suelia dos Santos ; Renato Costa da Silva ; Alexandre José de Melo Queiroz ; Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: lumaratatielyea@gmail.com

Resumo: A murta é uma fruta pouco conhecida e explorada, a sua conversão em polpa reduz as perdas e proporciona a comercialização do produto em áreas distantes das de produção, além disso, possibilita a sua utilização na elaboração de outros produtos. A industrialização desse material exige a aplicação de alguns processos que dependem do comportamento dessa polpa em diferentes temperaturas, concentrações, entre outros. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar as propriedades termofísicas da polpa de murta em diferentes concentrações. Foram determinados o teor de água e os sólidos solúveis totais da polpa integral (P1) e de polpas concentradas (P2 e P3). Todas as polpas foram avaliadas quanto a massa e o calor específico nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, no entanto, a condutividade e difusividade térmica foram avaliadas apenas na temperatura de 20 °C. Aos dados experimentais ainda foram aplicadas algumas equações para prever as propriedades termofísicas. O incremento na temperatura promoveu a redução da massa específica e o aumento do calor específico. Enquanto isso, quanto maior a concentração da polpa, maior a massa específica, e menor o calor específico (30, 40, 50 °C), a condutividade e a difusividade térmica. O calor específico nas temperaturas de 10 e 20 °C não sofreu influência da concentração das polpas. Assim conclui-se que, a variação da temperatura e/ou da concentração das polpas de murta tiveram efeitos significativos sobre as propriedades termofísicas e as equações teóricas em sua maioria conseguiram prever resultados satisfatórios.

Palavras-chave: calor específico; condutividade térmica; difusividade térmica; massa específica

Abstract: Myrtle is a little known and explored fruit, its conversion into pulp reduces losses and allows the product to be sold in areas far from production areas, in addition, it allows its use in the production of other products. The industrialization of this material requires the application of some processes that depend on the behavior of this pulp at different temperatures, concentrations, among others. Therefore, the objective of this work was to determine the thermophysical properties of myrtle pulp at different

concentrations. The water content and total soluble solids of the whole pulp (P1) and concentrated pulps (P2 and P3) were determined. All pulps were evaluated for mass and specific heat at temperatures of 10, 20, 30, 40 and 50 °C, however, thermal conductivity and diffusivity were only evaluated at a temperature of 20 °C. Some equations were also applied to the experimental data to predict the thermophysical properties. The increase in temperature promoted a reduction in specific mass and an increase in specific heat. Meanwhile, the higher the pulp concentration, the higher the specific mass, and the lower the specific heat (30, 40, 50 °C), conductivity and thermal diffusivity. The specific heat at temperatures of 10 and 20 °C was not influenced by the pulp concentration. Thus, it is concluded that the variation in temperature and/or concentration of myrtle pulp had significant effects on the thermophysical properties and the theoretical equations were mostly able to predict satisfactory results.

Key Word: specific heat; thermal conductivity; thermal diffusivity; specific mass

INTRODUÇÃO

A murta (*Eugenia gracillima* Kiaersk.) é um fruto pertencente a família Myrtaceae, é nativa da Chapada do Araripe – PE e contém compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas, carotenoides e vitamina C, substâncias que lhe confere potencial antioxidante (1). Apesar disso é um fruto pouco explorado, sendo aproveitado por moradores locais, que o consomem in natura ou utilizam na elaboração de polpas, licores, geleias e doces (2)

Como a busca por alimentos saudáveis tem crescido, as indústrias tem buscado constantemente por novos produtos nutritivos e funcionais, o que possibilita a industrialização da murta uma vez que apresenta características interessantes. Isso agregaria valor ao fruto, ampliaria a sua utilização e permitiria a sua comercialização para áreas distantes da de produção e em todas as épocas do ano.

Para possibilitar a utilização da murta na elaboração de polpas, sucos ou de outros produtos processados alguns processos podem ser aplicados pela agroindústria, como por exemplo, pasteurização, resfriamento e concentração, eles asseguram para o consumidor a qualidade do produto fornecido (3). Como esses processos dependem das relações entre tempo-temperatura (4) e como são poucas as informações sobre o efeito da temperatura e concentração no processamento da murta, este trabalho teve como objetivo determinar as propriedades termofísicas da polpa de murta em diferentes concentrações.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola

(UAEA), na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus de Campina Grande, Paraíba.

Como matéria-prima utilizou-se a murta (*Eugenia gracilima* Kiaersk), oriunda da Serra dos Paus Dóias, Chapada do Araripe, município de Exu, Pernambuco. Os frutos foram selecionados, escolhendo-se aqueles em estágio de maturação 5 (maduros) (2), livre de danos físicos e aspecto de podridão. Em seguida, foram submetidos a lavagem em água corrente, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (50 ppm), durante 15 minutos e enxaguados. Após o escoamento natural da água de enxágue os frutos foram despulpados em despulpadeira mecânica; a polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenada em freezer a $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, até sua posterior utilização.

Logo em seguida, a polpa integral (P1) foi submetida ao processo de concentração, realizado a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ em evaporador rotativo (Quimis, modelo Q-344B2), equipado com bomba a vácuo (Quimis - modelo Q-355D2), por 30 minutos (P2) e 1 hora (P3) minutos.

As polpas foram caracterizadas em triplicata quanto ao teor de água e sólidos solúveis totais conforme as metodologias descritas pelo Instituto Adolf Lutz (5) e foram avaliadas quanto as propriedades termofísicas. A massa específica foi determinada em triplicata, nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizando-se picnômetro de 25 mL, previamente calibrados com água destilada. Para o cálculo da massa específica teórica da polpa de murta, foram utilizadas as equações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Equações para o cálculo da massa específica em produtos alimentícios

Produto	Equação	Referência	Eq.
Polpa de manga	$p=1087-1,064.T+21,887.10^{-3}.T^2-26,160.10^{-5}.T^3$	Alvarado e Romero (6)	(2)
Sucos de frutas em geral	$p=1002+4,61.B-0,460.T+7,001.10^{-3}.T^2-9,175.10^{-5}.T^3$	Alvarado e Romero (6)	(3)
Suco de pêssego	$p=1006,56-0,5155.T+4,1951.B+0,0135.B^2$	Ramos e Ibarz (7)	(5)

p - massa específica (kg/m^3); T - temperatura ($^{\circ}\text{C}$); B - concentração ($^{\circ}\text{Brix}$); X_w - teor de água (%)

O calor específico das polpas de murta integral e concentradas foi determinado pelo método de mistura usando um calorímetro de mistura (8). Já o calor específico teórico foi calculado utilizando-se as equações da Tabela 2.

Tabela 2. Equações usadas para calcular o calor específico teórico

Equação	Referência	Eq.
$C_p=0,837+3,349.X_w$	Kasahara (9)	(7)
$C_p=1,465+2,721.X_w$	Choi e Okos (10)	(8)
$C_p=1,675+2,512.X_w$	Dickerson (11)	(9)

C_p - calor específico (kJ/kg °C); X_w - fração mássica da água (adimensional)

A difusividade térmica foi determinada a 20 °C, utilizando como base o método descrito por Dickerson (11). As difusividades térmicas teóricas das polpas foram calculadas por meio de equações dispostas na Tabela 3.

Tabela 3 - Equações de difusividade térmica teórica

Produto	Equação	Referência	Eq.
Alimentos em geral	$\alpha = (0,057363.X_w+0,000288.T).10^{-6}$	Martens (12)	(10)
Alimentos em geral	$\alpha = 0,088.10^{-6}+(\alpha_w-0,088.10^{-6}.X_w)$	Riedel (13)	(11)
Sucos de laranja	$\alpha =7,9683.10^{-8}+5,9839.10^{-8}.X_w+0,02510.10^{-8}.T$	Telis Romero (14)	(12)

α - difusividade térmica (m²/s); X_w - fração mássica da água (adimensional); α_w - difusividade da água (20 °C); T - temperatura (°C)

A condutividade térmica (K) foi determinada a 20 °C, utilizando-se um sensor térmico, o KD2 (Decagon Inc., modelo KD2). Para a estimativa dessa propriedade foram utilizadas as equações que se encontram na Tabela 4.

Tabela 4 – Equações para cálculo da condutividade térmica teórica

Produto	Equação	Referência	Eq.
Sucos de frutas	$K =0,140+0,42.X_w$	Kolarov e Gromov (15)	(13)
Suco de maçã	$K =0,27928-3,5722.10^{-3}.B+1,1357.10^{-3}.T$	Constenla (16)	(14)
Suco de laranja	$K =0,0797+0,538.X_w+0,000580.T$	Telis–Romero et. al. (14)	(15)

K - condutividade térmica (W/m °C); Xw - fração mássica da água (adimensional); T - temperatura (°C); B - °Brix

Análise estatística

Os parâmetros físico-químicos, a condutividade térmica e a difusividade térmica foram tratados aplicando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), enquanto isso aplicou-se o esquema fatorial (3 concentrações *versus* 5 temperaturas) na massa específica e no calor específico. Todos os tratamentos foram realizados com 3 repetições e a eles foram aplicados o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, no software Assisat versão 7.7 Beta (17).

Os ajustes das equações teóricas aos dados experimentais das propriedades termofísicas foram avaliados mediante o cálculo do erro percentual (Equação 16).

$$(16) \quad E = [(V_{cal} - V_{exp}) / V_{exp}] \cdot 100$$

Sendo: E - erro percentual (%); Vexp - valor experimental e Vcal - valor calculado

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 são apresentados os parâmetros físico-químicos das polpas de murta integral e concentradas.

Tabela 5. Parâmetros físico-químicos das polpas de murta integral e concentradas

Parâmetros	P1	P2	P3
Teor de água (%)	79,18 a	70,39 b	59,50c
Sólidos solúveis totais (°Brix)	17,17 c	24,25 b	32,33 a

Conforme esperado, podemos observar que quanto maior a concentração da polpa de murta menor o seu teor de água, isto ocorre porque a concentração é um processo responsável pela remoção de parte da água ali presente. Em contrapartida, quanto menor o teor de água, maior a quantidade de sólidos solúveis na polpa, esse parâmetro é utilizado como índice de maturação e representa os compostos solúveis em água presentes nos frutos, que em sua maior parte são constituídos por açúcares (18).

Araújo et. al. (1) avaliando polpa de murta (*Eugenia gracillima* Kiaersk) identificaram teor de água de 59,80% e sólidos solúveis totais de 15,08 °Brix. As

diferenças observadas nos parâmetros avaliados podem ter sido influenciadas por fatores como, estágio de maturação, condições edafoclimáticas, entre outros.

Na Tabela 6 são apresentados os valores experimentais da massa específica da polpa de murta em função da temperatura e da concentração.

Tabela 6. Valores experimentais da massa específica (Kg/m^3) das polpas de murta em função da temperatura e da concentração.

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	P1	P2	P3
10	1087,23 aC	1103,09 aB	1123,02 aA
20	1090,47 aB	1093,77 bB	1108,72 bA
30	1081,14 bC	1088,16 cB	1097,04 cA
40	1076,22 cC	1087,08 cB	1092,40dA
50	1076,81 cB	1080,23 dAB	1083,51 eA

Dms para colunas = $4,12 \text{ kg/m}^3$; Dms para linhas = $3,49 \text{ kg/m}^3$; $\text{MG}=1091,26\text{kg/m}^3$; $\text{CV}=0,16\%$.

MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação e DMS - Desvio mínimo significativo.

As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nota-se que, à medida que a temperatura aumenta, ocorre uma diminuição da massa específica, no entanto, comportamento inverso é identificado quando ocorre o aumento da concentração. O primeiro comportamento está relacionado com a expansão volumétrica, quando a polpa é aquecida as moléculas vibram em velocidades maiores, ficando mais afastadas umas das outras, resultando em um maior volume e consequentemente numa menor massa específica (19). Já o segundo, está associado com a maior concentração de constituintes como, sólidos solúveis, proteínas e outros, decorrente da remoção de parte da água (20).

Os mesmos comportamentos foram observados por Oliveira et. al. (21), ao avaliarem a massa específica da polpa de abacaxi em função da temperatura (10, 20, 30, 40 e 50°C) e da concentração dos sólidos solúveis (8, 11 e 14°Brix).

Na Tabela 7, tem-se os valores teóricos da massa específica, seguido dos erros percentuais dos valores estimados em relação aos valores experimentais.

Verifica-se que as equações apresentaram erros inferiores a 10%, logo todas podem ser utilizadas para estimar a massa específica da polpa de murta. No entanto, a equação proposta por Ramos e Ibarz (7) para suco de pêssigo apresentou os menores erros ($<4,67\%$) para polpas concentradas (P2 e P3), já para a polpa integral (P1) a equação

de Alvarado e Romero (6) para suco de frutas em geral é a mais indicada para realizar estimativas, pois apresentou erros inferiores a 1,51%.

Tabela 7. Valores teóricos da massa específica da polpa de murta em função da temperatura e concentração, com seus respectivos erros percentuais

T (°C)	Massa específica (Kg/m ³)			Produto	Referência
	P1	P2	P3		
10	1078,29 ± 0,82	1078,29 ± 2,25	1078,29 ± 3,98	Polpa e manga	Alvarado e Romero (7)
20	1072,38 ± 1,66	1072,38 ± 1,96	1072,38 ± 3,28		
30	1067,72 ± 1,24	1067,72 ± 1,88	1067,72 ± 2,67		
40	1062,72 ± 1,25	1062,72 ± 2,24	1062,72 ± 2,72		
50	1055,82 ± 1,95	1055,82 ± 2,26	1055,82 ± 2,56		
10	1077,16 ± 0,93	1109,80 ± 0,61	1147,05 ± 2,14	Suco de frutas em geral	Alvarado e Romero (7)
20	1074,02 ± 1,51	1106,66 ± 1,18	1143,91 ± 3,17		
30	1071,18 ± 0,92	1103,82 ± 1,44	1141,06 ± 4,01		
40	1068,08 ± 0,76	1100,72 ± 1,25	1137,97 ± 4,17		
50	1064,19 ± 1,17	1096,83 ± 1,54	1134,08 ± 4,67		
10	1073,67 ± 1,25	1103,46 ± 0,03	1137,47 ± 1,29	Suco de pêssego	Ramos e Ibarz (9)
20	1068,51 ± 2,01	1098,31 ± 0,41	1132,31 ± 2,13		
30	1063,36 ± 1,64	1093,15 ± 0,46	1127,16 ± 2,75		
40	1058,20 ± 1,67	1088,00 ± 0,08	1122,00 ± 2,71		
50	1053,05 ± 2,21	1082,84 ± 0,24	1116,85 ± 3,08		

Na Tabela 8, são apresentados os valores experimentais do calor específico para a polpa de murta em função da temperatura e da concentração.

Tabela 8. Valores experimentais do calor específico (KJ/kg °C) da polpa de murta em função da temperatura e da concentração.

Temperatura (°C)	P1	P2	P3
10	2,27 eA	2,23 eA	2,23 dA
20	2,67 dA	2,65 dA	2,65 cA

30	3,17 cA	2,93 cB	2,91 bB
40	3,41 bA	3,34 bA	2,91 bB
50	3,85 aA	3,48 aB	3,15 aC

DMS para colunas = 0,10kJ/kg°C; DMS para linhas = 0,09kJ/kg°C; MG=2,92kJ/kg°C; CV =1,51%

MG - Media geral; CV - Coeficiente de variação e DMS - Desvio mínimo significativo

As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que o incremento da temperatura promoveu o aumento do calor específico, ou seja, quanto maior o calor específico, mais dificuldade a polpa terá para sofrer variações em sua temperatura. Este mesmo comportamento foi verificado por Ferraz et. al. (22) ao avaliarem o calor específico da polpa de murici em função das temperaturas de 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 °C.

Por sua vez, a concentração não influenciou no comportamento do calor específico nas temperaturas de 10 e 20 °C. já nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C quanto maior a concentração menor o valor encontrado para esta propriedade termofísica. Costa et. al. (4) e Sousa et. al. (23) estudando polpa de açaí e pequi respectivamente identificaram comportamento semelhante, quanto maior a concentração menor o calor específico.

De acordo com Souza et. al. (24) o teor de água é o parâmetro que exerce maior influência sobre esta propriedade, os sólidos totais por si só, exercem uma influência menor devido a presença de vários componentes (gorduras, proteínas, açúcares e cinzas).

Na Tabela 9 são apresentados os valores médios teóricos do calor específico das polpas de murta, com seus respectivos erros percentuais. Observa-se que os menores erros percentuais foram verificados na equação proposta por Kasahara (9), com valores abaixo de 10%, sendo assim, é considerada a mais adequada para estimar o calor específico das polpas de murta.

Tabela 9. Valores teóricos do calor específico das polpas de murta integral e concentradas, com seus respectivos erros percentuais

Calor específico (KJ/Kg°C)			Referência
P1	P2	P3	
3,19 ± 3,92	3,19 ± 9,17	2,83 ± 2,15	Kasahara (9)
3,62 ± 17,69	3,38 ± 15,53	3,08 ± 11,34	Choi e Okos (10)
3,66 ± 19,14	3,44 ± 17,68	3,17 ± 14,43	Dickerson (11)

Na Tabela 10, são apresentados os valores experimentais da difusividade térmica a 20°C, em função da concentração da polpa de murta.

Tabela 10 - Valores experimentais da difusividade térmica (m²/s) a 20 °C, em função da concentração da polpa de murta

Polpa	P1	P2	P3
Difusividade térmica (m ² /s)	1,64x10 ⁻⁷ a	1,59x10 ⁻⁷ b	1,47x10 ⁻⁷ c

Dms = 0,029x10⁻⁷; MG=1,57x10⁻⁷ m²/s; CV=0,73%

MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação e DMS - Desvio mínimo significativo

As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Percebe-se que à medida que a concentração aumenta ocorre à diminuição da difusividade térmica, ou seja, quanto maior a concentração menor será a velocidade de difusão do calor no interior do produto. Segundo Mercali et. al. (19) isso pode ser explicado pela maior difusividade térmica da água em relação a difusividade térmica dos sólidos totais. Em estudos com polpa de pequi em diferentes concentrações (6, 8, 10 e 12 °Brix) foi possível observar o mesmo comportamento (23).

Na Tabela 11 são apresentados os valores teóricos da difusividade térmica e os seus respectivos erros percentuais.

Constata-se que para P1 e P2 a equação proposta por Riedel (13) é a mais adequada para estimar a difusividade térmica, pois apresentou erros inferiores 7,50%. Porém para P3 indica-se que nenhuma das equações sejam utilizadas para realizar as estimativas da difusividade pois os erros foram superiores a 10%.

Tabela 11. Valores teóricos da difusividade térmica e seus respectivos erros percentuais

Produto	Difusividade térmica (m ² /s)			Referência
	P1	P2	P3	
Alimentos em geral	1,30x10 ⁻⁷ ± 20, 78	1,25x10 ⁻⁷ ± 21, 58	1,19x10 ⁻⁷ ± 19, 09	Martens (12)

Alimentos em geral	$1,63 \times 10^{-7} \pm 0,36$	$1,71 \times 10^{-7} \pm 7,49$	$1,81 \times 10^{-7} \pm 23,27$	Riedel (13)
Suco de laranja	$2,01 \times 10^{-7} \pm 22,42$	$1,95 \times 10^{-7} \pm 22,77$	$1,89 \times 10^{-7} \pm 28,89$	Telis-Romero (14)

Na Tabela 12, são apresentados os valores médios experimentais da condutividade térmica a 20°C, em função da concentração das polpas.

Tabela 12. Valores médios experimentais da condutividade térmica (W/m°C) a 20 °C, em função da concentração das polpas

Polpas	P1	P2	P3
Condutividade térmica (W/m°C)	0,477a	0,463a	0,431b

Observa-se que quanto maior a concentração, menor a condutividade térmica, ou seja, quanto maior a concentração menor será a capacidade da amostra conduzir calor. Esse comportamento ocorre principalmente devido a influência do teor de água, quanto maior a quantidade de água presente no alimento, maior será sua condutividade térmica, os espaços vazios e o grau de homogeneidade do material também influenciam (25, 26).

Avaliando a influência da concentração da polpa de buriti (*Mauritia Flexuosa* L.) na condutividade térmica Camelo-Silva (27) verificaram que a condutividade térmica não sofreu influência, enquanto isso Sousa et. al. (23) e Costa et. al. (4) ao avaliarem a polpa de pequi e açaí, respectivamente observaram que quanto maior a concentração menor o resultado obtido para a condutividade térmica.

Na Tabela 13 temos os valores teóricos da condutividade térmica com seus respectivos erros percentuais.

Tabela 13. Valores teóricos da condutividade térmica e seus respectivos erros percentuais

Produto	Condutividade térmica (W/m°C)			Referência
	P1	P2	P3	
Suco de frutas	$0,473 \pm 0,93$	$0,436 \pm 5,91$	$0,390 \pm 9,54$	Kolarov & Gromov (15)
Suco de maçã	$0,241 \pm 49,55$	$0,215 \pm 53,48$	$0,187 \pm 56,73$	Costenla (16)
Suco de laranja	$0,517 \pm 8,44$	$0,470 \pm 1,51$	$0,411 \pm 4,55$	Telis-Romero (14)

Observa-se que tanto a equação de Kolarova e Gromov (15) e como a de Telis-Romero (14), obtiveram erros inferiores a 10%, podendo ser utilizadas para estimar a condutividade térmica da polpa de murta. Enquanto isso, a equação de Costenla (16) quantificou erros superiores as 45% não sendo indicada para essa estimar essa propriedade térmica.

CONCLUSÕES

A variação da temperatura e/ou da concentração das polpas de murta tiveram efeitos significativos sobre massa específica, calor específico, condutividade e difusividade térmica. As equações teóricas em sua maioria conseguiram prever satisfatoriamente as propriedades termofísicas em questão. Essas variações auxiliarão no dimensionamento de equipamentos e no desenvolvimento de processos aplicados pelas agroindústrias.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio a este estudo e pela bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Araújo DR., Lucena EMP, Gomes JP, Figueirêdo RMF, Silva EE. Características físicas, químicas e físico-químicas dos frutos da murta. *Revista Verde*. 2015;10(3):11–17.
2. Araújo DR, Lucena EMP, Gomes JP, Figueirêdo RMF, Silva CP. Characterization of ripening stages of myrtle fruit. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2016;38(2):e-712.
3. Martins LFD, Pfrimer RT, Cardoso CF, Gebara C, Nicolau ES. Avaliação da temperatura de pasteurização da Polpa de gabioba (*Campomanesia xanthocarpa*). In: Cordeiro, CAM. *Tecnologia de alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos*. Editora Científica Digital; 2020. p. 97-114.
4. Costa HC, Silva DO, Vieira LGM. Physical properties of açai-berry pulp and kinetics study of its anthocyanin thermal degradation. *Journal of Food Engineering*. 2018;239:104-113.
5. I.A.L. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 4ª ed. (1º Ed. Digital), São Paulo:IAL; 2008.
6. Alvarado JD, Romero CH. Physical properties of fruits: density and viscosity of

- juices as functions of soluble solids and content and temperature. *Latin American Applied Research*. 1989;19(15):15-21.
7. Ramos AM, Ibarz A. Density of juice and fruit puree as a function of soluble solids content and temperature. *Journal of Food Engineering*. 1989;35(1):57-63.
 8. Mohsenin NN. *Thermal properties of foods and agricultural materials*. New York: Gordon and Breach Science Publishers; 1980.
 9. Kasahara IG. Transferência de calor y propiedades térmicas aplicadas a La congelacion de productos vegetales. In: Kasahara IG. *Temas em transferencia de calor y propiedades termofisicas em refrigeracion y congelacion de alimentos*. Santiago do Chile: Maval; 1986. p. 61-79.
 10. Choi Y, Okos MR. Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods. In: Lemauguer M, Jelen M. *Food engineering and process applications: transport phenomena*. London: Elsevier Applied Science Publishers; 1986. p. 93-101.
 11. Dickerson RW. *Thermal properties of foods. the freezing preservation of foods*. Vol. 2. Westpoint: The AVI Publishing Company; 1968.
 12. Martens T. *Mathematical model of heat processing in flat containers*. Leuven: Catholic University Louvain; 1980.
 13. Riedel L. Measurements of thermal diffusivity on foods tufts rich in water. *Kältetechnik-Klimatisierung*. 1969;21(11):315- 316.
 14. Telis-Romero J, Telis VRN, Gabas AL, Yamashita F. Thermophysical Properties of Brazilian Orange Juice as Affected by temperature and Water Content. *Journal of Food Engineering*. 1998;38:27-40.
 15. Kolarov KM, Gromov MA. Universal equation for calculation of thermal conductivity of fruit and vegetable juices and syrups. *Khranitelna Promishhlenost*. 1973;20(10):22-32.
 16. Constenla DT, Lozano JE, Crapiste GH. Thermophysical properties of clarified apple juice as a function of concentration and temperature. *Journal of Food Science*. 1989;54(3):663-668.
 17. Silva FAZ, Azevedo CAV. The Assistat Software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*. 2016;11(39):3733- 3740.
 18. Silva ÁPD. Determinação da difusividade térmica (e sua incerteza) para produtos acondicionados em recipientes cilíndricos durante seu aquecimento:

- experimentação, otimização e simulação [dissertação]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande; 2021.
19. Mercali GD. Tratamento térmico de polpa de acerola via aquecimento ôhmico [tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2013.
 20. Chin NL, Chan SM, Yusof YA, Chuah TG, Talib RA. Prediction of Physico chemical Properties of Pummelo Juice Concentrates as a Function of Temperature and Concentration. *Int. J. Food Eng.* 2008;4:1-13.
 21. Oliveira RGM, Souza WM, Melo JCS, Costa CHC, Badaró ADS. Predição da massa específica da polpa de abacaxi através de equações matemáticas. p. 2853-2856. In: Anais do 22th Congresso Brasileiro de Engenharia Química; 2018 Set 23-26; São Paulo: Blucher, 2018.
 22. Ferraz FS, Dias ACP, Oliveira JCSR, Dallastra EDG, Jesus MMA, Grajales LM. Determinação do calor específico do murici (*byrsonima crassifolia*) a diferentes temperaturas. p. 2719-2722 . In: Anais do 22th Congresso Brasileiro de Engenharia Química; 2018 Set 23-26; São Paulo: Blucher, 2018.
 23. Sousa EP, Queiroz AJM, Figueirêdo MFF, Santos JEA, Lemos AM. Thermophysical properties of the pequi pulp in diferent concentrations. *Bioscience Journal.* 2016;32(1):20-28.
 24. Souza MA, Bonomo RCF, Fontan RCI, Minin LA, Coimbra JSR. Thermophysical properties of jackfruit pulp affected by changes in moisture content and temperature. *Journal of Food Process Engineering.* 2011;34(3):580-592.
 25. Araujo EJS. Modelagem matemática para determinar a condutividade térmica da polpa de cajá (*spondias mombin* l.). In: Cordeiro, CAM. Tecnologia de alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos. Editora Cientifica Digital; 2020. p. 289-298.
 26. Araujo JL, Queiroz, AJM, Figueiredo, RMF. Propriedades termofísicas da polpa do cupuaçu com diferentes teores de sólidos. *Ciência e Agrotecnologia.* 2004;28(1):126-134.
 27. Camelo-Silva C, Sanches MAR., Brito RM, Devilla IA, Tussolini L, Pertuzatti PB. Influence of buriti pulp (*Mauritia Flexuosa* L.) concentration on thermophysical properties and antioxidant capacity. *LWT.* 2021;151:112098.

Capítulo 41

DOI: 10.53934/IIICBPAV-41

ALIMENTOS FERMENTADOS A BASE DE PLANTAS: REVISÃO DE LITERATURA

Vanessa Caroline de Oliveira *; Anders Teixeira Gomes ; Danúbia Joanes Rosa Guerra ; Thaís Costa Santos ; Caroline Woelffel Silva ; Mirielle Teixeira Lourenço ; Érica Nascif Rufino Vieira 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: vanessa.c.oliveira@ufv.br

Resumo: Alimentos à base de plantas oferecem muitos benefícios para a saúde principalmente os alimentos fermentados. Esses produtos tem se tornado populares devido a mudança social nos padrões alimentares, por serem mais sustentáveis, proporcionando saúde. É nesse contexto, que trazemos à discussão a produção de fermentados à base de plantas e seus potenciais benefícios para a saúde do trato gastrointestinal. A pesquisa foi realizada em formato de artigo de revisão de literatura. O processo de fermentação não apenas aumenta a vida útil dos alimentos, mas também melhora o seu valor nutricional, textura e sabor, além de adicionar benefícios para a saúde, especialmente por meio do aumento das bactérias probióticas em alguns desses novos produtos. As bactérias lácticas encontradas nos alimentos vegetais são a *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Weissella*, *Enterococcus* entre outras. Já as leveduras como *Saccharomyces*, *Pichia*, *Candida*, *Torulaspota genera* entre outras. Os compostos funcionais produzidos pelo processo de fermentação de alimentos de origem vegetal têm demonstrado potencial para melhorar a saúde por meio de seus efeitos antioxidantes, antiinflamatórios e probióticos. A pesquisa tem o intuito de continuar a explorar esses benefícios e como eles podem ser melhor integrados em estratégias dietéticas para promover a saúde e o bem-estar dos consumidores. Com isso a produção de alimentos e bebidas fermentados de origem vegetal é uma alternativa sustentável, sendo um meio de entrega de potenciais probióticos de valor a consumidores que apresentam alergia à proteína do leite ou intolerância a lactose, ou para aqueles que apenas preferem uma dieta a base de plantas.

Palavras-chave: bactérias ácido lácticas; chucrute; fermentação; enzimas; missô.

Abstract: Plant-based foods offer many health benefits, especially fermented foods. These products have become popular due to social changes in eating patterns, as they are more sustainable and provide health. It is in this context that we bring to discussion the production of plant-based fermented foods and their potential benefits for the health of the gastrointestinal tract. The research was carried out in the format of a literature review

article. The fermentation process not only increases the shelf life of foods, but also improves their nutritional value, texture and flavor, as well as adding health benefits, especially through increasing probiotic bacteria in some of these new products. The lactic acid bacteria found in plant foods are *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Weissella*, *Enterococcus*, among others. Yeasts such as *Saccharomyces*, *Pichia*, *Candida*, *Torulaspota* genera, among others. Functional compounds produced by the fermentation process of plant-based foods have demonstrated potential to improve health through their antioxidant, anti-inflammatory and probiotic effects. The research aims to continue to explore these benefits and how they can be better integrated into dietary strategies to promote consumer health and well-being. Therefore, the production of fermented foods and beverages of plant origin is a sustainable alternative, being a means of delivering potential probiotics of value to consumers who are allergic to milk protein or lactose intolerance, or to those who simply prefer a low-fat diet. plant based.

Key Word: Lactic acid bacteria; Sauerkraut; fermentation; enzymes; miso.

INTRODUÇÃO

A fermentação desempenha um papel importante na inovação de produtos alimentares. Os fermentados de modo geral são produzidos a partir de microrganismos como bactérias do ácido láctico, bactérias do ácido acético, leveduras e fungos filamentosos e obtidos de matrizes como a soja, legumes, ou proteína de origem animal. Porém, o que se observa é que os alimentos proteicos fermentados obtidos exclusivamente de proteínas animais como a carne, o leite ou peixes são os mais tradicionais. No entanto, existe uma tendência de substituição das proteínas de origem animal por proteínas de origem vegetal dado ao apelo à sustentabilidade e também por atender a demandas específicas como é o caso de públicos específicos, veganos, vegetarianos, por exemplo (1) e também os flexitarianos.

Os alimentos fermentados mais tradicionalmente conhecidos são os de origem japonesa, eles contêm não só eubactérias, como também leveduras, classificadas como fungos. As cepas probióticas das eubactérias e as leveduras têm sido bastante utilizadas por sua funcionalidade probiótica (2).

Essa pesquisa revisa de forma breve o processo de produção e a microbiologia de alguns alimentos fermentados de plantas encontrados na literatura, que incluem: kimchi, chucrut, kombucha, tempeh, miso, natto, iogurte de soja e sourdough vegano e aborda a contribuição potencial dos microrganismos que consideramos como promissores por seus benefícios nutricionais e para a saúde bem como para a qualidade dos produtos finais.

Um dos grandes desafios para a ciência de alimentos é estimular o desenvolvimento de novos produtos, seja a partir de fontes pouco conhecidas ou inexploradas ou na introdução de novos compostos em alimentos pouco comuns ou até mesmo pouco explorados (3). É nesse contexto, que trazemos à discussão a produção de

fermentados à base de plantas e seus potenciais benefícios para a saúde do trato gastrointestinal.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em formato de artigo de revisão de literatura. As fontes de dados utilizados foram ResearchGate, Scielo, Google Acadêmico, Capes Periódicos e Science Direct no período de 2010-2023. Os descritores utilizados foram: “alimentos fermentados”, “bactérias lácticas”, “acidificação”, “fermentação”, “cultura starter”. A pesquisa foi realizada com os termos em português e em inglês. A ordem de descrição do trabalho foi os principais alimentos fermentados, microbiologia da fermentação e alimentos funcionais sobre as potenciais propriedades promotoras da saúde dos compostos bioativos produzidos durante a fermentação

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Principais Alimentos fermentados

Kimchi

O kimchi é um alimento tradicional coreano feito a partir da fermentação de matrizes vegetais tais como: folhas de mostarda, batata doce, rabanete, rabanete jovem com folhas, gramíneas selvagens, alface, pepino, berinjela, abóbora, bardana, legumes fatiados, alho-poró, cebolinha, alho, frango, faisão, concha de orelha, lavanda verde e frutos do mar (4) preparado em salmoura com bactérias probióticas do ácido láctico, sendo classificado como um probiótico de origem vegetal (5).

A fermentação do kimchi envolve várias bactérias, principalmente as lácteas (4), sua funcionalidade inclui: anticancerígeno, anti obesidade, anti constipação, promoção da saúde colorretal, propriedades probióticas, redução do colesterol, efeito fibrinolítico, propriedades antioxidantes e anti envelhecimento, promoção da saúde do cérebro, promoção imunológica e promoção da saúde da pele (4).

Chucrute

A palavra chucrute, ou *sauerkraut*, palavra de origem alemã que significa repolho azedo. É um alimento fermentado e as etapas principais do processo envolvem o fatiamento do repolho, o processo de salga e incubação para fermentação (6, 7). Após o processo de salga, o chucrute é fermentado e pressionado para extração do ar, seguido de sua cobertura para proporcionar condições anaeróbicas, é então armazenado por pelo menos uma semana ou até meses. A fermentação espontânea é o processo mais comum de fermentação do repolho, sendo este dependente da população de bactérias ácido lácticas presentes no repolho cru (6,8)

As características que indicam a qualidade do chucrute estão relacionadas com o desenvolvimento da microbiota endógena do repolho. O repolho é rico em glucosinolatos e quando fermentado, torna o chucrute rico nestes compostos que exercem diversos efeitos benéficos para a saúde como antioxidante, anticarcinogênico e antiinflamatório, além de possuir potencial probiótico (1,8). É citado também sua relação com a produção de vitamina B12.

Kombucha

A kombucha é uma bebida adocicada, levemente ácida obtida pela fermentação da infusão de folhas de chá preto ou verde, é uma associação simbiótica de bactérias e leveduras denominada SCOPY *Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast* (9,10). O preparo é feito com a infusão de folhas de chá preto em água fervente e açúcar por cerca de 10 minutos. Após remover as folhas a mistura fica em repouso até à temperatura ambiente. Uma cultura microbiana previamente preparada é adicionada em um volume de aproximadamente 100 mL do kombucha preparado. A mistura fica então coberta por 7 a 10 dias, após esse período a cultura microbiana é removida e a bebida está pronta para o consumo. O consumo diário varia de 100 a 300 mL (9).

Os principais benefícios do kombucha são aqueles relacionados à sua atividade probiótica. Os microrganismos presentes na kombucha liberam compostos como ácidos orgânicos, fibras e aminoácidos que agem como substrato para os microrganismos da microbiota normal do intestino e favorecem seu desenvolvimento (11,12).

Tempeh

Tempeh é um fermentado típico da Indonésia à base de grãos de soja de alto valor nutritivo e funções reguladoras do metabolismo. É feito a partir da inoculação de cotilédones sem casca, com esporos do fungo *Rhizopus oligosporus*, em temperaturas de 30°C e 37°C, por um período de 24 a 48 horas. Durante a fermentação de grãos de soja as bactérias e leveduras do tempeh podem desenvolver vitamina B12, e por isso é considerado como o único produto de origem vegetal relacionado à produção dessa vitamina (13).

Missô

Missô é um fermentado muito popular no Japão, feito de arroz ou malte da cevada com sal. Os alimentos fermentados tradicionais japoneses contêm não apenas eubactérias, mas também leveduras classificadas como fungos. Tanto as cepas probióticas pertencentes às eubactérias quanto as leveduras têm sido utilizadas por sua funcionalidade como probióticos (14).

O processo de fermentação do miso inclui muitas espécies de leveduras e outros microorganismos (15). Tem efeitos benéficos em vários problemas de saúde humana sendo úteis para prevenir e tratar a hipersensibilidade visceral (14).

Natto

O natto é um produto de origem japonesa fermentado com *Bacillus subtilis* biovar (1) à base de soja. É preparado em etapas: a soja integral é lavada e embebida com água quente durante a noite, as sementes são então cozidas ao vapor por 20 a 30 minutos, após essa etapa é refrigerado a 45°C antes de ser inoculado com uma cepa bacteriana probiótica, e por último o natto é fermentado por um período de 18 a 20h em temperatura de 40 a 45°C (15)

As cepas de natto têm a capacidade de germinar e entrar no sistema digestivo de diferentes animais, sendo, portanto, considerados ativos, proporcionam assim diversas vantagens nutricionais, como a produção de enzimas exógenas (celulose, protease, fitase, lipase, queratinase e xilanase) além de outros compostos químicos que regulam o metabolismo do corpo (15). É citado na literatura por sua relação com a produção de vitamina B12.

Iogurte de amêndoas de soja

O iogurte é tradicionalmente produzido com leite de origem animal, porém pesquisas recentes relacionadas a produção de iogurtes a partir de fontes alternativas têm ganhado destaque devido ao fato destes iogurtes apresentarem teores elevados de gordura e colesterol, além de elevado custo (16). O leite de soja tem sido utilizado como alternativa em substituição ao leite animal por sua qualidade, teor de proteínas e menor custo, além da soja não possuir lactose e colesterol e pequenas quantidades de ácidos graxos saturados e custo de produção baixo (17,18,19). Os concentrados de proteína de soja são altamente nutritivos, funcionais e baratos (20). A fermentação tradicional de alimentos proteicos vegetais, particularmente os fermentados a base de soja podem ser a base do conhecimento adicional para a inovação nos processos de fermentação bem como a seleção de culturas *starter* (21).

Sourdough (pão de massa fermentada) vegano

O sourdough é uma forma antiga de melhorar o sabor, a textura e a vida útil microbiológica de pães, sendo muito utilizado no preparo de pães integrais, Trata-se de um fermento natural usado principalmente na fermentação de pães como alternativa ao fermento químico. É adicionado a farinha, a água e outros ingredientes que são então levados à fermentação com os microrganismos da massa fermentada ou massa mãe. A microflora da massa depende da microflora das matérias primas e de condições higiênicas, e ela varia de uma espécie para outra, de acordo com a sua origem e condições de armazenamento da farinha, bem como dos parâmetros tecnológicos utilizados no processo de fermentação (21, 22).

Microbiologia da Fermentação

A fermentação de produtos vegetais é uma antiga técnica biotecnológica utilizada para produzir alimentos com maior qualidade, melhorando as características sensoriais e podendo conferir benefícios à saúde do consumidor (23). Além de melhorar a segurança e a atratividade dos alimentos, a fermentação pode levar a mudanças positivas na composição nutricional, incluindo vitaminas, aminoácidos, fitoquímicos, e melhorar a biodisponibilidade desses compostos (24).

Os vegetais e frutas fermentados têm ganhado destaque devido aos benefícios para a saúde, especialmente em países desenvolvidos preocupados com a saúde. Estes são naturalmente ricos em nutrientes, como vitaminas, minerais, fibras e fitoquímicos bioativos, que estão associados à redução de riscos de doenças inflamatórias e distúrbios metabólicos (25; 26).

A fermentação de vegetais é realizada por uma população microbiana que pode variar de acordo com a matéria-prima e a origem geográfica. A microbiota destes alimentos é composta principalmente por microrganismos benéficos, como leveduras e bactérias. As bactérias do ácido lático, juntamente com as leveduras, desempenham um

papel essencial na fermentação (27). Na Tabela 1 a seguir estão apresentados os principais gêneros de microrganismos encontrados em vegetais e frutas.

Tabela 1. Bactérias lácticas e leveduras encontradas em vegetais e frutas

BAL	Leveduras
<i>Leuconostoc</i>	<i>Saccharomyces</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>Pichia</i>
<i>Weissella</i>	<i>Candida</i>
<i>Enterococcus</i>	<i>Torulaspóra genera</i>

*BAL: bactéria do ácido láctico

Fonte: (28).

Embora a fermentação espontânea seja útil, o uso de culturas iniciadoras selecionadas é altamente recomendado para evitar problemas de conservação e manter as propriedades desejadas dos produtos fermentados (29). O uso de microrganismos autóctones adaptados à matéria-prima específica pode prolongar a vida de prateleira e melhorar as propriedades funcionais e sensoriais dos produtos. Outro ponto importante destes microrganismos, é que podem contribuir para benefícios à saúde, incluindo modulação da microbiota intestinal e fortalecimento do sistema imunológico, podendo ser considerados potencialmente probióticos (30).

Com relação a diversidade microbiana do tempeh, em um estudo realizado por Pangastuti et al. (31), foi observado, por meio de uma análise metagenômica, o tempeh possuía 17 Unidade Taxonômica Operacional (OTU) de fungos e leveduras identificados, destacando *Mucorales* e *Kluyveromyces marxianus*; 132 OTUs de bactérias, com predominância de *Lactobacillus*, *Lactococcus* e *Klebsiella*. Essas descobertas ampliam nosso entendimento sobre os componentes microbianos desse alimento tradicional e suas possíveis contribuições para a saúde, consolidando o tempeh como uma opção saudável e versátil.

A produção do missô acontece em dois estágios fermentativos: o primeiro envolve a fermentação com *Aspergillus oryzae* para gerar o koji, normalmente utilizando arroz, a 30° C por 48h. Posteriormente, ocorre a fermentação com bactérias e leveduras após a incorporação do koji a uma mistura de sal e soja, levando a uma um processo que se estende de 2 a 24 meses (32,33). Os principais microrganismos na fermentação deste alimento incluem *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus durans*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus hirae*, *Kocuria kristinae*, *Lactobacillus plantarum*, *Leuconostoc citreum*, *Leuconostoc pseudomesenteroides*,

Pediococcus acidolactici, *Pediococcus pentosaceus*, *Staphylococcus gallinarum*, *Staphylococcus kloosii*, *Tetragenococcus halophilus*, *Weissella cibaria* e *Weissella confunde* (bactérias), além de *Aspergillus oryzae*, *Clavispora lusitaniae*, *Pichia guilliermondii* e *Zygosaccharomyces rouxii* (fungos e leveduras) (34).

Um dos produtos resultantes da fermentação do leite de soja é o iogurte, este produto geralmente utiliza as seguintes linhagens bacterianas: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* ou *Lactobacillus reuteri* em combinação com *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, objetivando manter suas características físico-químicas, sensoriais e fornecer propriedades funcionais (35). O consumo regular e em quantidades adequadas de alimentos probióticos pode gerar efeitos benéficos para saúde do consumidor segundo a FAO. Desta forma o avanço nas pesquisas sobre alimentos probióticos de origem vegetal tem como objetivo disponibilizar alimentos funcionais para aqueles consumidores que adotaram o estilo de vida vegetariano e/ou vegano, bem como para os intolerantes à lactose, por exemplo.

Alimentos Funcionais: Pesquisa dos potenciais propriedades promotoras da saúde dos compostos bioativos produzidos durante a fermentação, como efeitos antioxidantes e antiinflamatórios

Os alimentos funcionais são aqueles que, quando consumidos na dieta habitual, além de fornecerem o valor nutritivo, através de seus constituintes, contribuem para a prevenção de doenças (36). Dentre os alimentos contidos nesta classe, estão probióticos, que são microrganismos vivos que contribuem para o desenvolvimento e manutenção da microbiota intestinal, prebióticos como as fibras alimentares ou os oligossacarídeos que não são digeridos por enzimas digestivas. Estes alimentos também podem conter compostos bioativos como vitaminas e os compostos fenólicos, que estão relacionados com a proteção contra radicais livres. Ademais, ácidos graxos, ômega 3 e ômega 6, são substâncias que também têm demonstrado propriedades terapêuticas, anti-inflamatória e anticoagulante (37).

Neste sentido, a fim de produzir ou aumentar a produção de compostos bioativos e tornar um alimento funcional, a fermentação tem sido um processo amplamente explorado, visto que ao longo deste processo são gerados substratos com atividades bioativas (38). Dentre essas substâncias destacam-se os ácidos orgânicos e vitaminas produzidos durante a fermentação da kombucha pelo Scoby (cultura simbiótica de bactérias e leveduras) que produz metabólitos como ácido glucurônico e acético, vitaminas solúveis como a C, além de produzir etanol durante a fermentação (39).

Durante a preparação do chá, alguns parâmetros podem influenciar nas propriedades contidas na bebida. Assim, o binômio tempo-temperatura utilizado para a preparação do chá, pode impactar na quantidade de compostos bioativos, bem como nas propriedades antioxidantes (38). Outros aspectos que devem ser considerados são o tipo de chá (preto, branco ou verde), o tempo de fermentação e as colônias contidas no Scoby, que podem alterar o conteúdo dos compostos, bem como as propriedades obtidas (40).

A kombucha tem sido frequentemente associada a propriedades antibacterianas, antioxidantes e hipoglicemiantes, além de reduzir o colesterol e auxiliar o sistema

imunológico, por meio dos metabólitos gerados no processo fermentativo. Esta bebida, também contém minerais como potássio, manganês e flúor provenientes do chá, além de vitaminas como a E, K e B, formados após inúmeras reações durante a fermentação. Neste mesmo processo, ocorre a oxidação de alguns compostos bioativos, então formam-se catequinas e flavonóides, que conferem benefícios antioxidantes ao organismo (38).

No estudo de Villarreal-Soto et al. (40), a kombucha de chá preto apresentou melhora da atividade antiinflamatória com inibição da 5-Lipoxygenase (5-LOX), enzima fundamental para a produção de leucotrienos e lipoxinas, sendo importante nas infecções parasitárias. Em outro estudo, Cardoso et al. (41) observaram as capacidades antioxidantes, atividades antibacterianas e antiproliferativas das kombuchas de chás preto e verde. Foram obtidos melhores resultados nas atividades antibacterianas e antiproliferativas nas bebidas feitas com chá verde, enquanto a maior capacidade antioxidante se deu no chá preto. Estes resultados podem ser justificados pois o chá preto possui abundância em compostos fenólicos e o chá verde contém catequinas e verbascosídeo (41).

Produtos fermentados de soja, têm ganhado cada vez mais espaço no mercado, devido ao aumento dos públicos veganos e vegetarianos, além disso os produtos à base de soja são boas fontes de proteínas, fibras, vitaminas, minerais e reduzido teor de gorduras saturadas (42,43). Durante a fermentação, os produtos como missô, natto e douchi adquirem características físico-químicas e sensoriais importantes, que auxiliam na produção de compostos e modificam a textura tornando-a desejável (42). Quanto aos aspectos nutricionais, no processo de fermentação ocorre o aumento na biodisponibilidade de ferro e cobre, pela degradação dos fitatos que estavam anteriormente ligados aos minerais. Os fatores antinutricionais como inibidores de tripsina da soja também podem ser removidos, o que resulta em melhor absorção dos demais compostos pelo trato gastrointestinal. Ademais, o conteúdo de vitaminas também pode aumentar significativamente, sendo a vitamina K e a B12, relacionadas ao metabolismo por culturas starters. (44).

No estudo de Chan et al. (45), foi avaliado o tempeh, um produto da fermentação da soja no déficit cognitivo e desequilíbrio antioxidante de camundongos com senescência acelerada. Deste modo, os autores observaram que o Tempeh conferiu efeito protetor contra o estresse oxidativo nos neurônios, ao ativar a expressão de enzimas antioxidantes *in vivo* (45). Outro resultado observado foi a regulação positiva de genes de enzimas antioxidantes como catalase e superóxido dismutase dos camundongos. O que pode ser atribuído aos compostos bioativos presentes neste produto, que auxiliam na sua capacidade antioxidante. Quanto às propriedades antiinflamatórias, em um outro estudo realizado com o extrato de tempeh enriquecido com nutrientes mostrou maior atividade antiinflamatória na linhagem de macrófagos de camundongos tratados, o que pode ser justificado pela presença dos ácidos fenólicos no extrato, sendo estes compostos bioativos que atuam diretamente nesta propriedade (46).

CONCLUSÕES

Portanto, a produção de alimentos e bebidas fermentados de origem vegetal é uma alternativa sustentável, sendo um meio de entrega de potenciais probióticos de valor a consumidores que apresentam alergia à proteína do leite ou intolerância a lactose, ou para aqueles que apenas preferem uma dieta a base de plantas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

1. Xie J, Gänzle M. Microbiology of fermented soy foods in Asia: Can we learn lessons for production of plant cheese analogues? *International Journal of Food Microbiology*. 2023; 407:110399.
2. Peñas, E, Martinez-Villaluenga C, Frias J. Sauerkraut. In: *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. [s.l.] Elsevier, 2017; 557–576.
3. Granato D, Barba FJ, Kovacevic DB, Lorenzo, JM, Cruz AG, Putnik P. Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. *Annu Rev Food Sci Technology*. 2020; 25:11: 93-118.
4. Patra JK, Das G, Paramithiotis S, Shin, HS. Kimchi and Other Widely Consumed Traditional Fermented Foods of Korea: A Review. *Front Microbiology*. 2016; 7:1493.
5. Wilkins T, Sequoia J. Probiotics for Gastrointestinal Conditions: A Summary of the Evidence. *Am Fam Physician*. 2017; 96:170-178.
6. Peñas E, Martinez-Villaluenga C, Frias, J. Sauerkraut. In: *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. [s.l.] Elsevier, 2017:557–576.
7. Nguyen DTL, Hoorde KV, Cnockaert M, Brandt E de, Aerts M, Thanh LB, Vandamme P. A description of the lactic acid bacteria microbiota associated with the production of traditional fermented vegetables in Vietnam. *International Journal of Food Microbiology*. 2013a; 163: 19–27.
8. Lu Z, Breidt F, Plengvidhya, Fleming HP. Bacteriophage Ecology in Commercial Sauerkraut Fermentations. *Applied and Environmental Microbiology*. 2003; 69: 3192–3202.

9. Greenwalt, CJ, Steinkraus KH, Ledford RA. “Kombucha, the Fermented Tea: Microbiology, Composition, and Claimed Health Effects”. *Journal of Food Protection*. 2000; 63:976-981.
10. Jayabalan R, Malbaša RV, Lončar ES, Vitas JS, Sathishkumar M. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014; 13:538-550.
11. Kozyrovska, NO, Reva OM, Goginyan VB, De Vera, JP. “Kombucha microbiome as a probiotic: a view from the perspective of postgenome and synthetic ecology”. *Biopolymers and Cell*. 2012; 28:103-113.
12. Morais MGC, Menezes, M de S, Bordulis CBT, Santos, PA. dos S, Costa, MRS, LIMA TP de. Nutritional and biotechnological potential of SCOBY produced in green tea fermentation. *Research, Society and Development*. 2022; 11: e575111134064.
13. Nout RMJ, Kiers JL. Tempe fermentation, innovation and functionality: Update into the 3rd millenium. *Journal of Applied Microbiology*. 2005; 98:789–805.
14. Sugihara N, Okada Y, Tomioka A, Ito S, Tanemoto R, Nishii S. et al. Probiotic Yeast from Miso Ameliorates Stress-Induced Visceral Hypersensitivity by Modulating the Gut Microbiota in a Rat Model of Irritable Bowel Syndrome. 2023.
15. Nguyen SLT, Inaoka T, Kimura K. “Poli-c-produção de ácido glutâmico por *Bacillus subtilis* (natto) sob alto teor de sal conditions,” *Japan Agricultural Research Quarterly*. 2018; 52:249–253.
16. Dias PGI, Sajiwanie, JWA, Rathnayaka RMUSK, Awolu OO. Optimization of Composite Fruit Peel Powder as a Texture Modifier for Fat Free Set Yoghurt: A Mixture Design Approach. *Journal of Agricultural Sciences*. 2021;16: 226-236.
17. Klemmer KJ, Korber DR, Low NH, Nickerson, MT. Pea protein-based capsules for probiotic and prebiotic delivery. *International Journal of Food Science & Technology*. 2011; 46: 2248-2256.
18. Nesterenko A, Alric I, Silvestre F, Durrieu V. Vegetable proteins in microencapsulation: A review of recent interventions and their effectiveness. *Industrial Crops and Products*. 2013; 42: 469-479.
19. Murti TW, Bouillanne C, Landon M, De Smazeaud M.J. Bacterial Growth and Volatile Compounds in Yoghurt-Type Products from Soymilk Containing *Bifidobacterium ssp*. *Journal of Food Science*. 1993; 58: 153-157.

20. Olabiran TE, Awolu OO, Ayo-Omogie HN. Quality characterization of functional soy-based yoghurt incorporated with scent leaf (*Ocimum gratissimum*) essential oil microcapsules. *Food Chemistry Advances*. 2023; 3: 100336.
21. Kashika A, Ameer H, Polo A, Di Cagno R, Carlo Giuseppe R, Gobbetti M. Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 108: 71-83.
22. Gänzle M, Follador, R. Metabolism of Oligosaccharides and Starch in Lactobacilli: A Review. *Frontiers in Microbiology*. 2012. 3.
23. Shiferaw TN, Augustin MA. Fermentation to adapt the technological and health functionality of food products. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2020; 60:2887-2913.
24. Pérez GMC, Carrasco SM, Castillo CEC, Carrasco CT. Antioxidant capacity of Lentinula edodes Berk in solid phase fermentation of Chenopodium quinoa Willd grains. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*. 2023; 7:288-298.
25. Torres S, Verón H, Contreras L, Isla MI. An overview of autochthonous plant microorganisms and fermented plant foods. *Food Science and Human Wellbeing*. 2020; 2:112-123.
26. Shahbazi R, Sharifzad F, Bagheri R, Alsadi N, Yasavoli-Sharahi H, Matar C. Anti-inflammatory and immunomodulatory properties of fermented plant foods. *Nutrients*. 2021; 13:1516, 2021.
27. Tamang JP, Watanabe K, Holzapfel WH. Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages. *Frontiers in microbiology*. 2016; 7:377.
28. Torres S, Verón H, Contreras L, Isla MI. An overview of autochthonous plant microorganisms and fermented plant foods. *Food Science and Human Wellbeing*. 2020; 2:112-123,
29. Di Cagno R, Coda R, Angelis M de, Gobbetti M. Exploration of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. *Food microbiology*. 2013; 33:1-10.
30. Vitali B, Minervini G, Rizzello CG, Spisni E, Maccferri S, Brigidi P, Gobbetti M, Di Cagno R. Novel probiotic candidates for humans isolated from raw fruits and vegetables. *Food Microbiology*. 2012;31: 116-125.
31. Pangastuti A, Alfisah RK, Istiana NI, Sari LAS, Setyaningsih R, Susilowati A, Purwoko T. Metagenomic analysis of the microbial community in superfermented tempeh. *Biodiversitas Magazine of Biological Diversity*. 2019; 4:1106-1114.




32. Allwood JG, Wakeling LT, Post LS, Bean DC. Food safety considerations in the production of traditional fermented products: Japanese rice koji and miso. *Journal of Food Safety*. 2023; e13048.
33. Allwood JG, Wakeling LT, Bean DC. Fermentation and the microbial community of Japanese koji and miso: A review. *Journal of Food Science*. 2021; 86:2194-2207, 2021.
34. Saeed F, Shah YA, Khan MH, Hussain M, Ikram A, Ateeq H, Noman M, Saewan SA, Khashroum AO. Miso: A traditional fermented product, nutritious and beneficial to health. *Food Science and Nutrition*. 2022; 12:4103-4111.
35. Ziarno Małgorzata, Zareba D, Scibisz I, Kozłowska M. Comprehensive studies on the stability of yogurt-type fermented soy beverages during refrigerated storage using dairy starter cultures. *Frontiers in Microbiology*. 2023; 14.
36. Granato D, Branco GF, Nazzaro F, Cruz AG, Faria JAF. Functional Foods and Nondairy Probiotic Food Development: Trends, Concepts, and Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2010; 9:292–302.
37. Bastos DHM, Rogero MM, Arêas JAG. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. 2009; 53:646–56.
38. Sanwal N, Gupta A, Bareen MA, Sharma N, Sahu JK. Kombucha fermentation: Recent trends in process dynamics, functional bioactivities, toxicity management, and potential applications. *Food Chemistry Advances*. 2023; 3:100421.
39. Laavanya D, Shirkole S, Balasubramanian P. Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation. *Journal of Cleaner Production*. 2021; 295:126454.
40. Villarreal-Soto SA, Beaufort S, Bouajila J, Souchard JP, Taillandier P. Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review. *Journal of Food Science*. 2018; 83:580–588.
41. Cardoso RR, Neto RO, dos Santos D’Almeida CT, do Nascimento TP, Pressete CG, Azevedo L, et al. Kombuchas from green and black teas have different

- phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. *Food Research International*. 2020; 128:108782.
42. Jayachandran M, Xu B. An insight into the health benefits of fermented soy products. *Food Chemistry*. 2019; 271:362–371.
 43. Melini F, Melini V, Luziatelli F, Ficca AG, Ruzzi M. Health-Promoting Components in Fermented Foods: An Up-to-Date Systematic Review. *Nutrients*. 2019; 21:1189.
 44. Samtiya M, Aluko RE, Dhewa T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2020;2.
 45. Chan YC, Lee I-Te, Wang M, Yeh WC, Liang BC. Tempeh attenuates cognitive deficit, antioxidant imbalance, and amyloid β of senescence-accelerated mice by modulating Nrf2 expression via MAPK pathway. *Journal of Functional Foods*. 2018; 50:112–119.
 46. Hamidah Mohd Yusof, Norlaily Mohd Ali, Swee Keong Yeap, Wan Yong Ho, Boon Kee Beh, Soo Peng Koh, et al. Anti-inflammatory, analgesic and acute toxicity effects of fermented soybean. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2019; 19.

Capítulo 42

DOI: 10.53934/IIICBPAV-42

BENEFÍCIOS DOS ALIMENTOS FUNCIONAIS PARA A SAÚDE: FORTALECIMENTO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO E REDUÇÃO DE ALERGIAS ALIMENTARES

Maria José do Amaral e Paiva *; Danúbia Joanes Rosa Guerra ; Anders Teixeira Gomes ; Julia Moreira de Luccas ; Thaís da Silva Araújo ; Arthur Vinícius de Abreu Oliveira ; Érica Nascif Rufino Vieira 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: maria.j.amaral@ufv.br

Resumo

Os alimentos funcionais são aqueles que além dos nutrientes básicos, também possuem em sua composição, compostos bioativos que auxiliam na prevenção e manejo das doenças, por meio dos seus efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios. Estes alimentos podem contribuir para a modulação do perfil imunológico, pois os micronutrientes como vitaminas e minerais interagem com as células do sistema imune. Dentre eles, o zinco, se destaca pelo papel no desenvolvimento e atividade das células do sistema imune inato. A vitamina C é um importante cofator nas vias do sistema imunológico, relacionada a eliminação de espécies reativas de oxigênio, por meio de sua propriedade antioxidante que protege as macromoléculas do estresse oxidativo. Além disso, os compostos bioativos também atuam na modulação da microbiota intestinal, assim ao consumir uma determinada dieta, a composição de microrganismos sofre alterações que causam impactos na produção de substâncias e nas reações que afetam o sistema imunológico. Deste modo, o objetivo deste estudo foi descrever de forma breve, baseado em estudos já realizados, características de alguns alimentos funcionais, envolvendo probióticos, prebióticos e ácidos graxos poliinsaturados, bem como seus benefícios para o sistema imunológico, com foco nas doenças alérgicas relacionadas à alimentação.

Palavras-chave: Alergias alimentares; probióticos; compostos bioativos; sistema imune

Abstract

Functional foods are those that, in addition to basic nutrients, also contain bioactive compounds that help prevent and manage diseases, through their antioxidant and anti-inflammatory effects. These foods can contribute to modulating the immune profile, as micronutrients such as vitamins and minerals interact with immune system cells. Among them, zinc stands out for its role in the development and activity of cells of the innate immune system. Vitamin C is an important cofactor in immune system pathways, related to the elimination of reactive oxygen species, through its antioxidant property that protects macromolecules from oxidative stress. Furthermore, bioactive

compounds also act to modulate the intestinal microbiota, so when consuming a certain diet, the composition of microorganisms undergoes changes that impact the production of substances and reactions that affect the immune system. Therefore, the objective of this study was to briefly describe, based on studies already conducted, characteristics of some functional foods, involving probiotics, prebiotics and polyunsaturated fatty acids, as well as their benefits for the immune system, focusing on allergic diseases related to food.

Key words: Food allergies; probiotic; bioactive compounds; immune system

1. INTRODUÇÃO

Os alimentos funcionais proporcionam diversos benefícios ao organismo, sendo eles nutricionais ou relacionados à prevenção de doenças. Atualmente, o interesse da população no consumo de alimentos funcionais cresceu devido à busca de melhorias na saúde e esse fator contribuiu para o desenvolvimento de novas pesquisas e de expansão do mercado para tais produtos (1). São importantes economicamente e há uma expectativa de que a indústria desses produtos aumente ainda mais nos próximos anos, o que requer maior monitoramento e medidas protetivas ao consumidor (2).

Compostos bioativos, vitaminas, probióticos, prebióticos e ácidos graxos poli-insaturados podem ser classificados como alimentos funcionais. Os prebióticos são fontes alimentares para probióticos, que juntos têm um papel importante na regulação da saúde de maneira geral, estando relacionados diretamente com o sistema gastrointestinal e com o sistema imunológico. Os probióticos são bactérias vivas que não causam doenças ao organismo do ser humano e que quando consumidos na dieta, são vantajosos para o bem-estar do indivíduo. Prebióticos são caracterizados como polissacarídeos que resistem às barreiras do sistema gastrointestinal e são fontes para que os probióticos cresçam e sejam capazes de auxiliar o hospedeiro na melhora da imunidade, absorção de nutrientes, prevenção de doenças no intestino e diminuição do colesterol (3).

Existem alguns ácidos graxos de cadeia longa que não são sintetizados pelo organismo, conhecidos como ácidos graxos poli-insaturados, também chamados de ácidos graxos poli-insaturados (AGP's). Estes são ômega-3 e ômega-6, que são derivados dos ácidos linolênico e linoleico, respectivamente (4), e estão relacionados com tratamentos de alguns distúrbios mentais, como depressão, déficit de atenção e hiperatividade e outros distúrbios como doenças cardiovasculares, hipertrigliceridemia (5), câncer, alergias, pancreatite aguda, entre outros (4).

A caracterização de compostos bioativos para produção de alimentos funcionais é importante e está ganhando o mercado devido ao aumento da demanda (6). Um exemplo de compostos bioativos são os fenólicos, que possuem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, de proteção do coração, anticancerígenas, entre outras (7). Eles compõem frutas, vegetais e grãos e podem ser retirados não apenas das fontes naturais, como também de algumas fontes secundárias (8). Além disso, os compostos fenólicos podem

ser agrupados em flavonóides (como flavonóis, isoflavonas e antocianidinas) e não-flavonóides (como álcoois e ácidos fenólicos e lignanas) (9).

Este trabalho teve como objetivo descrever brevemente algumas características relacionadas aos alimentos funcionais e seus benefícios para a saúde e bem-estar, com foco em probióticos, prebióticos e AGP's de acordo com estudos já disponibilizados na literatura. Da mesma forma discorrer sobre como que a ingestão desses alimentos atua no sistema imunológico e no combate às doenças alérgicas relacionadas à alimentação.

2. COMPOSTOS BIOATIVOS E ALIMENTOS FUNCIONAIS

Os compostos bioativos ou bioativos em alimentos, são substâncias encontradas normalmente em quantidades pequenas nos alimentos que são capazes de promover benefícios à saúde ao contribuir para a prevenção de doenças crônicas como diabetes, doenças cardiovasculares, osteoporose, entre outros problemas de saúde. Existe uma grande variedade de tipos desses compostos que se diferem de acordo com suas estruturas químicas e função e todos parecem ter efeitos benéficos à saúde (10).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para ser considerado como funcional os alimentos devem possuir características básicas: uma referente ao seu papel metabólico ou fisiológico para manutenção, desenvolvimento e crescimento do organismo humano e outra referente à relação deste alimento com uma doença ou condição de saúde (11,12).

Os alimentos funcionais podem ser definidos como aqueles que apresentam potenciais benefícios para a saúde humana quando consumidos de forma regular em uma dieta diversificada. Esses alimentos podem ser naturais ou processados industrialmente (13). Além de possuir os benefícios nutricionais de um alimento convencional, os alimentos funcionais reduzem os riscos de algumas doenças como: doenças cardiovasculares, dislipidemias, câncer, diabetes, acidente vascular cerebral, dentre outras (14).

Existe uma grande variedade de substâncias que podem ser classificadas como funcionais, elas podem ser classificadas de acordo com seu componente bioativo, por sua estrutura química, por suas características, por suas propriedades e pelos seus benefícios à saúde (15). Considerando a variedade desses compostos, alguns são descritos na tabela 1.

Tabela 1: Principais compostos bioativos, benefícios e fonte

Substância bioativa	Benefício	Fonte
Prebiótico	Ativam a microflora intestinal, favorecendo o bom funcionamento do intestino	Extraídos de vegetais como raiz de chicória e batata yacon
Probiótico	Favorecem as funções gastrointestinais, reduzindo o risco de constipação e câncer de cólon	Leites, iogurtes e outros derivados e produtos vegetais
Ácidos graxos insaturados	Redução do LDL - colesterol; ação anti-inflamatória; é indispensável para o desenvolvimento do cérebro e da retina de recém-nascidos	Peixes marinhos como sardinha, salmão, atum, anchova, arenque etc.
Compostos fenólicos	Atividade anticâncer, vasodilatadora, anti-inflamatória e antioxidante	Soja, frutas cítricas, tomate, pimentão, alcachofra, cereja
Fibras	Reduz risco de câncer de cólon, melhora o funcionamento intestinal. As solúveis podem ajudar no controle da glicemia e no tratamento da obesidade, pois dão maior saciedade.	Cereais integrais como aveia, centeio, cevada, farelo de trigo etc.; leguminosas como soja, feijão, ervilha etc.; hortaliças com talos e frutas com casca

Fonte: Adaptado de Biblioteca Virtual em Saúde (10).

Na medida em que o conhecimento a respeito dos potenciais benefícios dos alimentos funcionais para a saúde humana torna-se amplamente difundido cada vez mais eles irão desempenhar um papel decisivo na alimentação e nutrição humana. E, para que isso ocorra é necessário novas pesquisas que utilizam extratos naturais em matrizes alimentares diversas, e que sejam capazes de impactar as propriedades sensoriais, físico-químicas, reológicas e funcionais desses alimentos (14).

2.1 Probióticos e prebióticos

Alimentos contendo microrganismos probióticos também são caracterizados como funcionais. As bactérias probióticas já possuem base estabelecida por diversas pesquisas e são microrganismos vivos, que quando são ingeridos em quantidades

adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (15). Esses microrganismos são caracterizados por gêneros como *Lactobacillus* spp, *Leuconostoc* spp, *Bifidobacterium* spp e *Streptococcus* que colonizam o intestino humano controlando a disbiose, atuando na manutenção do balanço da microbiota intestinal, promovendo o antagonismo do crescimento de patógenos, fortalecendo o sistema imunológico, reduzindo a intolerância à lactose. Além disso, aumentam a proteção contra infecções intestinais e atuam na prevenção de diversas doenças como o câncer de cólon ou colorretal (16,17,18).

A pesquisa e indústria têm desenvolvido vários produtos contendo probióticos, o processamento e industrialização desse tipo de alimento funcional pode propiciar a biodisponibilização de nutrientes presentes, atuar em características sensoriais para melhorar sabor e textura. Outros benefícios são maior vida de prateleira e segurança microbiana, além de maior valor agregado (19).

Cepas probióticas eram tradicionalmente adicionadas a produtos lácteos, mas tem aumentado consideravelmente os estudos que mostram os vegetais como potenciais carreadores de microrganismos probióticos (20, 21).

Estudos anteriores preconizavam que para exercer benefícios, os microrganismos precisavam estar viáveis e com contagem mínima de 10^6 UFC/g ao chegarem no local de interesse no organismo humano. Porém seguir essa recomendação sempre foi desafiador por causa da ação de enzimas, sais biliares, e alterações de pH enfrentados durante a passagem pelo sistema gastrointestinal. Mas pesquisas mais recentes apontam que até mesmo os metabólitos, fragmentos e as células não viáveis dessas bactérias são importantes para o equilíbrio da microbiota intestinal. Sendo estes até mais seguros para serem utilizados por pessoas com algum comprometimento do sistema imune e neonatos (23).

Com o intuito de manter a estabilidade e sobrevivência dos probióticos podem ser adicionados ingredientes prebióticos aos alimentos, estes são resistentes à ação de enzimas digestivas, mas são fermentados por bactérias, sendo assim importante substrato para esses microrganismos. A adição de prebióticos é um dos vários mecanismos aplicados para manter a estabilidade das bactérias probióticas por seu efeito protetor sobre as mesmas (24,28).

Os benefícios dos prebióticos são resultantes das alterações positivas promovidas por estes no microbioma do intestino, conforme formas e periodicidade de consumo e também a fonte alimentar utilizada (22,27,19). A elaboração de produtos contendo ingredientes prebióticos pode resultar em melhores propriedades reológicas, características físico-químicas e também maior aceitabilidade sensorial desse produto (28).

Alimentos onde há a associação de microrganismos probióticos com prebióticos são descritos como simbióticos (20). Alguns dos principais ingredientes com propriedades prebióticas já descritos são mostrados na tabela 1.

Tabela 2 – Principais ingredientes prebióticos, fontes, aplicação e benefícios

Prebiótico	Inulina	FOS e oligofrutose	Galactanos (Galactooligosacarídeos) - GOS	Xilooligosacarídeo – (XOS)
Descrição	Polissacarídeo linear, ligações β - $(2 \rightarrow 1)$ d - frutossil-frutose -	Unidades de glicose e frutose ligadas por ligações glicosídicas do tipo β $(2 \rightarrow 1)$.	Unidades de oligogalactose ligadas por ligações β $(1 \rightarrow 6)$, β $(1 \rightarrow 4)$ e β $(1 \rightarrow 3)$	Unidades de xilose ligadas através de ligações β $(1 \rightarrow 4)$
Fonte	Carboidrato de reserva de várias espécies de plantas, as principais são alcachofra e chicória	Ação das frutossiltransferases promovendo hidrólise parcial da inulina ou sacarose	Leite materno, forma comercial obtida por reações de lactose e transgalactosilação	Célula vegetal, farelo de trigo e arroz, bagaço de cana-de-açúcar, sabugo e colmo de milho, casca de coco por hidrólise enzimática
Aplicação	Substituição gordura, açúcar, utilizada para influenciar textura e volume. Aplicação farmacêutica	Substituição parcial da sacarose em sucos	Adição em fórmulas infantis	Substituição da sacarose e glicose
Benefícios	Baixo valor calórico, atenua a constipação, estimula o sistema imunológico, saciedade e melhor absorção de magnésio, ferro e cálcio	Baixo valor calórico, propriedades bioativas, não cariogênico.	Redução de citocinina inflamatória, estímulo do crescimento de bifidobactérias e redução dos níveis de ansiedade em camundongos	Possui baixo valor calórico, potencial prebiótico para <i>L. plantarum</i> , <i>L. brevis</i> e <i>L. rhamnosus</i>
Referência	Shoiab et al (23) Lopes et al (24) Silva et al (28)	Fonteles et al (22) Pimentel et al (27) Nobre et al (26)	Savignac et al (28) Pimentel et al (27) Gibson et al (29)	Jnawali et al (30) Farias et al (31) Ketsakhon et al (32) Kumari et al (33) Yan et al (34)

2.2 Ácidos graxos poliinsaturados

Os ácidos graxos, alguns também considerados como funcionais, são compostos formados por uma cadeia carbônica que contém em uma de suas extremidades um grupo carboxila e na outra extremidade um grupo metila. Os diferentes tipos de ácidos graxos são classificados, de acordo com a saturação da sua cadeia carbônica, como saturados ou insaturados (35,36).

A cadeia carbônica dos ácidos graxos saturados não apresenta ligações duplas, já a cadeia carbônica dos ácidos graxos poli-insaturados possui uma ou mais ligações duplas. Por sua vez, os ácidos graxos insaturados podem ser classificados em monoinsaturados, que são aqueles que possuem apenas uma ligação dupla e os poli-insaturados, que são aqueles que apresentam uma ou mais ligações duplas (37) (Figura 1).

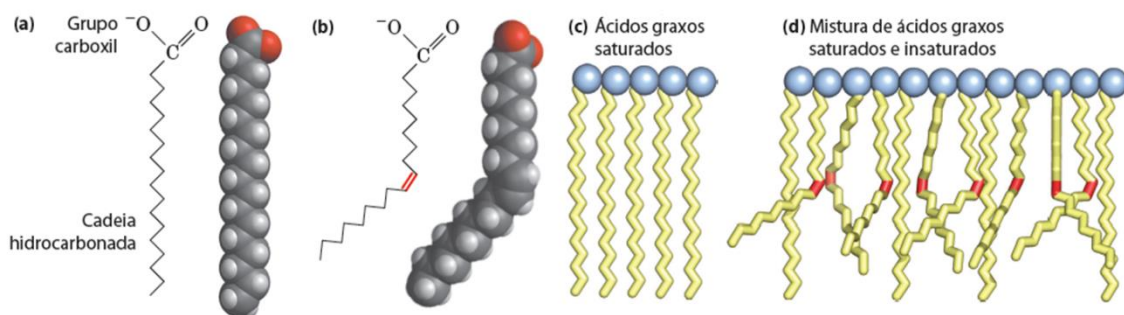


Figura 1: Ácidos graxos saturados e insaturados - (a) e (b) ácido graxo saturado; (c) ácido graxo insaturado. (d) mistura de ácidos graxos saturados e insaturados. **Fonte:** Princípios Bioquímicos de Lehninger (19).

Os ácidos graxos insaturados, por sua vez, são classificados de acordo com a posição da primeira dupla ligação a partir da extremidade metila terminal de sua cadeia carbônica (13,14), os das famílias ômega-3 (ω -3 alfa-linolênico-18:3n-3) e ômega-6 (ω -6 linolênico 18:2n-6) (Figura 2), têm sido os mais estudados devido à sua importância nutricional, suas funções biológicas e os potenciais benefícios para a saúde (13). Para explorar os benefícios desses compostos para a saúde especial atenção tem sido dado a fontes alimentares como: sementes oleaginosas, cereais, peixe e óleo de peixe (39)

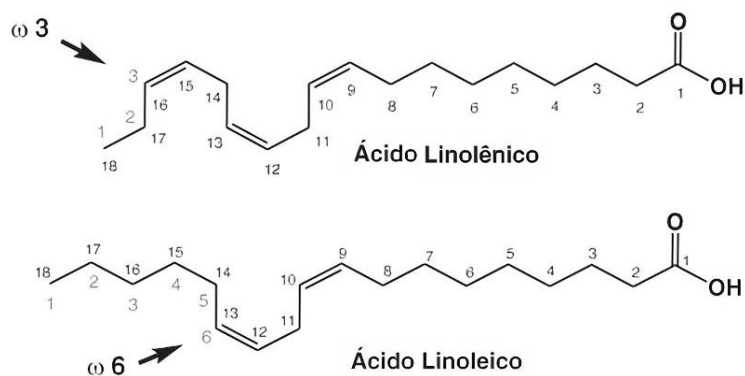


Figura 2: ácido graxo ômega-3 (ω -3) e ácido graxo ômega-6 (ω -6). **Fonte:** Bruice, (21)

Na verdade, o ômega-3 é uma mistura heterogênea formada pelos ácidos graxos: alfa-linolênico (18:3n-3), eicosapentaenóico ácido (20:5, n-3) e ácido docosahexaenóico (22:6, n-3) sendo os dois últimos considerados os mais bioativos (36,37).

Tanto os ácidos graxos monoinsaturados (AGM's) como os ácidos graxos poliinsaturados (AGP's) têm sido frequentemente associados a prevenção de doenças cardiovasculares, enquanto os ácidos graxos saturados têm sido mais frequentemente associados a disfunções metabólicas (38).

A suplementação alimentar baseada na ingestão dos AGM's e AGP's é fundamental, pois o organismo humano é incapaz de realizar a síntese endógena dos ácidos α -linoléico (18:3n-3) e ácido linoléico (18:2n-6) pela ausência da enzima dessaturase ω -3, que catalisa a adição de uma dupla ligação no carbono 15 dos ácidos graxos de cadeia longa (35).

Sendo assim a recomendação diária para ingestão de ácidos graxos poliinsaturados é de 230 g/semana de peixe, o que corresponde a aproximadamente 250 mg/dia de ácido eicosapentaenóico (20:5n-3) e docosapentaenóico (22:6n-3) (41). Isso corresponde a um consumo de peixe de no mínimo duas vezes por semana. De acordo com a *Food and Drug Administration* dos EUA, níveis de até 3 g/dia são considerados seguros, sendo que outras autoridades consideram seguro a ingestão de até 5–6 g/dia (42).

Os AGP's de fontes naturais podem ser adicionados aos alimentos com o objetivo de melhorar o conteúdo destes. Porém, o grande desafio para a produção desses tipos de alimentos está no fato desses compostos serem suscetíveis a reações oxidativas com conseqüente mudança nas propriedades sensoriais e de textura dos alimentos (43,44).

Nesse sentido, algumas estratégias de processamento e armazenamento têm sido exploradas, como o uso de antioxidantes, encapsulamento (liofilização, secagem por pulverização e granulação por spray, eletrospray, microgéis (14). Essas estratégias demonstram resultados promissores em relação à qualidade do produto (45,46).

O uso dos AGP's como ingrediente funcional em alimentos associado aos benefícios à saúde aponta para um novo caminho onde a utilização desse tipo de ingrediente é bastante promissora para a área de alimentos.

2.3 Antioxidantes

Os antioxidantes podem ser definidos como toda e qualquer substância que “quando presente em baixa concentração em comparação com a de um substrato oxidável no meio, inibe a oxidação do substrato” (28). A ação principal dos antioxidantes é retardar reações oxidativas tanto in vitro como in vivo (14).

De acordo com essa definição podem ser classificados como oxidantes: os compostos fenólicos (flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenóides, cumarinas, lignoides), os carotenoides (carotenos e xantofilas), os terpenóides (monoterpenos, triterpenos e sesquiterpenos) e alguns tipos de lipídios (tocoferóis e tocotrienóis) (14).

2.4 Benefícios dos alimentos funcionais para a saúde

Os alimentos funcionais são aqueles que além de contribuir com a nutrição básica do organismo, também auxiliam na prevenção e manejo das doenças, por meio dos seus efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios. Estes alimentos, apresentam em sua composição grande diversidade de compostos bioativos relacionados com a melhoria das condições físicas e mentais, além de contribuir significativamente para a redução dos danos celulares. Mesmo com algumas variações sobre a definição de "alimento funcional", há um consenso quanto ao fundamento, no qual destaca que estes devem estar presentes na dieta habitual dos indivíduos e em quantidades normais (48).

Neste sentido, estes alimentos podem contribuir para a redução das doenças não transmissíveis (DCNT), como doenças cardiovasculares (DCV), obesidade e diabetes mellitus (DM), que geralmente estão relacionadas a quadros inflamatórios, que contribuem para o aumento do estresse oxidativo das células (49). O aumento de espécies reativas de oxigênio (ERO) pelas células, resulta em um desequilíbrio entre antioxidantes e oxidantes no organismo, levando a condição de estresse oxidativo, que estimula a produção de citocinas pró-inflamatórias e conseqüentemente, a inflamação (50). Além disso, as DCNT têm se tornado uma preocupação cada vez mais constante, considerando o aumento de casos de dislipidemia, hipertensão arterial, obesidade, além de fatores modificáveis, como tabagismo, sedentarismo, consumo de bebidas alcoólicas e estresse (51). Assim, uma alimentação saudável, com a inserção de alimentos funcionais e modificação do estilo de vida podem contribuir para melhora da qualidade de vida de indivíduos saudáveis ou que possuem doenças (52).

Os mecanismos de ação dos alimentos funcionais na saúde cardiovascular, são variáveis, dependem de qual o composto bioativo presente e qual a via de atuação envolvida. No entanto, acabam por contribuir para a regulação do estresse oxidativo, atividade anti-inflamatória e suspensão do apoptose nas células. Os curcuminóides que são compostos bioativos encontrados na cúrcuma, podem induzir a atividade de enzimas antioxidantes endógenas, retardar a formação de espécies reativas de oxigênio e preservar o potencial e a função redox mitocondrial (53). Estes compostos, também estão associados à expressão aumentada de linfoma de células B 2 (Bcl-2) em miócitos, o que contribui para o processo de eliminação das células que apresentam anomalias, resultando na manutenção da homeostase do tecido ao longo do desenvolvimento (54,55).

No diabetes mellitus, estudos evidenciam que o gengibre pode contribuir no tratamento fitoterápico (56,57,58). O potencial efeito do gengibre, está relacionado a substâncias como gingerdiona, pineno, capsaicina, zingiberol e gingerol, sendo este o mais abundante. No controle do DM, estas substâncias agem como inibidoras de enzimas como a α -amilase e α -glucosidase, responsáveis pelo metabolismo de carboidratos. No estudos de Li et al. (2012), foi observada a ação dos gingeróis presentes no extrato de gengibre em acetato de etila, assim os autores observaram que esta substância foi capaz de elevar a captação de glicose em células musculares esqueléticas de ratos, o que resultou no aumentando da translocação de GLUT4, principal transportador de glicose para a superfície da membrana plasmática (58). Além disso, o gingerol também pode estimular a captação de glicose sensível à insulina através dos adipócitos, se assemelhando a insulina. Deste modo, ocorre um aumento do uso periférico de glicose que contribui para

e elevar o estoque de glicogênio muscular e inibir os processos de gliconeogênese hepática e renal (59).

A atuação dos alimentos funcionais e seus compostos bioativos, também são reconhecidos em doenças do sistema imune, como exemplo, os gingeróis parecem suprimir as respostas fisiológicas, como as vias dos receptores fosfoinositídeo 3-quinase (PI3K) / Akt ou Toll-like e suprimir a resposta imune durante o desenvolvimento das células T e B, preservando o organismo (60). Outro efeito relacionado à imunidade, é apresentado pelo curcuminóides, que podem reduzir a atividade anti-inflamatória na artrite, uma doença autoimune. Deste modo, o composto atua na redução dos níveis de quinases, bem como na expressão do fator nuclear de células T ativadas e ativador do receptor do fator nuclear κ B, relacionado ao estresse e radicais livres (61).

2.4.1 – Sistema imunológico

O sistema imunológico é caracterizado por um conjunto de células como neutrófilos, linfócitos T e B que desempenham papéis fundamentais na prevenção de doenças e reações do organismo. Este sistema pode ser dividido em inato e adaptativo. O sistema inato está relacionado a defesas não específicas no processo de infecção, sendo responsável por uma resposta rápida, mas pouco específica contra o agente agressor. Este sistema é composto por barreiras físicas, químicas e biológicas, células especializadas e moléculas solúveis, que não dependem do contato prévio com o agente para se manifestarem (62).

As barreiras físicas são a primeira linha de defesa, sendo constituídas pela pele, lágrimas, saliva, pelos e muco. As lágrimas, saliva e o muco contêm enzimas em sua composição, responsáveis pela destruição da membrana celular dos patógenos. No entanto, se o patógeno consegue adentrar, há uma exposição à linha de defesa biológica. A qual na presença do agente agressor, inicia um processo inflamatório, que resulta no aumento do fluxo sanguíneo na área infectada. Com o aumento neste fluxo, os glóbulos brancos, células de defesa especializadas, são destinados para o local e realizam a fagocitose dos patógenos e a liberação de substâncias inflamatórias (63).

O sistema adaptativo, atua quando as defesas do sistema inato, não foram suficientes ou eficientes, assim, são acionadas respostas com maior especificidade e reconhecimento, bem como melhor memória, autolimitação e tolerância pelo próprio organismo. Diferente da resposta inata, a adaptativa depende da ativação de glóbulos brancos especializados e das respectivas substâncias produzidas por eles. Deste modo, uma resposta imune específica será implementada pelos antígenos, que agem de forma exclusiva para cada patógeno (63, 64).

Manter uma boa imunocompetência, em ambos os sistemas, está fortemente relacionado à adequação de nutrientes presentes no organismo, que por sua vez podem variar a depender de fatores como a composição da dieta, bem como a variedade e qualidade dos alimentos presentes nas refeições. Deste modo, é fundamental manter uma alimentação adequada desde a concepção até a fase adulta, a fim de prevenir doenças imunológicas durante a vida (62,65).

Neste sentido, os alimentos funcionais podem contribuir para a melhora das respostas imunológicas, tendo em vista sua composição rica em vitaminas, minerais, ácidos graxos, carotenoides e flavonoides. Os micronutrientes, como vitaminas e minerais, atuam na regulação dos processos fisiológicos, o zinco destaca-se como responsável pelo desenvolvimento e atividade das células imunes inatas, assim a deficiência deste mineral, é prejudicial para a fagocitose dos macrófagos e para a morte intracelular (66). A vitamina C é um importante cofator em vias relacionadas ao sistema imunológico, sendo relacionado a eliminação de espécies reativas de oxigênio, por meio de sua propriedade antioxidante que protege moléculas como proteínas, lipídios e nucleotídeos dos danos oxidativos. Em caso de deficiência desta vitamina, ocorre uma ativação exacerbada de fatores pró-inflamatórios como o NF- κ B, resultando em maior vulnerabilidade do organismo (67).

2.4.2 – Redução de alergias alimentares

A alergia alimentar, corresponde a resposta imunológica referente a exposição a um determinado alérgeno alimentar, sendo provocada por um erro no sistema imunológico. Deste modo, os indivíduos alérgicos possuem um sistema imune que não é capaz de diferenciar substâncias nocivas das que não apresentam riscos, o que resulta na produção de anticorpos que atuam contra uma ou várias dessas substâncias inofensivas, dando origem a uma reação alérgica (68). Geralmente, as alergias são confundidas com intolerâncias, visto que em alguns casos são observadas manifestações de sintomas gastrointestinais. No entanto, a intolerância, como a intolerância à lactose é uma reação causada pela ingestão do leite, esta não é mediada pelo sistema imune e sim, associada ao metabolismo da substância, onde não há ou está deficiente a produção da enzima lactase (69).

Os alérgenos, são substâncias capazes de estimular uma resposta de hipersensibilidade, geralmente estas moléculas são glicoproteínas hidrossolúveis que podem ser modificadas durante a digestão, resultando em aumento ou redução da alergenicidade. Os alérgenos alimentares, mais relacionados a manifestações graves de alergia são termoestáveis e resistentes a ácidos e proteínas. Deste modo, muitos alimentos podem causar reações alérgicas, sendo que 80% das manifestações ocorrem após a ingestão de leite de vaca, soja, ovo, trigo, castanhas, amendoim e frutos do mar. No entanto, novos alérgenos vem sendo estudados, como o gergelim, kiwi e mandioca (70).

Neste sentido, pesquisas também têm observado que apenas a exposição aos agentes alérgenos não seria o suficiente para determinar o aumento global na incidência da doença, mas sim a presença de fatores de risco como ser lactente do sexo masculino, etnias asiáticas e africanas, desmame precoce, deficiência de vitamina D, redução do consumo de ácidos graxos poliinsaturados como o ômega 3, redução do consumo de antioxidantes, uso de exacerbado de antiácidos, o que resulta na piora da digestão dos alérgenos, além da obesidade, relacionada ao aumento da inflamação (71,72).

Uma alimentação equilibrada, rica em compostos bioativos auxilia na modulação do perfil imunológico, uma vez que há uma interação entre os micronutrientes consumidos nas dietas e o fortalecimento das células do sistema imune (73). Além disso, os componentes nutricionais também atuam na modulação do sistema imunológico

através da microbiota intestinal. Assim, ao consumir uma determinada dieta, a composição da microbiota sofre alterações que podem impactar na produção de substâncias e desencadear reações que afetam o sistema imunológico. Além disso, a microbiota está relacionada com a produção de ácidos graxos de cadeia curta (SCFA) e ligantes do receptor de hidrocarboneto de arilo (AHR), que atuam no desenvolvimento e atividade de células imunes específicas, incluindo as células T reguladoras e células linfoides inatas (ILCs). Dentre os macronutrientes, as proteínas destacam-se, pois, ao serem adicionadas à dieta, liberam peptídeos bioativos que podem atuar como antígenos e estimular a resposta imunológica (73, 74).

3. CONCLUSÃO

Os alimentos funcionais por meio dos compostos bioativos, como vitaminas, minerais, ácidos graxos, e por meio dos microrganismos probióticos auxiliam no desenvolvimento e na atividade das células do sistema imune. A partir da ingestão de uma dieta balanceada e rica em compostos bioativos e prebióticos, é possível realizar a manutenção do perfil imunológico, uma vez que ocorrem interações permanentes entre os nutrientes e as células do sistema imune. Deste modo, os alimentos funcionais também podem oferecer benefícios nos casos de alergias alimentares, visto que dentre os fatores de risco relacionados a doenças estão deficiências de vitaminas, redução no consumo de ácidos graxos polinsaturados e condições como o aumento do estado inflamatório na obesidade. Sendo que estes fatores são modificáveis através de mudanças na alimentação e implementação de alimentos funcionais na dieta.

4. REFERÊNCIAS

1. Otles, S.; Gokgunec, L. Safety Considerations in Developing Functional Foods and Nutraceuticals. In Reference Module in Food Science; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2023.
2. Tsoupras, A. et al. "Chapter 14 – Functional foods: growth, evolution, legislation, and future perspectives"; Academic Press – Functional Foods and Their Implications for Health Promotion, 2023, p.367-377.
3. Manzoor S, Wani SM, Ahmad Mir S, Rizwan D. Role of probiotics and prebiotics in mitigation of different diseases. Nutrition. 2022 Apr; 96:111602.
4. Alhusseiny SM, El-Beshbishi SN. Omega polyunsaturated fatty acids and parasitic infections: An overview. Acta Tropica. 2020 Jul; 207:105466.
5. Chang JPC, Tseng PT, Zeng BS, Chang CH, Su H, Chou PH, et al. Safety of Supplementation of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Advances in Nutrition (Bethesda, Md) [Internet]. 2023 Aug 9 [cited 2023 Oct 2]; S2161-8313(23)013534.
6. Sanjeewa KKA, Herath KHINM, Kim YS, Jeon YJ, Kim SK. Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from seaweeds and microalgae. TrAC Trends in Analytical Chemistry [Internet]. 2023 Oct 1 [cited 2023 Oct 29]; 167:117266.
7. Sarangi PK, Vivekanand V, Gunda M, Pattnaik B, Muddapur U, Aminabhavi TM., "Production of bioactive phenolic compounds from agricultural by-products towards bioeconomic perspectives", Journal of Cleaner Production Volume :414 / 137460 / 2023.

8. Sazmin Sufi Suliman, Othman N, Noah M, Naim I. Separation of phenolic compounds from fruit processing wastewater using liquid membrane technology: A short review. *Biochemical Engineering Journal*. 2023 nov 1; 200:109096–6.
9. Ávila-Román J, Soliz-Rueda JR, Bravo FI, Aragonès G, Suárez M, Arola-Arnal A, et al. Phenolic compounds and biological rhythms: Who takes the lead? *Trends in Food Science & Technology* [Internet]. 2021 Jul 1 [cited 2022 Oct 30]; 113:77–85.
10. Brasil. Biblioteca Virtual em Saúde. Alimentos funcionais. 2009.
11. Anvisa. Resolução 19, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. D.O.U. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999. Disponível em:
<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjI1MQ%2C%2C>
Acesso em 12/10/2023
12. ANVISA. Resolução 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, constante do anexo desta portaria. D.O.U. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999. Disponível em: <https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjI0OQ%2C%2C>
C Acesso em 12/10/2023
13. Granato D, Barba FJ, Kovačević DB, Lorenzo JM, Cruz AG, Putnik P. Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2020 Jan 6;11(1).
14. Granato D, Nunes DS, Barba FJ. An integrated strategy between food chemistry, biology, nutrition, pharmacology, and statistics in the development of functional foods: A proposal. *Trends in Food Science & Technology*. 2017 Apr; 62:13–22.
15. FAO/WHO. Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria, 2001.
16. Martins EMF, Ramos AM, Vanzela ESL, Stringheta PC, de Oliveira Pinto CL, Martins JM. Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. *Food Research International* [Internet]. 2013 May [cited 2019 Dec 7];51(2):764–70.
17. Saber A, Alipour B, Faghfoori Z, Mousavi Jam A, Yari Khosroushahi A. Secretion metabolites of probiotic yeast, *Pichia kudriavzevii* AS-12, induces apoptosis pathways in human colorectal cancer cell lines. *Nutrition Research (New York, NY)* [Internet]. 2017 May 1 [cited 2022 May 27];41:36–46.
18. Maciel MIS, Souza MMB de. Prebiotics and Probiotics - Potential Benefits in Human Nutrition and Health [Internet]. www.intechopen.com. IntechOpen; 2020.
19. Pimentel TC, Torres de Assis BB, dos Santos Rocha C, Marcolino VA, Rosset M, Magnani M. Prebiotics in non-dairy products: Technological and physiological functionality, challenges, and perspectives. *Food Bioscience*. 2022 Apr;46:101585.
20. Almeida Costa N, de Almeida Paula D, Brêda JD, Rufino Vieira ÉN, Furtado Martins EM, Ramos AM. A symbiotic dessert composed of yam (*Dioscorea* sp.) and Ubá mango pulp (*Mangifera indica* L.). *LWT*. 2020 Nov;133:110074.
21. Oliveira PM, Leite Júnior BR de C, Martins EMF, Martins ML, Vieira ÉNR, de Barros FAR, et al. Mango and carrot mixed juice: a new matrix for the vehicle of probiotic lactobacilli. *Journal of Food Science and Technology* [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2023 Apr 21];58(1):98–109.
22. Fonteles TV, Rodrigues S. Prebiotic in fruit juice: processing challenges, advances, and perspectives. *Current Opinion in Food Science*. 2018 Aug;22:55–61.

23. Terpou, A.; Papadaki, A.; Lappa, I. K.; Kachrimanidou, V.; Bosnea, L. A.; Kopsahelis, N. Probiotics in Food Systems: Significance and Emerging Strategies Towards Improved Viability and Delivery of Enhanced Beneficial Value. *Nutrients*, vol. 11, no. 7, p. 1–32, 2019.
24. Ningtyas, D. W.; Bhandari, B.; Bansal, N.; Prakash, S. The viability of probiotic *Lactobacillus rhamnosus* (non-encapsulated and encapsulated) in functional reduced-fat cream cheese and its textural properties during storage. *Food Control*, vol. 100, p. 8–16, 2019. DOI 10.1016/j.foodcont.2018.12.048.
25. Shoaib M, Shehzad A, Omar M, Rakha A, Raza H, Sharif HR, et al. Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*. 2016 Aug;147:444–54.
26. Pinto M, Maurilio Lopes Martins, Ricardo B, Martins E, Afonso Mota Ramos, Cristianini M, et al. Development of a juçara and Ubá mango juice mixture with added *Lactobacillus rhamnosus* GG processed by high pressure. 2017 Apr 1;77:259–68.
27. Lightowler, H., Thondre, S., Holz, A., Theis, S. Replacement of glycaemic carbohydrates by inulin-type fructans from chicory (oligofructose, inulin) reduces the postprandial blood glucose and insulin response to foods: Report of two double-blind, randomized, controlled trials. *European Journal of Nutrition*, 57(3), 1259–1268. 2018. <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1409-z>
28. Silva ARA, Silva MMN, Ribeiro BD. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*. 2020 May;131:108972.
29. Nobre C, Alves Filho EG, Fernandes FAN, Brito ES, Rodrigues S, Teixeira JA, et al. Production of fructo-oligosaccharides by *Aspergillus ibericus* and their chemical characterization. *LWT [Internet]*. 2018 Mar 1 [cited 2020 Sep 26];89:58–64.
30. Savignac HM, Couch Y, Stratford M, Bannerman DM, Tzortzis G, Anthony DC, et al. Prebiotic administration normalizes lipopolysaccharide (LPS)-induced anxiety and cortical 5-HT_{2A} receptor and IL1- β levels in male mice. *Brain, Behavior, and Immunity*. 2016 Feb;52:120–31.
31. Gibson GR, Hutkins R, Sanders ME, Prescott SL, Reimer RA, Salminen SJ, et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology [Internet]*. 2017 Jun 14;14(8).
32. Jnawali P, Kumar V, Tanwar B, Hirdyani H, Gupta P. Enzymatic Production of Xylooligosaccharides from Brown Coconut Husk Treated with Sodium Hydroxide. *Waste and Biomass Valorization*. 2017 May 17;9(10):1757–66.
33. Farias D de P, de Araújo FF, Neri-Numa IA, Pastore GM. Prebiotics: Trends in food, health and technological applications. *Trends in Food Science & Technology [Internet]*. 2019 Nov 1;93:23–35.
34. Ketsakhon P, Thammasittirong A, Thammasittirong SNR. Adding value to rice straw waste for high-level xylanase production using a new isolate of *Bacillus altitudinis* RS3025. *Folia Microbiologica*. 2022 Aug 9.
35. Kumari K, Nagar S, Goyal S, Maan S. Hyper xylanase production and potential of xylooligosaccharides formation from a novel *Bacillus australimaris* KS2. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology [Internet]*. 2023 Oct 21 [cited 2023 Oct 30];102899.
36. Yan B, Gu Y, Yong Q, Lai C, Ling Z, Yong Q. Preparing xylooligosaccharides from paper mulberry branches as a promising prebiotic candidate for in vitro regulation of intestinal microbiota in colitis. *Industrial Crops and Products*. 2023 Dec 1;205:117521–1.
37. Moraes FP. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. *Revista Eletrônica de Farmácia [Internet]*. 2007 Oct 23;3(2).

38. D'Angelo S, Motti ML, Meccariello R. ω -3 and ω -6 Polyunsaturated Fatty Acids, Obesity and Cancer. *Nutrients* [Internet]. 2020 Sep 10;12(9).
39. Jeromson S, Gallagher I, Galloway S, Hamilton D. Omega-3 Fatty Acids and Skeletal Muscle Health. *Marine Drugs* [Internet]. 2015 Nov 19;13(11):6977–7004.
40. Gammone M, Riccioni G, Parrinello G, D'Orazio N. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: Benefits and Endpoints in Sport. *Nutrients* [Internet]. 2018 Dec 27;11(1):46.
41. Nelson, D.L.; Michael M.C. *Princípios de bioquímica de Lehninger*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
42. Kaur N, Chugh V, Gupta AK. Essential fatty acids as functional components of foods- a review. *Journal of Food Science and Technology* [Internet]. 2012 Mar 21;51(10):2289–303.
43. Bruice, P. Y. *Fundamentos de química orgânica*. Trad. A. J. P. Garcia. 2ª ed. São Paulo: Pearson, 2014
44. Albracht-Schulte K, Kalupahana NS, Ramalingam L, Wang S, Rahman SM, Robert-McComb J, et al. Omega-3 fatty acids in obesity and metabolic syndrome: a mechanistic update. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2018 Aug 1; 58:1–16.
45. Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). *EFSA Journal*. 2012 Jul;10(7).
46. Jiménez-Martín E, Pérez-Palacios T, Ruiz Carrascal J, Rojas TA. Enrichment of chicken nuggets with microencapsulated omega-3 fish oil: effect of frozen storage time on oxidative stability and sensory quality. *Food and Bioprocess Technology*. 2016;9(2):285-297
47. Lorenzo JM, Munekata PES, Pateiro M, Campagnol PCB, Domínguez R. Healthy Spanish salchichón enriched with encapsulated n – 3 long chain fatty acids in konjac glucomannan matrix. *Food Research International*. 2016 Nov; 89:289–95
48. Munekata PES, Domínguez R, Franco D, Bermúdez R, Trindade MA, Lorenzo JM. Effect of natural antioxidants in Spanish salchichón elaborated with encapsulated n-3 long chain fatty acids in konjac glucomannan matrix. *Meat Science*. 2017 Feb; 124:54–60
49. Penko A, Polak T, Lušnic Polak M, Požrl T, Kakovič D, Žlender B, et al. Oxidative stability of n-3-enriched chicken patties under different package-atmosphere conditions. *Food Chemistry*. 2015 Feb; 168:372–82.
50. Halliwell, B.; Gutteridge, J.M.C. Antioxidant defenses synthesized in vivo. In *Free Radicals in Biology and Medicine*, ed. B Halliwell, JMC Gutteridge, Oxford, UK: Oxford Univ. Press. 5th ed.; 2015, pp. 77–152.
51. Granato D, Branco GF, Nazzaro F, Cruz AG, Faria JAF. Functional Foods and Nondairy Probiotic Food Development: Trends, Concepts, and Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2010 May;9(3):292–302.
52. Furman D, Campisi J, Verdin E, Carrera-Bastos P, Targ S, Franceschi C, et al. Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span. *Nature Medicine*. 2019 Dec;25(12):1822–32.
53. Soomro S. Oxidative Stress and Inflammation. *Open Journal of Immunology*. 2019;09(01):1–20.
54. Shatwan IM, Almoraie NM. Correlation between dietary intake and obesity risk factors among healthy adults. *Clinical Nutrition Open Science*. 2022 Aug
55. Afshin A, Sur PJ, Fay KA, Cornaby L, Ferrara G, Salama JS, et al. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*. 2019 Apr 3;393(10184):1958–72.

56. Yang C, Wu K, Li SH, You Q. Protective effect of curcumin against cardiac dysfunction in sepsis rats. *Pharmaceutical Biology*. 2013 Jan 22;51(4):482–7.
57. He H, Luo Y, Qiao Y, Zhang Z, Yin D, Yao J, et al. Curcumin attenuates doxorubicin-induced cardiotoxicity via suppressing oxidative stress and preventing mitochondrial dysfunction mediated by 14-3-3 γ . *Food & Function*. 2018;9(8):4404–18.
58. Coban D, Milenkovic D, Chanet A, Khallou-Laschet J, Sabbe L, Palagani A, et al. Dietary curcumin inhibits atherosclerosis by affecting the expression of genes involved in leukocyte adhesion and transendothelial migration. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2012 Jul 2;56(8):1270–81.
59. Li Y, Tran VH, Duke CC, Roufogalis BD. Preventive and Protective Properties of *Zingiber officinale* (Ginger) in Diabetes Mellitus, Diabetic Complications, and Associated Lipid and Other Metabolic Disorders: A Brief Review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine [Internet]*. 2012 [cited 2019 Nov 15]; 2012:1–10. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3519348/>
60. Li Y, Tran V, Duke C, Roufogalis B. Gingerols of *Zingiber officinale* Enhance Glucose Uptake by Increasing Cell Surface GLUT4 in Cultured L6 Myotubes. *Planta Médica*. 2012 Jul 24;78(14):1549–55.
61. Ebrahimzadeh A, Ebrahimzadeh A, Mirghazanfari SM, Hazrati E, Hadi S, Milajerdi A. The effect of ginger supplementation on metabolic profiles in patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine [Internet]*. 2022 May 1; 65:102802. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965229922000048>
62. Sekiya K, Ohtani A, Kusano S. Enhancement of insulin sensitivity in adipocytes by ginger. *BioFactors*. 2004;22(1-4):153–6.
63. Kiyama R. Nutritional implications of ginger: chemistry, biological activities and signaling pathways. *The Journal of Nutritional Biochemistry [Internet]*. 2020 Dec 1; 86:108486. Disponible en : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0955286320305180#:~:text=Ginger%20constituents%20are%20involved>
64. Shang W, Zhao LJ, Dong XL, Zhao ZM, Li J, Zhang BB, et al. Curcumin inhibits osteoclastogenic potential in PBMCs from rheumatoid arthritis patients via the suppression of MAPK/RANK/c-Fos/NFATc1 signaling pathways. *Molecular Medicine Reports*. 2016 Aug 25;14(4):3620–6.
65. Hachimura S, Totsuka M, Hosono A. Immunomodulation by food: impact on gut immunity and immune cell function. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2018 Apr 3;82(4):584–99
66. Pahwa H, Sharan K. Food and nutrition as modifiers of the immune system: A mechanistic overview. *Trends in Food Science & Technology*. 2022 May;123:393–403.
67. Redondo N, Nova E, Gomez-Martínez S, Díaz-Prieto LE, Marcos A. Diet, Nutrition and the Immune System [Internet]. Ferranti P, Berry EM, Anderson JR, editors. ScienceDirect. Oxford: Elsevier; 2019 [cited 2023 Oct 28]. p. 250–5. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780081005965220477>.
68. Anal AK, Koirala S, Karna A, Umar M, Thapa SP. Immunomodulation and enhancing the immunity: Unveiling the potential of designer diets. *Future Foods [Internet]*. 2023 Dec 1 [cited 2023 Oct 28]; 8:100246. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666833523000321>
69. Shah D, Sachdev HS, Gera T, De-Regil LM, Peña-Rosas JP. Fortification of staple foods with zinc for improving zinc status and other health outcomes in the general population. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016 Jun 9;.

70. Eigenschink M, Danylo Savran, Zitterer CP, Granitzer S, Fritz M, Baron DM, et al. Redox Properties of Human Erythrocytes Are Adapted for Vitamin C Recycling. *Frontiers in Physiology*. 2021 Dec 6;12.
71. Bush RK, Hefle SL. Food allergens. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1996 Nov;36(sup001):119–63.
72. Solé D, Silva LR, Cocco RR, Ferreira CT, Sarni RO, Oliveira LC, et al. Consenso Brasileiro sobre Alergia Alimentar: 2018 - Parte 1 - Etiopatogenia, clínica e diagnóstico. Documento conjunto elaborado pela Sociedade Brasileira de Pediatria e Associação Brasileira de Alergia e Imunologia. *Arquivos de Asma, Alergia e Imunologia*. 2018;2(1).
73. Nelson Augusto Rosario-Filho, Miuki C, Dirceu Solé, Condino-Neto A, Karla L, Beatriz Tavares Costa-Carvalho, et al. Pediatric allergy and immunology in Brazil. *Pediatric Allergy and Immunology*. 2013 Jun 1;24(4):402–9.
74. Sicherer SH, Sampson HA. Food allergy: Epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* [Internet]. 2014 Feb;133(2):291-307.e5. Available from: [https://www.jacionline.org/article/S0091-6749\(13\)01836-8/fulltext](https://www.jacionline.org/article/S0091-6749(13)01836-8/fulltext)
75. Visness CM, London SJ, Daniels JL, Kaufman JS, Yeatts KB, Siega-Riz AM, et al. Association of obesity with IgE levels and allergy symptoms in children and adolescents: Results from the National Health and Nutrition Examination Survey 2005-2006. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2009 May;123(5):1163-1169.e4.
76. Colonna M. The immune system and nutrition: Homing in on complex interactions. *Seminars in Immunology*. 2015 Sep;27(5):297–9.
77. Redondo N, Nova E, Gomez-Martínez S, Díaz-Prieto LE, Marcos A. Diet, Nutrition and the Immune System [Internet]. Ferranti P, Berry EM, Anderson JR, editors. ScienceDirect. Oxford: Elsevier; 2019. p. 250–5.

Capítulo 43

DOI: 10.53934/IIICBPAV-43

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO PÓ DE QUIABO RECONSTITUÍDO EM DIFERENTES MEIOS LÍQUIDOS

Francislaine Suelia dos Santos *; Thalís Leandro Bezerra de Lima 
Yaroslávia Ferreira Paiva ; Lumara Tatiely Santos Amadeu ; Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo 
Alexandre José de Melo Queiroz ; Laíza Soliely Costa Gonçalves 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: francislainesuelis@gmail.com

Resumo: O quiabo é uma hortaliça que se destaca agronomicamente por apresentar ciclo vegetativo rápido de alto rendimento, além de considerável valor alimentício e nutritivo. Em razão da sua composição e de ser consumido ainda verde e tenro, a sua vida útil é bastante curta. Logo, objetivou-se desidratar o quiabo e avaliar o comportamento reológico do produto em pó reconstituído em diferentes meios líquidos. O quiabo integral foi cortado em fatias de aproximadamente 2 mm, congelados e liofilizado; em seguida foi realizada a reconstituição do pó na proporção 1:15 (massa:volume) em três bases: água, leite integral e leite de coco comercial; as reconstituições foram realizadas com as bases aquecidas em temperatura aproximada de 97 °C onde, ao atingir a ebulição, eram retiradas do aquecimento e recebiam a adição do pó. O comportamento reológico foi realizada nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C, com velocidades de rotação de 5 a 200 rpm. Verificando-se que a reconstituição do pó de quiabo em leite integral apresentou maior viscosidade aparente em todas as velocidades de rotação, quando comparado com água e leite de coco. Os valores das viscosidades reduziram com o aumento da velocidade de rotação, se comportando como fluidos pseudoplásticos. O umedecimento e reconstituição do pó em diferentes solventes, mostrou que o pó de quiabo apresentou alta viscosidade e capacidade de emulsão, podendo ser utilizado na indústria alimentícia como matéria-prima para diversas aplicações.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench; liofilização; regeneração; viscosidade aparente

Abstract: Okra is a vegetable that stands out agronomically for its fast growing cycle and high yields, as well as its considerable food and nutritional value. Due to its composition and the fact that it is consumed while still green and tender, its shelf life is quite short. The aim was therefore to dehydrate okra and evaluate the rheological behavior of the reconstituted powdered product in different liquid media. The whole okra was cut into slices of approximately 2 mm, frozen and freeze-dried; the powder was then reconstituted in a ratio of 1:15 (mass:volume) in three bases: water, whole milk and commercial coconut milk; the reconstitutions were carried out with the bases heated to a temperature of approximately 97 °C where, when they reached boiling point, they were removed from

the heat and the powder was added. The rheological behavior was carried out at temperatures of 20, 30, 40 and 50 °C, with rotation speeds ranging from 5 to 200 rpm. The reconstitution of okra powder in whole milk was found to have a higher apparent viscosity at all rotation speeds when compared to water and coconut milk. The viscosity values decreased with increasing rotation speed, behaving like pseudoplastic fluids. Wetting and reconstituting the powder in different solvents showed that okra powder had a high viscosity and emulsifying capacity and could be used in the food industry as a raw material for various applications.

Key Word: *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench; freeze-drying; regeneration; apparent viscosity

INTRODUÇÃO

O quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), da família *Malvaceae*, é um vegetal cultivado principalmente em regiões tropicais e subtropicais. É fonte de fibras, proteínas, minerais, carboidratos, vitaminas A e C, cálcio, ferro, niacina, antioxidantes, clorofila, celulose, aminoácidos, ácidos graxos insaturados, fenólicos, flavonoides, pectinas e polissacarídeos (1, 2, 3). No Brasil, o quiabo foi introduzido com o comércio de escravos e se espalhou para todas as regiões do país, especialmente nas regiões Nordeste e Sudeste, por possuir um clima bastante favorável para o seu desenvolvimento (4). São consumidos ainda imaturos, isoladamente ou em combinação com legumes em diferentes preparações (5). O quiabo é capaz de formar soluções viscosas e espessas quando em contato com a água, devido à sua elevada concentração de polissacarídeos, destacando-se em sua composição a galactose, ácido galacturônico e ramnose, possuindo grande interesse em aplicações alimentares e não alimentares (6, 7).

Assim como as demais hortaliças, o quiabo é um produto altamente perecível, com vida pós-colheita muito curta. A sua forma de comercialização tradicional normalmente é *in natura*. Nesse caso, o fruto é exposto na maioria das vezes, em bancas não refrigeradas, o que reduz sua qualidade e tempo de vida útil. O fruto do quiabeiro é colhido quando está parcialmente desenvolvido e fisiologicamente imaturo, e quando ultrapassa esse estágio tornam-se endurecidos e fibrosos, perdendo a aceitabilidade comercial (5).

A fim de ampliar a oferta e o consumo do quiabo, deve-se considerar a aplicação de métodos de conservação, que além de estender a vida útil agregam valor à matéria-prima. Dentre estes, a secagem é uma das técnicas de preservação mais empregadas em produtos agrícolas, apresentando-se como uma boa alternativa para manter a qualidade pós-colheita do quiabo. Trata-se de um processo de preservação no qual o teor de água é reduzido a um nível que o produto torna-se quimicamente estável, evitando assim a deterioração microbiana e reações bioquímicas que afetam a qualidade do produto, como também desperdícios e perdas pós-colheita (8).

Uma variedade de técnicas de secagem está disponível para uso na escala industrial. Dentre elas, a liofilização é considerada um dos melhores métodos para a

secagem de frutas e vegetais (9). Compreende um processo de secagem no qual uma amostra é previamente congelada e então a quantidade de água é reduzida por sublimação e posteriormente por dessorção, passando pelos processos de congelamento inicial, secagem primária e secagem secundária (10). Segundo Paiva et al. (9) os alimentos liofilizados são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais, uma vez que empregam baixas temperaturas em seu processamento, mostrando-se eficiente, comparado a outros meios de desidratação.

Para que um produto em pó receba aceitação pelo mercado consumidor é fundamental que o pó tenha a capacidade de se reconstituir em um produto comercial. Isso pode se dar através do umedecimento do pó com a utilização de solventes, como a água. A quantidade de água necessária para que haja a reidratação do produto depende da presença de macro e microporos nos pós, definindo assim a sua viscosidade e a sua capacidade de dissolução (11).

O estudo do comportamento reológico de produtos alimentícios apresenta importância em todas as etapas de produção, desde o processamento até o consumidor final, principalmente pela alteração nas temperaturas de trabalho e estocagem, prevenindo possíveis mudanças que o produto pode sofrer ao longo do tempo (12).

Diante do exposto objetivou-se desidratar o quiabo e avaliar o comportamento reológico em diferentes temperaturas do produto em pó, reconstituído em diferentes meios líquidos.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima e processamento

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Campina Grande, PB.

A matéria-prima utilizada foi o quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) cilíndrico do subgrupo verde da variedade Santa Cruz, em estágio de maturação verde, advindos da região de Caturité, PB.

No laboratório, os quiabos foram selecionados manualmente, de forma a eliminar os que apresentavam danos físicos ou em outro estágio de maturação; em seguida foram submetidos a uma lavagem em água corrente e realizada a sanitização, imergindo-se os mesmos em recipiente contendo solução de hipoclorito de sódio com concentração de 50 ppm, durante 15 min, e por fim enxaguados em água corrente para retirar o excesso da solução de hipoclorito. Em seguida os quiabos foram cortados em fatias com espessura padronizada de 2 mm.

Obtenção dos pós de quiabo

Para obtenção do quiabo liofilizado em pó, os mesmos em fatias, foram congelados em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 h e levados ao liofilizador de bancada (Liobras, modelo L101, Brasil), por um período de 72 h. Em seguida, as amostras desidratadas

foram trituradas em moinho de facas e peneiradas em peneiras de aço inoxidável com malha de 32 mesh, para padronização do pó.

Comportamento reológico

Foi realizada a reconstituição do pó na proporção 1:15 (massa:volume) (Figura 1) em três bases: água, leite integral e leite de coco comercial. As reconstituições foram realizadas com as bases aquecidas em temperatura aproximada de 97 °C onde, ao atingir a ebulição, eram retiradas do aquecimento e recebiam a adição do pó.



Figura 1 - Pó do quiabo reconstituído em água (A); leite integral (B); leite de coco (C)

O comportamento reológico foi verificado através das leituras de viscosidades aparentes dos pós reconstituídos, realizadas nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C, em viscosímetro Brookfield (modelo RVT, Brookfield Engineering Laboratories, E.U.A), em velocidades de rotação de 5, 10, 20, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 150, 160, 180 e 200 rpm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se nas Figura 2, 3, 4 e 5 as viscosidades aparentes dos pós de quiabo reconstituídos em água, leite integral e leite de coco nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C e velocidades de rotação de 5 a 200 rpm.

Na Figura 2 observa-se que a amostra reconstituída em leite integral apresentou maior viscosidade em todas as rotações em estudo em relação as demais amostras, com redução média de 47,58% no pó reconstituído em leite de coco e de 73,67% no material reconstituído em água. Comportamento semelhante foi verificado por Schmidt e Oliveira (13) ao realizarem a avaliação reológica e sensorial de espessantes domésticos (fécula de batata, amido de milho, polvilho doce e farinha de arroz) em diferentes líquidos (água, leite e suco de laranja) na temperatura de 25 °C, em que verificaram que as preparações com leite apresentaram maiores viscosidades aparentes quando comparadas com os demais líquidos utilizados nas reconstituições.

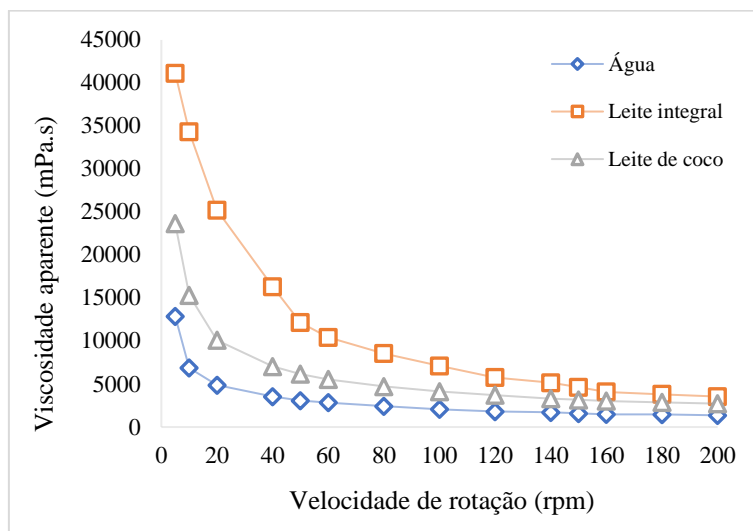


Figura 2 - Viscosidade aparente do pó do quiabo reconstituído em água, leite integral e leite de coco na temperatura de 20 °C

Observou-se que a viscosidade aparente apresentou tendência de diminuição nas três amostras em estudo, com o aumento da velocidade de rotação, significando que essas amostras se comportam como fluidos pseudoplásticos. Segundo Shamsudin et al. (14) essa redução pode ser justificada pela mudança estrutural da amostra decorrente das forças geradas com o aumento da velocidade, o que faz com que as partículas se rearranjem em direções paralelas, ocorrendo a quebra de partículas grandes em partículas menores, sendo que estas podem escoar mais facilmente na direção da tensão aplicada.

Na figura 3 apresenta-se as viscosidades aparentes das reconstituições do pó do quiabo em água, leite integral e leite de coco na temperatura de 30 °C. Observa-se que houve a redução da viscosidade, com elevação da velocidade de rotação, em todas as amostras, e assim como na temperatura de 20 °C os fluidos se comportaram como fluidos pseudoplástico.

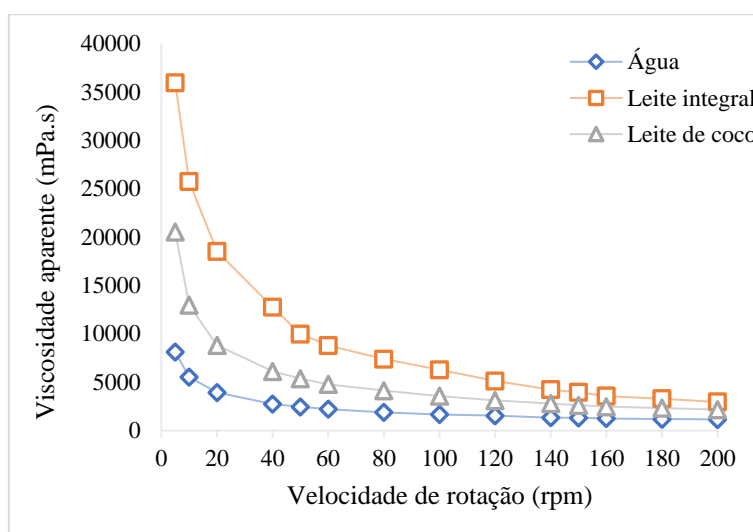


Figura 3 - Viscosidade aparente do pó do quiabo reconstituído em água, leite integral e leite de coco na temperatura de 30 °C

Verificou-se que assim como na temperatura de 20 °C (Figura 2) a amostra reconstituída em leite teve maior viscosidade aparente comparada às demais bases, seguida do leite de coco e da reconstituição em água. Segundo Sopade et al. (15) as diferenças de viscosidades entre água e leite para as mesmas amostras, ocorrem devido aos diferentes constituintes de cada amostra, que tem forte impacto nos resultados finais de viscosidade, indicando interações entre o agente espessantes e alguns constituintes das amostras como pectina, íons ou ácidos.

Na Figura 4 têm-se as viscosidades aparentes das reconstituições do pó do quiabo em água, leite integral e leite de coco na temperatura de 40 °C. Observou-se tendência de redução da viscosidade aparente com o aumento da velocidade de rotação para as amostras em estudo, sendo também classificadas como fluidos pseudoplásticos.

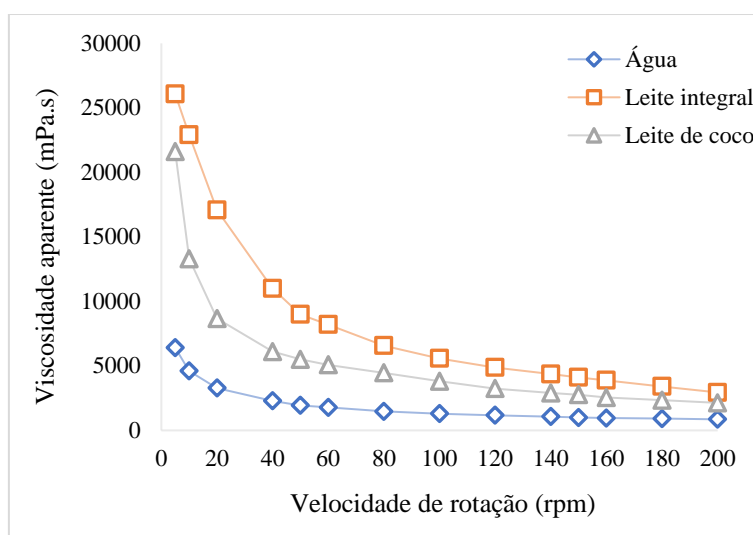


Figura 4 - Viscosidade aparente do pó do quiabo reconstituído em água, leite integral e leite de coco na temperatura de 40 °C

Assim como nas temperaturas anteriormente estudadas (20 e 30 °C) o pó reconstituído em leite integral apresentou maior viscosidade aparente, havendo uma menor diferença em relação às amostras reconstituídas em leite integral e leite de coco anteriormente estudadas. Em estudos realizados por Adeleye e Rachal (16) com várias bebidas espessadas (água, suco, café e leites) os autores verificaram que as amostras com base láctea foram as mais viscosas, concordando com os resultados deste trabalho.

Na Figura 5 observa-se as viscosidades aparentes das reconstituições do pó do quiabo em água, leite integral e leite de coco na temperatura de 50 °C. Verificou-se comportamento semelhante ao das amostras nas demais temperaturas estudadas (20, 30 e

40 °C), com redução da viscosidade em todas as amostras conforme o aumento da rotação, comportando-se como fluidos pseudoplásticos.

O material reconstituído em leite integral apresentou maior viscosidade aparente em relação ao leite de coco, que apresentou redução média de 38,09%, e da água, que apresentou uma redução média de 73,98%. Segundo Garcia et al. (17) o leite contém minerais e outros ingredientes que podem interagir com o espessante, resultando em maior capacidade de espessamento em relação a outros materiais.

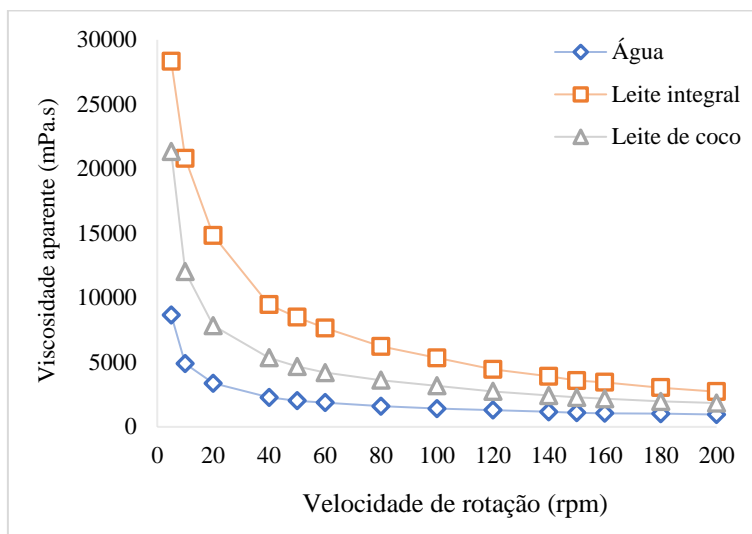


Figura 5 - Viscosidade aparente do pó do quiabo reconstituído em água, leite integral e leite de coco na temperatura de 50 °C

Comparando-se as viscosidades aparentes nas temperaturas estudadas observou-se que na maioria das temperaturas houve redução da viscosidade aparente com o aumento da temperatura. Esse é o comportamento esperado para grande parte dos materiais, visto que o aumento da temperatura dos fluidos leva ao aumento da mobilidade das moléculas, aumentando os espaços intermoleculares e promovendo o decréscimo da resistência ao escoamento, com conseqüente redução da viscosidade (18).

CONCLUSÕES

A amostra reconstituída em leite integral apresentou maior viscosidade aparente em todas as temperaturas estudadas. A viscosidade aparente apresentou tendência de diminuição nas três amostras em estudo, com o aumento da velocidade de rotação, significando que essas amostras se comportam como fluidos pseudoplásticos, justificada provavelmente pela mudança estrutural da amostra decorrente das forças geradas com o aumento da velocidade.

O umedecimento e reconstituição do pó em diferentes solventes, mostrou que o pó de quiabo apresentou alta viscosidade e capacidade de emulsão, podendo ser utilizado na indústria alimentícia como matéria-prima em diversas aplicações.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pela infraestrutura para o desenvolvimento da pesquisa.

O primeiro autor agradece à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba - FAPESQ pela sua bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Dubey P, Mishra S. A review on: Diabetes and okra (*Abelmoschus esculentus*). *J Med Plants Stud.* 2017;5(3):23–26.
2. Kpodo FM, Agbenorhevi JK, Alba K, Bingham RJ, Oduro IN, Morris GA, Kontogiorgos V. Pectin isolation and characterization from six okra genotypes. *Food Hydrocolloids.* 2017;72(1):323–330.
3. Xu X, Zhang L, Feng Y, Yagoub AEA, Sun Y, Ma H, Zhou C. Vacuum pulsation drying of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench): Better retention of the quality characteristics by flat sweep frequency and pulsed ultrasound pretreatment. *Food Chemistry.* 2020;326:127026.
4. Zheng W, Zhao T, Feng W, Wang W, Zou Y, Zheng D, Takase M, Li M, Wu H, Yang L, Wu X. Purification, characterization and immunomodulation activity of a polysaccharide from flowers of *Abelmoschus esculentus*. *Carbohydr Polym.* 2014;106(1):335–342.
5. Santos FS, Figueirêdo RMF, Queiroz AJM, Lima ARC, Lima TLB. The temperature effect in okra drying process: a kinetic study on powders physical properties. *Aust J Crop Sci.* 2021;15(5):649–660.
6. Ghori MU, Alba K, Smith A, Conway B. Okra extracts in pharmaceutical and food applications. *Food Hydrocoll.* 2014;42(P3):342–347.
7. Alba K, Kontogiorgos V. Pectin at the oil-water interface: Relationship of molecular composition and structure to functionality. *Food Hydrocoll.* 2017;68:211–218.
8. Castro AM, Mayoorga EY, Moreno FL. Mathematical modelling of convective drying of fruits: A review. *J Food Eng.* 2018;223:152–167.
9. Paiva YF, Figueirêdo RMFD, Queiroz AJDM, Santos FSD, Amadeu LTS, Lima AGBD, Lima TLBD, Silva WPD, Moura HV, Silva ETDV. Maltodextrin as a Drying Adjuvant in the Lyophilization of Tropical Red Fruit Blend. *Molecules.*

2023;28:6596.

10. Marques LG, Prado MM, Freire JT. Rehydration characteristics of freeze dried tropical fruits. *Food Sci Tech*. 2009;42(7):1232–1237.
11. Vissotto FZ, Montenegro FM, Santos JM, Oliveira SJR. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. *Ciência Tecnol Alime*. 2006;26(jul-set):666–671.
12. Vidal JRMB, Gasparetto CA, Grandin A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga. *Rev Ciênc Exatas Nat*. 2005;1(2):69–76.
13. Schmidt H, Oliveira VR. Avaliação reológica e sensorial de espessantes domésticos em diferentes líquidos como alternativa na disfagia. *Braz J Food Tech*. 2015;18(1):42–48.
14. Shamsudin R, Ling CS, Adzahan NM, Daud WRW. Rheological properties of ultraviolet-irradiated and thermally pasteurized Yankee pineapple juice. *J Food Eng*. 2013;116(2):548–553.
15. Sopade PA, Halley PJ, Cichero JAY, Ward LC, Liu J, Varlivieli S. Rheological characterization of food thickeners marketed in Australia in various media for the management of dysphagia. III: Fruit juice as a dispersing medium. *J Food Eng*. 2008;86(4):604–615.
16. Adeleye B, Rachal C. Comparison of the rheological properties of ready-to-service and powdered instant food-thickened beverages at different temperatures for dysphagic patients. *J Acad Nutri Dietet*. 2007;107(7):1176–1182.
17. Garcia JM, Chambers EIV, Matta Z, Clark M. Viscosity measurements of nectar- and honey-thick liquids: product, liquid, and time comparisons. *Dysphagia*. 2005;20(4):325–335.
18. Deshmukh PS, Manjunatha SS, Raju PS. Rheological behaviour of *enzyme clarified* sapota (*Achras sapota* L) juice at different concentration and temperatures. *J Food Sci Tech*. 2015;52(4):1896–1910.

Capítulo 44

DOI: 10.53934/IIICBPAV-44

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FARINHA DA CASCA DE UMBUGUELA (*Spondias* sp.) SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE BISCOITOS

Carlos Eduardo Alves Dantas *; Maria Eduarda Alves Dantas ; Vanessa Bordin Viera 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
carlos.eduardo@tecnico.ufcg.edu.br

Resumo: A umbuguela (*Spondias* sp.) é um fruto regional do Nordeste com potencial para exploração agroindustrial, mas os resíduos gerados a partir do seu processamento podem vir a se tornar um desafio ambiental. Uma alternativa a esse problema pode ser a utilização de parte desse resíduo, como as cascas, para a produção de farinha, a fim de aplicá-la na formulação de produtos alimentícios. O objetivo desse estudo foi avaliar a influência da aplicação de farinha da casca de umbuguela sobre as características físico-químicas de biscoitos. Foram elaboradas três formulações: uma controle, uma com 10% de substituição parcial da farinha de trigo pela farinha da casca de umbuguela e outra com 20%. Os biscoitos foram analisados quanto à umidade, cinzas, gordura, proteína, carboidratos, pH e atividade de água, com os dados tratados por ANOVA e teste de Tukey a 5% de probabilidade. O uso da farinha da casca de umbuguela causou um aumento gradual de cinzas nos biscoitos e uma redução do pH. A substituição de 20% promoveu um aumento no teor de umidade e atividade de água ($p < 0,05$), além de uma redução de proteína e gordura. Os carboidratos não foram afetados pela substituição. Conclui-se que o uso da farinha da casca de umbuguela pode influenciar as características físico-químicas de biscoitos, sobretudo aumentando o teor de cinzas e consequentemente o aporte de minerais, além de reduzir o pH dos biscoitos, que aliado à baixa umidade e atividade de água podem vir a conferir maior estabilidade.

Palavras-chave: composição centesimal; resíduo de fruta; produtos de panificação

Abstract: Umbuguela (*Spondias* sp.) is a regional fruit from the Northeast with potential for agro-industrial exploitation, but the waste generated from its processing could become an environmental challenge. An alternative to this problem could be the use of part of this waste, such as peels, for the production of flour, in order to apply it in the formulation of food products. The aim of this study was to evaluate the influence of applying umbuguela peel flour on the physical-chemical characteristics of cookies. Three formulations were prepared: a control, one with 10% partial replacement of wheat flour by umbuguela peel flour and another with 20%. The cookies were analyzed for moisture, ash, fat, proteins, carbohydrates, pH and water activity, with the data treated by ANOVA and Tukey's test

at 5% probability. The use of umbuguela peel flour caused a gradual increase in ash in the cookies and a reduction in pH. The 20% replacement promoted an increase in moisture content and water activity ($p < 0.05$), in addition to a reduction in protein and fat contents. Carbohydrates were not affected by the substitution. It is concluded that the use of umbuguela peel flour can influence the physical-chemical characteristics of the cookies, mainly increasing the ash content and consequently improving minerals, in addition to reducing the pH of the cookies, which combined with low humidity and activity of water can provide greater stability.

Key Words: proximal composition; fruit waste; bakery products

INTRODUÇÃO

Frutas e vegetais são *commodities* altamente utilizadas devido à consciência saudável dos consumidores, além de representarem um segmento predominante no setor nutricional e funcional de alimentos (1).

O Brasil possui características climáticas e geográficas favoráveis à produção de frutas nativas ou exóticas, porém várias delas permanecem inexploradas apesar do seu alto valor nutricional e potencial econômico (2).

Ademais, a existência de poucos estudos do ponto de vista nutricional, contribui para que o Brasil tenha uma baixa comercialização de produtos nativos, mesmo que muitas espécies de frutas nativas estejam distribuídas ao longo do país e façam parte da diversidade alimentar de várias comunidades (3).

Por outro lado, a demanda por frutas tropicais processadas tem atraído o agronegócio a atuar no Nordeste do Brasil (4), o que possibilita o uso de frutos nativos no processamento de alimentos e valorização de recursos naturais.

A indústria de frutas e vegetais, por sua vez, gera uma grande quantidade de resíduos orgânicos, representando um problema em termos de gestão e poluição ambiental (5). Esses resíduos, embora não façam parte dos hábitos alimentares da maior parte da população, podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de alimentos (6, 4).

A título de exemplo, farinhas obtidas a partir de cascas e sementes de frutas costumam apresentar boas características sensoriais e nutricionais para elaboração de produtos de panificação, quando utilizadas em substituição parcial da farinha de trigo e de milho (6).

De um ponto de vista regional, no Nordeste do Brasil, algumas frutas do gênero *Spondias* (como o umbu, a seriguela, o cajá etc.), incluindo a umbuguela (*Spondias* sp.) são comumente cultivadas em fundos de quintais ou em pequenos pomares, sendo consumidas *in natura*, vendidos em mercados locais ou às margens das rodovias (7).

A umbuguela apresenta amplas possibilidades de utilização com grande potencial socioeconômico (8), graças às suas características sensoriais agradáveis. Uma das alternativas de uso pode ser a produção de sua polpa, mas nesse processo a geração de resíduos pode se tornar um desafio. Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi

avaliar o uso da farinha da casca da umbuguela na elaboração de biscoitos e sua influência sobre as características físico-químicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção dos frutos e cascas de umbuguela

Os frutos de umbuguela foram coletados em um pomar particular localizado no Povoado Malhada de Dentro (-6.201950, -36.421177), zona rural do município de Currais Novos – RN, no primeiro trimestre de 2021.

Os frutos foram colhidos maduros e acondicionados em sacos plásticos e transportados, à temperatura ambiente, até o município de Cuité – PB. Os frutos foram sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 30 min. Após esse tempo, os frutos foram colocados para secar à temperatura ambiente.

O despulpamento foi feito manualmente, com auxílio de faca, colher e peneira de nylon. Um corte longitudinal foi feito, girando-se metade do fruto a fim de facilitar a retirada da polpa. As cascas foram separadas da polpa e dos caroços, sendo acondicionadas em recipientes plásticos e submetidas ao congelamento em refrigerador doméstico para posterior utilização.

Obtenção da farinha da casca de umbuguela

As cascas foram descongeladas à temperatura ambiente e em seguida foram dispostas em formas de alumínio forradas com papel manteiga, sendo então submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar (7Lab, modelo SSDic – 150 L) regulada a 60 °C por 20 h, até se tornarem quebradiças. Após a secagem, as cascas foram trituradas em liquidificador (Mondial, modelo L-550-W 2V) até a obtenção de um pó fino, o qual foi acondicionado em sacos plásticos e armazenado à temperatura ambiente em local seco e arejado até a sua utilização.

Elaboração dos biscoitos

Os biscoitos foram elaborados a partir da substituição parcial (% m/m) da farinha de trigo pela farinha da casca de umbuguela, de acordo com as formulações descritas na Tabela 1. Os seguintes ingredientes foram obtidos no mercado local de Cuité-PB: farinha de trigo tradicional tipo 1, margarina 60% lipídeos, açúcar cristal e amido de milho.

Tabela 1 – Formulações dos biscoitos

Formulação	Farinha de trigo	Farinha da casca de umbuguela	Margarina	Açúcar	Amido
BC*	100 g	0 g	60 g	50 g	30 g
BF10**	90 g	10 g	60 g	50 g	30 g
BF20***	80 g	20 g	60 g	50 g	30 g

*Biscoito controle; **Biscoito com 10% de farinha da casca de umbuguela; ***Biscoito com 20% de farinha da casca de umbuguela.

Os ingredientes sólidos foram previamente peneirados e misturados, incorporando-se a margarina manualmente até a obtenção de uma massa homogênea e moldável. A massa foi dividida em porções de cerca de 15 g e moldadas em formato esférico, sendo então levemente pressionadas em forma previamente untada com margarina e farinha de trigo. Os biscoitos foram assados em forno pré-aquecido a 220 °C por 25 min. Depois de resfriados, os biscoitos foram acondicionados em sacos plásticos e armazenados em ambiente seco e arejado até a realização das análises.

Análises físico-químicas

As análises de composição centesimal dos biscoitos e da farinha da casca de umbuguela foram realizadas em triplicata, seguindo-se os métodos do Instituto Adolfo Lutz (9). A umidade foi determinada por meio de secagem em estufa convencional (Medi-Clave, modelo 4) a 105 °C; as cinzas mediante incineração em forno mufla (JUNG, modelo 6455) a 550 °C; a proteína pelo método de Kjeldahl, adotando-se o fator de 6,25 para conversão do valor de nitrogênio total em proteína; os lipídeos foram extraídos a frio pelo método de Folch e posteriormente quantificados por gravimetria; e os carboidratos foram determinados por diferença, subtraindo-se o somatório de umidade, cinzas, proteína e lipídios de 100. Para obtenção dos valores de pH as amostras foram previamente diluídas em água destilada na proporção de 1:10, realizando-se a medida em pHmetro (Lucadema, modelo LUCA-210) previamente calibrado com soluções tampões 4,00 e 7,00; e a atividade de água analisada diretamente em aparelho específico (Decagon Devices, modelo AquaLab 4).

Análise estatística

Os dados relativos às análises físico-químicas da farinha da casca de umbuguela foram submetidos à análise estatística descritiva, com resultados expressos como média seguida de desvio-padrão. A mesma análise foi feita com os dados referentes aos biscoitos, porém aplicando-se também análise de variância ANOVA e teste de Tukey ($p < 0,05$) com auxílio do *software* Statistica versão 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização físico-química da farinha da casca de umbuguela estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização físico-químicas da farinha da casca de umbuguela

Parâmetro	Farinha da casca da umbuguela
Umidade (%)	14,09 ± 0,69
Cinzas (%)	4,02 ± 0,03
Gordura (%)	0,79 ± 0,09
Proteína (%)	3,78 ± 0,03
Carboidratos (%)	77,32 ± 0,64
Atividade de água	0,32 ± 0,00
pH	3,19 ± 0,01

A umidade presente na farinha da casca de umbuguela manteve-se condizente com o limite máximo de 15% estabelecido pela legislação brasileira para farinhas (10). Um baixo teor de água é essencial para a conservação de farinhas e redução de custos com armazenamento, logística e métodos de preservação química (11).

A porcentagem de cinzas na farinha se mostrou interessante pelo seu alto valor, uma vez que produtos secos e moídos obtidos a partir de sub-produtos de frutas são ricas fontes de minerais (12). O teor encontrado foi superior ao valor de 3,40% reportado na farinha da casca de umbu (11).

Com relação ao quantitativo de gordura na farinha de umbuguela, verificou-se um baixo valor, semelhante ao reportado em farinhas de cascas de umbu (*Spondias tuberosa*) com 0,69-0,71% (11) e ligeiramente abaixo da quantidade observada em farinha do resíduo da seriguela (*Spondias purpurea*) com 1,15% (4).

O conteúdo de proteína, por sua vez, foi baixo, porém dentro da faixa de 3 a 6% comumente reportada para farinhas elaboradas a partir de cascas de frutas (12).

A fração de carboidratos caracterizou-se como o principal constituinte da farinha, com 77,32%. Este resultado mostrou-se superior às quantidades verificadas em farinhas de epicarpo do cajá (*Spondias mombin*) obtidas por diferentes métodos de secagem – 59,19-66,45% (13).

A atividade de água da farinha da casca de umbuguela foi baixa (0,32), sendo inclusive inferior à da farinha de umbu obtida a partir de seus resíduos, cujo valor foi 0,51 (3). No tocante ao pH, este também se apresentou baixo, o que era esperado uma vez que os frutos maduros de umbuguela são naturalmente ácidos – com um pH em torno de 3,33 (8). O processo de secagem tende a concentrar solutos tais como ácidos orgânicos, o que favorece a redução de pH na farinha. Valores baixos de umidade, pH e atividade de água conferem estabilidade e segurança no armazenamento do produto em temperatura ambiente (3).

Os resultados referentes à caracterização físico-química das diferentes formulações de biscoito podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização físico-química dos biscoitos elaborados com farinha da casca de umbuguela

Parâmetro	Tratamentos		
	BC*	BF10**	BF20***
Umidade (%)	5,45 ^b ± 0,62	5,55 ^b ± 0,45	6,53 ^a ± 0,28
Cinzas (%)	0,84 ^c ± 0,01	0,98 ^b ± 0,00	1,15 ^a ± 0,01
Gordura (%)	15,83 ^a ± 0,13	15,63 ^a ± 0,12	15,07 ^b ± 0,12
Proteína (%)	4,94 ^a ± 0,16	4,94 ^a ± 0,19	4,38 ^b ± 0,16
Carboidratos (%)	72,93 ^a ± 0,50	72,89 ^a ± 0,43	72,85 ^a ± 0,52
Atividade de água	0,44 ^b ± 0,00	0,44 ^b ± 0,00	0,47 ^a ± 0,00
pH	5,52 ^a ± 0,09	4,42 ^b ± 0,05	3,93 ^c ± 0,10

*Biscoito controle; **Biscoito com 10% de farinha da casca de umbuguela; ***Biscoito com 20% de farinha da casca de umbuguela. Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Acerca do teor de umidade, a formulação BF20 apresentou o maior valor, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, respeitando, contudo, o limite máximo

de 14% preconizado pela legislação brasileira para biscoitos (14). É possível que a umidade presente na farinha da casca de umbuguela seja maior que a da farinha de trigo, de modo que sua substituição em 20% ocasionou um ligeiro aumento na umidade do biscoito. Essa tendência de aumento da umidade atrelada a uma maior substituição da farinha de trigo também foi observada por outros autores (15, 16, 17, 18).

Conforme evidenciado pela análise estatística, a porcentagem de cinzas nos biscoitos aumentou à medida que a substituição da farinha de trigo pela farinha da casca de umbuguela foi maior. Isto se deve ao fato de que a farinha do resíduo possui uma quantidade significativa de cinzas (Tabela 2), de modo que sua utilização pode melhorar o aporte de minerais nos biscoitos. Outros estudos também reportam o mesmo comportamento em função da substituição parcial da farinha de trigo por farinhas de resíduo de frutas (15, 16, 18, 19).

Os teores de gordura e proteína variaram de 15,7 a 15,38% e de 4,38 a 4,94%, respectivamente. Apesar da proximidade de valores entre os tratamentos, diferenças significativas foram observadas somente no tratamento FB20%, onde os menores valores foram verificados. Diminuições desses macronutrientes em biscoitos formulados com uma maior substituição de farinha de trigo por farinha de resíduos de frutas também foram observadas por outros autores: 8,75% de proteína e 25,90% de gordura no biscoito controle, contra 1,75% de proteína e 12,30% no biscoito com a maior proporção farinha da casca de banana (18); assim como 7,76% de proteína e 4,45% de gordura no biscoito controle, contra 5,56% de proteína e 3,33% de gordura no biscoito com a maior proporção farinha do resíduo da seriguela (4).

Dentre os parâmetros analisados, apenas o conteúdo de carboidratos não foi influenciado pela adição da farinha da casca de umbuguela, já que não foram observadas diferenças significativas. Cabe ressaltar que a determinação de carboidratos por diferença, conduzida no presente trabalho, não levou em consideração na subtração o conteúdo de fibras, pois esta análise não foi realizada, impossibilitando a distinção entre fibras e demais carboidratos (amido, açúcares etc.). Geralmente produtos elaborados com farinhas de resíduos tendem a possuir teores de fibras mais altos e de carboidratos mais baixos em relação aos controles (15, 16), justamente pelo fato de serem fontes consideráveis de fibras.

Quanto ao pH dos biscoitos, todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si, diminuindo em função de uma maior proporção de farinha da casca de umbuguela. Essa diminuição ocorreu devido ao caráter ácido da farinha elaborada, cujo valor médio foi 3,19. De maneira análoga, biscoitos formulados com maiores porcentagens de farinha de resíduos de seriguela também tiveram seus valores de pH reduzidos (4).

O maior valor de atividade de água (0,47) foi observado também em BF20, seguindo a mesma tendência da umidade, pois ambos os parâmetros estão relacionados. A faixa de atividade de água (0,44-0,47) encontrada no presente trabalho foi maior que a verificada em biscoitos elaborados com farinha da casca de pitaya (*Hylocereus undatus*) – de 0,23 a 0,38 (Ho, Latif, 2016). Essas variações estão ligadas aos diferentes ingredientes/matérias-primas utilizadas nos estudos e seus respectivos processos de produção.

CONCLUSÕES

A substituição parcial da farinha de trigo pela farinha da casca de umbuguela influenciou as características físico-químicas dos biscoitos. De maneira geral, o uso da

farinha da casca de umbuguela causou um aumento gradual de cinzas nos biscoitos e uma redução do seu pH. O aumento de cinzas implica em um maior aporte de minerais, ao passo que a redução do pH, aliada à baixa umidade e atividade de água dos biscoitos, pode vir a conferir maior estabilidade microbiológica ao produto.

A formulação com substituição de 20% (BF20) promoveu um ligeiro aumento no teor de umidade e atividade de água, bem como uma redução no teor de proteína e gordura em relação aos tratamentos controle e com 10% de substituição (BF10). Por outro lado, os carboidratos não foram afetados pela substituição.

Conclui-se que a farinha da casca de umbuguela é promissora quanto à aplicação em produtos de panificação, tais como biscoitos. Sua produção e utilização podem viabilizar um manejo sustentável dos resíduos do processamento da umbuguela, além de agregar valor a um produto regional.

Sugere-se que em trabalhos futuros os biscoitos sejam submetidos à análise sensorial a fim de verificar sua aceitação por possíveis consumidores.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Campina Grande pelo suporte na realização do experimento.

REFERÊNCIAS

1. Bhardwaj K, Najda A, Sharma R, Nurzyńska-Wierdak R, Dhanjal DS, et al. Fruit and vegetable peel-enriched functional foods: Potential avenues and health perspectives. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2022;2022:8543881.
2. Schiassi MCEV, Souza VR de, Lago AMT, Campos LG, Queiroz F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. *Food Chem.* 2018;245:305–11.
3. Xavier VL, Feitoza GS, Barbosa JML, Araújo KS de, Silva MV da, Correia MTS, et al. Nutritional and technological potential of umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) processing by-product flour. *An Acad Bras Cienc.* 2022;94:e20200940.
4. Albuquerque JG de, Duarte AM, Conceição ML da, Aquino JDS. Integral utilization of seriguela fruit (*Spondias purpurea* L.) in the production of cookies. *Rev Bras Frutic.* 2016;38:e-222.
5. Segura-Badilla O, Kammar-García A, Mosso-Vázquez J, Ávila-Sosa Sánchez R, Ochoa-Velasco C, Hernández-Carranza P, et al. Potential use of banana peel (*Musa cavendish*) as ingredient for pasta and bakery products. *Heliyon.* 2022;8:e11044.
6. Osorio LLDR, Flórez-López E, Grande-Tovar CD. The potential of selected agri-







- food loss and waste to contribute to a circular economy: Applications in the food, cosmetic and pharmaceutical industries. *Molecules*. 2021;26:515.
7. Santos CAF, Oliveira VR de. Inter-relações genéticas entre espécies do gênero *Spondias* com base em marcadores AFLP. *Rev Bras Frutic*. 2008;30:731-5.
 8. Dantas AL, Silva SDM, Dantas RL, Sousa ASB de, Schunemann APP. Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugueira (*Spondias* sp.). *Rev Bras Frutic*. 2016;38:33–42.
 9. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. Instituto Adolfo Lutz; 2008.
 10. Ministério da Saúde (BR). Resolução RDC N° 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. *Diário Oficial da União*. 23 set 2005;Seção 1.
 11. Cangussu LB, Fronza P, Franca AS, Oliveira LS. Chemical characterization and bioaccessibility assessment of bioactive compounds from umbu (*Spondias tuberosa* A.) fruit peel and pulp flours. *Foods*. 2021;10:2597.
 12. Larrosa APQ, Otero DM. Flour made from fruit by-products: Characteristics, processing conditions, and applications. *J Food Process Preserv*. 2021;45.
 13. Pinheiro GKI, Oliveira DEC de, Resende O, Junior WNF, Cabral JCO, Quequeto WD. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) epicarp flours by conventional drying and lyophilization. *Aust J Crop Sci*. 2022;16:73–8.
 14. Ministério da Saúde (BR). Resolução N° 12, de 24 de julho de 1978. Dispõe sobre as normas técnicas especiais relativas a alimentos (e bebidas). *Diário Oficial da União*, 24 jul 1978, seção 1.
 15. Nakov G, Brandolini A, Hidalgo A, Ivanova N, Jukić M, Komlenić DK, et al. Influence of apple peel powder addition on the physico-chemical characteristics and nutritional quality of bread wheat cookies. *Food Sci Technol Int*. 2020;26:574–82.
 16. Alkozai A, Alam S. Utilization of fruits and vegetable waste in cereal based food (cookies). *Int J Eng Res Technol*. 2018;7:IJERTV7IS070132.
 17. Bertagnolli SMM, Silveira MLR, Fogaça A de O, Umann L, Penna NG. Bioactive compounds and acceptance of cookies made with guava peel flour. *Food Sci Technol*. 2014;34:303–8.
 18. Shafi A, Ahmad F, Mohammad ZH. Effect of the Addition of Banana Peel Flour on the Shelf Life and Antioxidant Properties of Cookies. *ACS Food Sci Technol*. 2022;2:1355–63.
 19. Ho L-H, Latif NWBA. Nutritional composition, physical properties, and sensory

evaluation of cookies prepared from wheat flour and pitaya (*Hylocereus undatus*) peel flour blends. *Cogent Food Agric.* 2016 25;2:1136369.

Capítulo 45

DOI: 10.53934/IIICBPAV-45

PALMA FORRAGEIRA E DOCE DE PALMA EM CALDA: ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DO PERFIL MICROBIOLÓGICO

Laíza Soliely Costa Gonçalves *; **Aline Priscila de França Silva **; **Maria Monique Tavares Saraiva **; **Francislaine Suelia dos Santos **; **Thalis Leandro Bezerra de Lima **; **Fabiana Augusta Santiago Beltrão **;

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: laizasolielyc@gmail.com*

Resumo:

A palma forrageira é uma planta amplamente difundida em regiões tropicais e subtropicais, utilizada tanto para alimentação animal quanto para consumo humano. O estudo teve como objetivo formular e avaliar a composição físico-química e microbiológica de doce em calda feito com o cladódio da palma forrageira, visando sua diversificação na dieta e exploração econômica. A metodologia seguiu o fluxograma de processamento, utilizando como principais ingredientes o cladódio da palma, açúcar e água, seguindo para análise das amostras de cladódio e do doce pelos métodos descritos pelo IAL e APHA. Os resultados revelam diferenças significativas na composição físico-química entre a matéria-prima e o doce de palma em calda, incluindo concentração de cinzas, umidade, acidez, proteína, lipídios, sólidos solúveis, pH e açúcares redutores. A análise microbiológica indica ausência de Salmonella, mas presença de Estafilococcus, Enterobacteriaceae e bolores/leveduras, destacando a importância das práticas de higiene no processamento. Conclui-se que a transformação da palma forrageira em doces pode ser uma forma eficaz de aproveitar recursos locais e gerar oportunidades econômicas nas comunidades rurais.

Palavras-chave: *Opuntia ficus-indica*; cactácea; aplicação

Abstract: Forage palm is a plant widely spread in tropical and subtropical regions, used both for animal feed and human consumption. The study aimed to formulate and evaluate the physical-chemical and microbiological composition of sweet syrup made with the cladode of the forage cactus, aiming at its diversification in the diet and economic exploitation. The methodology followed the processing flowchart, using palm cladode, sugar and water as the main ingredients, followed by analysis of the cladode and sweet samples using the methods described by IAL and APHA. The results reveal significant differences in the physicochemical composition between the raw material and the palm jam in syrup, including ash concentration, moisture, acidity, protein, lipids, soluble solids, pH and reducing sugars. Microbiological analysis indicates the absence of Salmonella, but the presence of Estafilococcus, coliforms and molds/yeasts, highlighting the importance of hygiene practices in processing. It is concluded that the transformation of

cactus into sweets can be an effective way to take advantage of local resources and generate economic opportunities in rural communities.

Key Word: *Opuntia ficus-indica*; cactus; application

INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) é uma planta pertencente à família das Cactaceae e está difundida em todos os países tropicais e subtropicais. Dentre a espécie a *Opuntia* é a mais comum em todo o mundo e a única cultivada na região do Mediterrâneo, onde é utilizada principalmente para a produção de frutos, mas também como forragem em terras áridas e semiáridas durante o período de seca, quando a escassez de plantas herbáceas ocorre (1)(2). No Brasil, esse recurso forrageiro se destaca na alimentação animal, principalmente em períodos de estiagem, mas além da alimentação animal, a palma forrageira também tem sido utilizada para consumo humano (3)(4).

O valor nutritivo da forragem afeta a produção animal e pode mudar com as diferentes práticas agrônomicas e com a variedade de ambientes onde os cactos são cultivados (5). A palma forrageira é considerada um alimento energético devido à alta concentração de carboidratos não fibrosos: aproximadamente 585,5 g/kg expressos em matéria seca e nutrientes digestíveis totais chegando a 800,0 g/kg MS (6). Seus cladódios apresentam níveis de fenólicos, minerais e fibra alimentar, que são considerados uma rica fonte de componentes alimentares funcionais e nutracêuticos (7).

Recentemente, vários autores avaliaram o uso da mucilagem de *Opuntia ficus-indica* para formulação e caracterização de filmes comestíveis (8), podendo também ser utilizado nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica graças às suas características físicas e funcionais, tais como: viscoelasticidade, capacidade de formar uma rede molecular, capacidade de formar filmes (9). As partes da *Opuntia*, como cladódios, frutas e subprodutos da casca, são ricas em nutrientes e fitoquímicos, muitos dos quais ainda não foram perfilados e identificados, portanto, que as aplicações biotecnológicas da planta continuarão a aumentar, embora a fábrica de palma tenha se mostrado promissora para diversas indústrias, muitos produtos baseados na palma forrageira ainda não foram comercializados (10).

Em um mundo onde a diversificação da alimentação é fundamental para atender às necessidades nutricionais da população, a introdução de novos produtos nutricionais é de grande importância. O uso do cladódio da palma forrageira na produção de doces representa uma alternativa inovadora para a diversificação da dieta, contribuindo para a oferta de alimentos saudáveis e ricos em nutrientes. Logo, o principal objetivo deste estudo foi a elaboração de uma formulação de doce do cladódio da palma forrageira, visando avaliar a sua composição físico-química e microbiológica.

MATERIAL E MÉTODOS

Os cladódios da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.)) foram coletados em fazenda privada, na cidade de Solânea, no Agreste paraibano, durante o mês de julho de 2023. Encaminhadas até o Laboratório de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal da Paraíba, campus III.

Para o desenvolvimento da formulação do doce de palma em calda foram utilizados como ingredientes a palma devidamente higienizada e em corte de cubo, açúcar cristal e água, conforme as concentrações descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Ingredientes para formulação do doce de palma em calda

INGREDIENTES	QUANTIDADE (%)
Palma	50%
Açúcar	45%
Água	5%

Para o devido processamento e aplicação de boas práticas de fabricação para obtenção do doce de palma em calda, conforme o fluxograma descrito na figura 1.

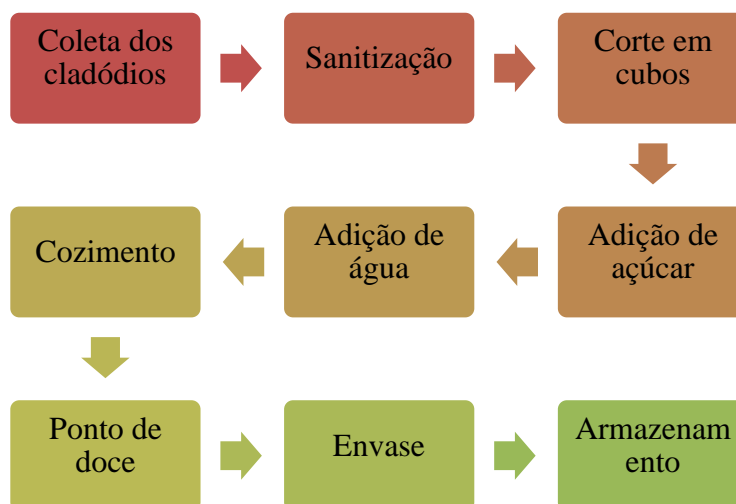


Figura 1. Fluxograma de processamento da palma forrageira em doce

A coleta foi realizada com auxílio de luva de couro e faca de inox, as raquetes foram acondicionadas em bandejas plásticas com tampas e transportadas no mesmo dia até o laboratório, para realizar a sanitização e higienização. Após a sanitização e cortes dos cladódios ou raquetes, as amostras foram separadas em duas partes: a primeira as amostras cortadas foram maceradas em triplicada, para serem analisadas o cladódio da palma. Em seguida com a segunda parte as amostras cortadas foram adicionadas em uma

panela junto com a açúcar e água, e realizado o aquecimento a temperatura de cozimento até que todos os ingredientes fossem incorporando ao ponto de doce, seguido pelo envase, embalagem (Figura 2) e armazenamento, para posteriores análises.



Figura 2 - Doce de palma em calda ao final do processo

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Para os parâmetros físico-químicos de composição centesimal foi utilizado a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (11) e realizadas as seguintes análises, com a amostra em triplicata:

- Umidade: avaliada por meio de uma estufa de secagem a uma temperatura de 105°C até peso constante.
- Cinzas: As amostras foram incineradas a alta temperatura de 550°C para determinar o teor de cinzas.
- Acidez titulável: foi medida através de uma titulação ácido-base.
- Proteína e lipídios: foram quantificados utilizando métodos de análise de Kjeldahl e Soxhlet, respectivamente.
- Sólidos solúveis: Avaliados com um refratômetro descrito em graus Brix.
- pH: Medido utilizando um pHmetro de bancada.
- Açúcares redutores: Determinados por meio de reações químicas, com o método de Fehling.

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A análise microbiológica foi conduzida de acordo com os métodos analíticos oficialmente recomendados pela APHA (*American Public Health Association*) (13), e os

resultados obtidos foram interpretados à luz da regulamentação estabelecida pela RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) nº 161, de 2022, da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) (14). Estas análises visam avaliar a presença de microrganismos de importância sanitária, incluindo *Salmonella* spp (Unidades Formadoras de Colônias por grama - UFC/g), *Estafilococcus* spp. (UFC/g), Bolores e Leveduras (UFC/g), bem como Enterobacteriaceae (Número Mais Provável por grama - NMP/g). Essas análises microbiológicas são de relevância crucial, pois atuam como indicadores da qualidade higiênico-sanitária do produto em questão.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados passaram por uma análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas usando o teste de Tukey a um nível de significância de 5%. Esse processo estatístico foi conduzido utilizando o software estatístico Assistat 7.7 (12).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados revela informações importantes sobre a qualidade e composição da palma forrageira e do doce produzido através dela, oferecendo insights sobre seu valor nutricional. Os resultados para os parâmetros físico-químicos da matéria prima e do produto final, estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição físico-química da palma forrageira e do doce de palma em calda

PARÂMETROS	Palma	Doce de palma em calda
Umidade	92,34 ^a ±0,70	78,99 ^b ±0,03
Cinzas	1,58 ^a ± 0,61	0,66 ^b ± 0,02
Proteína (%)	0,82 ^a ±0,04	0,48 ^a ±0,02
Lipídeos (%)	0,86 ^a ±0,04	0,68 ^a ±0,05
Açúcar Redutor (%)	1,98 ^b ±0,08	55,07 ^a ±0,09
Sólidos solúveis (Brix ⁰)	15,80 ^b ±0,05	64,75 ^a ±0,09
Acidez titulável (%)	0,88 ^a ±0,04	1,22 ^a ±0,05
pH	4,23 ^a ±0,05	3,76 ^b ±0,01

*Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Dentre os parâmetros físico-químicos, notam-se diferenças significativas entre a palma forrageira e o doce de palma em calda em várias variáveis. o elevado teor de umidade na palma forrageira (92,34%) contrasta com o doce de palma em calda (78,99%), refletindo a perda de água durante o processo de preparação do doce. A maior presença de umidade no cladódio *in natura* pode ter relação com o mecanismo de retenção de água, visto que a superfície das cactáceas é revestida com uma camada de cera, que atua como uma barreira protetora, ajudando a reduzir a perda de água por evaporação (16)(15).

Além disso, o teor de cinzas na palma forrageira (1,58%) é notavelmente superior ao do doce de palma em calda (0,66%), sugerindo uma maior concentração de minerais e elementos inorgânicos na matéria-prima, devido a presença de minerais como cálcio, potássio, fósforo, magnésio e sódio (23). Essa mudança na concentração de cinzas pode ser atribuída ao processo de concentração que ocorre durante a fabricação do doce; nesse contexto, uma variação entre 0,70 e 1,10 % de cinzas foi observado em diferentes formulações de geleias produzidas com suco de palma forrageira e moringa, o que reforça essa hipótese relacionada ao produto (22).

Em relação aos teores de proteína e lipídeos, observa-se ligeira diminuição nos valores do doce de palma em calda, o que pode estar associado à perda de substâncias durante o processamento e concentração da matéria-prima. No entanto, o teor de proteína observado após o processamento é superior ao determinado no doce da fruta da palma forrageira adicionado de farinha de casca do maracujá, com cerca de 0,135% (24). É importante ressaltar que estes parâmetros influenciam nas características de textura e sabor do produto, e que nos vegetais há uma tendência de baixo percentual desses componentes (19).

Apesar do teor de lipídeos ser considerado baixo, há estudos que relataram a análise de ácidos graxos presentes no cladódio com abundância de cadeias como a presença de ácido γ -linolênico, considerando a palma como fonte de ômega e ácidos graxos essenciais à vida (21).

A análise de açúcares redutores revela uma diferença significativa, com o doce de palma em calda (55,07%) apresentando um teor substancialmente superior em relação à palma forrageira (1,98%). Essa observação é congruente com o aumento na concentração de sólidos solúveis no doce de palma em calda, refletindo o processo de transformação da matéria-prima em um produto mais concentrado e doce.

Os sólidos solúveis (Brix) no doce de palma em calda (64,75%) são substancialmente superiores aos da palma forrageira (15,80%), indicando um processo de concentração notável e uma concentração de açúcares e outros compostos solúveis no produto final (19). Contudo, o valor teor de sólidos solúveis neste estudo é superior ao reportado para doce em calda de facheiro (*Cereus squamosus*) com 22,73 °Brix (17) e ao doce em calda em palma de espinhos (*Opuntia dillenii* var. *Reitzii*) com 31,66 °Brix (18).

A acidez titulável, que mede a quantidade de ácido presente, é ligeiramente maior no doce de palma em calda (1,22%) em comparação com a palma forrageira (0,88%). Esse aumento na acidez pode ser consequência da concentração dos sólidos solúveis e dos processos de cozimento envolvidos na produção do doce de palma em calda. Além disso, o pH é ligeiramente mais baixo no doce de palma em calda (3,76) em comparação

com a palma forrageira (4,23), sugerindo um aumento na acidez no produto final. Já no estudo com uso de cladódios da palma de espinhos para doce em calda, em outra variedade, foram observados valores maiores (4,04%) aos deste estudo, observando que o método e a variedade de palma podem ter influência no percentual (18).

A análise microbiológica do doce de palma desempenha um papel crítico na garantia da segurança, qualidade e conformidade regulatória. Além de contribuir para a proteção da saúde dos consumidores e a preservação da integridade do produto ao longo de sua vida útil. Na tabela 3, estão descritos os resultados encontrados para a composição microbiológica tanto da palma *in natura*, quanto do doce de palma em calda.

Tabela 3 - Composição microbiológica da palma forrageira e do doce de palma em calda

PARÂMETROS	Palma	Doce de palma em calda	Legislação (14)
<i>Salmonella</i> spp. (UFC/g)	Ausência	Ausência	Ausente
Estafilococcus/g	1,1x10 ¹	1,1x10 ¹	<10 ¹
Enterobacteriaceae (NMP/g)	2,3x10 ¹	2,3x10 ¹	-
Bolores e leveduras (UFC/g)	3,22x10 ⁵	2,45x10 ⁵	<10 ³

A ausência de *Salmonella* spp. no doce de palma em calda é um resultado muito positivo. Isso é fundamental para garantir a segurança alimentar, uma vez que *Salmonella* é um patógeno que pode causar doenças gastrointestinais graves. A detecção de ausência indica que as boas práticas de higiene foram seguidas adequadamente durante o processamento.

A presença de *Estafilococcus* em ambos os cladódios da palma e no doce de palma em calda, na mesma ordem de magnitude (1,1x10¹), sugere que a contaminação ocorreu durante o processo de preparação e não foi significativamente afetada pelo processamento. No entanto, essa contagem é relativamente baixa e pode não representar um risco substancial para a saúde, pois muitas cepas de *Estafilococcus* não são patogênicas e são comuns em ambientes (por exemplo, no ar, água, esgoto e poeira) (25). No entanto, é importante identificar e eliminar fontes de contaminação durante o processamento para garantir a qualidade do produto final.

A contagem de Enterobacteriaceae em ambas as amostras (2,3x10¹) é semelhante, o que pode indicar que os Enterobacteriaceae estavam presentes nos cladódios da palma antes do processamento. Embora esses números estejam abaixo dos limites regulatórios, a presença de Enterobacteriaceae pode sugerir falhas nas práticas de higiene. Monitorar e melhorar as práticas de higiene é essencial para evitar a contaminação do produto, visto que é uma contaminação que pode ocorrer de forma cruzada através da água e de outros alimentos, bem como durante o preparo de alimentos, por exemplo, utilizando utensílios contaminados (25).

A contagem de bolores e leveduras é relativamente alta em ambas as amostras, embora tenha havido um aumento de $2,32 \times 10^5$ em cladódios de palma para $2,45 \times 10^5$ no doce de palma em calda. A alta contagem de bolores e leveduras indica que pode haver oportunidades para melhorar o controle da higiene e evitar a proliferação desses microrganismos durante o processamento. No entanto, a presença de bolores e leveduras não patogênicos não é necessariamente prejudicial à saúde, mas pode afetar a qualidade e a vida útil do produto.

A transformação do cladódio da palma forrageira em doce resulta em mudanças substanciais na composição físico-química, incluindo redução da umidade, aumento na concentração de açúcar e alterações no pH e na acidez. A microbiologia do produto foi mantida, demonstrando a importância das práticas de segurança adequadas de processamento. Esses resultados ressaltam as previsões da produção de doces de palma a partir dessa matéria-prima, oferecendo uma opção nutritiva e segura para a diversificação da dieta e a exploração econômica de recursos locais.

A ausência de artigos específicos sobre a análise da composição físico-química e microbiológica do doce de palma com o cladódio da *Opuntia ficus-indica* Mill pode ser atribuída a uma série de fatores, como o doce de palma forrageira ser um produto regional e, portanto, pode não ter sido amplamente utilizado em comparação com alimentos mais comuns e globalmente difundidos. Além disso, a pesquisa científica muitas vezes é influenciada pela demanda do mercado e pelo interesse da indústria alimentícia, e o doce de palma pode não ter sido uma prioridade de pesquisa em algumas regiões.

Outro fator pode ser a falta de conhecimento sobre o potencial desse produto, tanto no aspecto nutricional quanto na sua aplicação comercial. É importante ressaltar que, mesmo diante dessa lacuna, o estudo da composição físico-química e microbiológica do doce de palma é de grande relevância, uma vez que esse produto pode representar uma alternativa para a diversificação da dieta e para o desenvolvimento de produtos alimentícios inovadores principalmente ao resgate de Plantas Comestíveis Não Convencionais (PANC) (20). Portanto, a ausência de artigos existentes pode ser vista como uma oportunidade para pesquisadores explorarem e documentarem o potencial desse alimento.

CONCLUSÕES

A utilização dos cladódios dessa planta na produção de doces pode ser uma maneira eficaz de aproveitar os recursos locais, agregando valor a uma matéria-prima abundante e, ao mesmo tempo, gerando oportunidades econômicas para as comunidades rurais. Os resultados da avaliação da composição físico-química e microbiológica do doce de cladódio da palma forrageira indicam a importância de rigorosas práticas de higiene durante o processamento. Embora a ausência de *Salmonella* seja encorajadora, a presença de *Estafilococcus*, *Enterobacteriaceae* e bolores/leveduras sugere que há espaço para melhorias no controle da higiene. As conclusões deste estudo podem orientar a otimização do processo de produção, visando à melhoria da qualidade e segurança do doce de palma em calda. A importância da segurança alimentar é ressaltada, e a pesquisa continua a ser crucial para desenvolver produtos seguros e de alta qualidade.

REFERÊNCIAS

- (1) El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. H. S., Cherkaoui-Malki, M. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, 2014, 19(9), 14879-14901.
- (2) Aragona, M., Lauriano, E. R., Pergolizzi, S., Faggio, C. J. N. P. R. *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition. *Natural product research*, 2018, 32(17), 2037-2049.
- (3) Pessoa, D. V., Andrade, A. P., Magalhães, A. L. R., Teodoro, A. L., Santos, D. C., de Araújo, G. G. L., Cardoso, D. B. Forage nutritional differences within the genus *Opuntia*. *Journal of Arid Environments*, 2020, 181, 104243.
- (4) Salehi, E., Emam-Djomeh, Z., Askari, G., Fathi, M. *Opuntia ficus indica* fruit gum: Extraction, characterization, antioxidant activity and functional properties. *Carbohydrate polymers*, 2019, 206, 565-572.
- (5) Dubeux Jr, J. C. B., Santos, M. V. F., Cunha, M. V., Santos, D. C., Souza, R. T. A., Mello, A. C. L., Souza, T. C. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 2021, 275, 114890.
- (6) Silva, R.R., Sampaio, E.V.S.S., Palmas forrageiras *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*: sistemas de produção e usos. *Revisão Científica*, 2015, 2, 131–141.
- (7) Silva, M. A., Albuquerque, T. G., Pereira, P., Ramalho, R., Vicente, F., Oliveira, M. B. P., Costa, H. S. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.: A multi-benefit potential to be exploited. *Molecules*, 2021, 26(4), 951.
- (8) Sandoval, D. C. G., Luna Sosa, B., Martínez-Ávila, G. C. G., Rodríguez Fuentes, H., Avendaño Abarca, V. H., Rojas, R. (2019). Formulation and characterization of edible films based on organic mucilage from Mexican *Opuntia ficus-indica*. *Coatings*, 9(8), 506.
- (9) Procacci, S., Bojórquez-Quintal, E., Platamone, G., Maccioni, O., Vecchio, V. L., Morreale, V., Bacchetta, L. *Opuntia ficus-indica* pruning waste recycling: Recovery and characterization of mucilage from cladodes. *Natural Resources*, 2021, 12(4), 91-107
- (10) Kudanga, T., Aruwa, C. E. Industrial Applications of *Opuntia* spp. (Nopal, Fruit and Peel). *Opuntia* spp.: Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications, 841-875, 2021.
- (11) Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 1020 p. 2008.
- (12) Silva, F.; Azevedo, C. Assistat - Programa estatístico, versão 7.7 (Beta), Campina Grande, Paraíba, 2016.
- (13) American Public Health Association – APHA. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Washington: American Public Health Association, 2001.
- (14) Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância. Instrução Normativa nº 161, de 1 de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF nº 126, de 6 de julho de 2022.
- (15) Pacheco, E. (ed.). Understanding The Homeostasis Of A Cactus. 2023. Disponível em: <https://shuncy.com/article/does-a-cactus-go-through-homeostasis>. Acesso em: 30 out. 2023.

- (16) Araújo, L. et al. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: Relação com a umidade ótima para fermentação sólida. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p. 379-384, 2005.
- (17) Medeiros, A. R. H et al. Obtenção e qualidade de geleia e doce em calda de facheiro (*Cereus squamosus*). *Revista Agropecuária Técnica*, v. 3, p. 23-26, 2016.
- (18) Luiz, M. et al. Processamento e caracterização de geleia e doce em calda com cladódios de palma de espinho (*Opuntia dillenii* var. *Reitzii*). *Revista AGROTEC* –v. 37, n. 1, p. 27-31, 2016.
- (19) Oliveira, E. et al. Tecnologia e processamento de frutas: doces, geleias e compotas. Natal: IFRN, 2018. 316 p.
- (20) Gordiano, I. et al. Potencial das cactáceas brasileiras na gastronomia: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, p. e7611729617-e7611729617, 2022.
- (21) Abdel-Razek, A. et al. The effect of chemical composition of wild *Opuntia ficus indica* byproducts on its nutritional quality, antioxidant and antifungal efficacy. *Egyptian Journal of Chemistry*, v. 62, n. Special Issue (Part 1) Innovation in Chemistry, p. 47-61, 2019.
- (22) Akelom, K. M. et al. Development and optimization of cactus pear fruit jelly supplemented with *Moringa oleifera* leaf extract. *Heliyon*, v. 8, e09587, 2022.
- (23) Hernández-Becerra, E.I et al. Nopal cladodes (*Opuntia Ficus Indica*): Nutritional properties and functional potential. *Journal of Functional Foods*, v. 95, p. 105183, 2022.
- (24) Costa, M. L. X. et al. Desenvolvimento de doce da fruta da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) adicionado de farinha da casca do maracujá. *Brazilian Journal of Science*, v. 2, p. 88-98, 2023.
- (25) Silva, N. et al. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. [livro eletrônico] São Paulo: Blucher, 5. ed., 2017. 560 p.

Capítulo 46

DOI: 10.53934/IIICBPAV-46

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE UM PRODUTO DE REPOLHO ROXO FERMENTADO COM KEFIR

Igor de Souza Pinto *; Paula Veronesi Marinho Pontes ; Gardênia Campos
Mata ; Thiago Barth ; Analy Machado de Oliveira Leite 

**Autor correspondente (corresponding author) – Email: igor.szpt@gmail.com*

Resumo: O objetivo do trabalho foi elaborar um chucrute de repolho roxo, utilizando soro de kefir como cultura iniciadora. Para tal, dois processos fermentativos foram realizados, utilizando como líquido de cobertura: soro de kefir (CKT) e água mineral estéril (CT). Estes foram monitorados quanto a acidez titulável e pH, os quais foram definidos como parâmetros de determinação do final da fermentação. Além disso, contagens de bactérias ácido lácticas (BAL) e leveduras (FLT) foram realizadas no início e final do processo. O chucrute CKT atingiu os parâmetros determinados (pH < 4,1 e acidez > 1%/g de ácido láctico) com tempo médio de 7 dias de fermentação, enquanto o CT com 27 dias. O CKT apresentou concentrações de BAL e FLT conforme preconizado para kefir, sugerindo a manutenção do potencial probiótico. Não houve diferença estatística entre as contagens para BAL e leveduras obtidas no final da fermentação, sugerindo que esse processo inovador promoveu a fermentação do repolho de forma satisfatória. Portanto, foi possível obter um chucrute, otimizando o processo fermentativo e aliando o potencial probiótico do kefir ao produto final.

Palavras-chave: conserva vegetal, chucrute, probióticos, alimentos funcionais

Abstract: The aim of that work was to elaborate a sauerkraut by red cabbage with kefir whey like a starter culture. For this, two fermentative processes were elaborate. One of this have been used kefir whey (CKT) and another one sterile mineral water (CT). This was monitored by titratable acidity and pH, which was defined like the end point. Furthermore, we performed acid lactic bacteria (LAB), and yeasts (YT) counts were performed at the beginning and in the end. The CKT reach the end point with middle time of 7 days while the CT only with 27 days. CKT show LAB and YT concentrations equivalent to kefir beverage and that data suggest that the probiotic potential was remained. They did not have statistical difference between LAB and YT at the end of fermented process. That data suggests that new process can perform the cabbage fermentative process. Thus, was obtained a sauerkraut associated with probiotic potential of kefir and improve the fermentative process.

Key Words: vegetable preserve, sauerkraut, probiotics, functional food

Introdução

Desde os anos 2000, a Organização Mundial da Saúde (OMS) vem apontando que as doenças crônicas não-transmissíveis (DCNT), como diabetes e obesidade são as responsáveis pela morte de mais de metade da população global e, que hábitos como uma alimentação saudável e exercícios físicos podem contribuir na prevenção das mesmas (1).

Diante deste cenário, há um incentivo para criação de diversas estratégias e políticas voltadas para o combate e prevenção das DNCT. Em paralelo, em um contexto global, a preocupação com a relação entre alimentos e saúde torna-se crescente, bem como a demanda por parte da população que busca por alimentos que além da nutrição, promovam benefícios a partir do seu consumo, como os alimentos funcionais (2,3).

No Brasil, a definição de alimentos funcionais surge na resolução 18 de 1999 como os alimentos que além de nutrir trazem algum efeito benéfico a saúde (4). Há uma grande diversidade de alimentos funcionais, dentre os quais incluem-se os alimentos probióticos. Estes últimos são definidos como alimentos que contém micro-organismos vivos, que quando consumidos em quantidade adequada conferem benefício à saúde do indivíduo (5–7).

O kefir é um leite fermentado, com potencial probiótico, obtido a partir da fermentação dos microrganismos presentes nos grãos de kefir em leite. Este alimento possui uma longa história de promoção de efeitos benéficos à saúde e é amplamente consumido na Ásia, América do Norte, Japão e Europa (8–10). Os grãos de kefir são compostos por bactérias ácido-láticas (BAL), bactéria ácido acéticas (BAA) e leveduras (FLT). Os microrganismos presentes no kefir biotransformam diversos componentes do leite como a lactose, produzindo ácido lático dentre outros ácidos orgânicos que também contribuem para diversas características benéficas do produto final (10–13).

No entanto, o kefir possui baixa aceitação por ter propriedades sensoriais pouco atraentes. Dessa forma, a diversificação das suas formas de preparo e apresentação, a partir da elaboração de outros alimentos derivados do mesmo pode ser uma alternativa para a melhora da sua aceitabilidade e consumo. A produção do queijo cremoso a partir do kefir pode ser uma alternativa de consumo e gera o soro de kefir como subproduto, que possui altas concentrações de bactérias ácido láticas (14–17). Portanto, o reaproveitamento do soro de kefir pode ser uma estratégia saudável e sustentável para utilização deste subproduto, representando uma estratégia de sustentabilidade na cadeia produtiva.

O chucrute é um alimento fermentado, rico em produtos bioativos, que apresenta propriedades funcionais. É obtido pela fermentação láctica do repolho branco ou roxo salgado e temperado. Em diversos países, este alimento é produzido de maneira artesanal, mas já existem plantas industriais com produção em larga escala (18). No Brasil não há uma legislação específica que regulamente a produção deste alimento especificamente. No entanto, a RDC 352, de 23/12/2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária

(ANVISA) dispõe sobre as boas práticas na produção de conservas vegetais, assim como o regulamento técnico para identidade e qualidade desses produtos (19,20).

Segundo essa legislação, o chucrute é considerado como uma conserva vegetal acidificada por fermentação, que deve apresentar pH inferior a 4,5 (20). Diversos estudos apresentam o chucrute como um alimento funcional que possui atividade anti-inflamatória e antioxidante (23–26). Outros autores (21–23), demonstraram que os glucosinolatos e as substâncias fenólicas foram as substâncias mais encontradas e que demonstraram tal atividade no chucrute. A classe de substâncias fenólicas possui diversos representantes e no repolho-roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* L. f. *rubra*), já foram identificados ácidos fenólicos como ácido p-cumárico, ácido ferúlico, ácido cafeíco, e flavonoides como as antocianinas (23–26).

Sendo assim, devido ao fácil acesso à aquisição de repolho, a utilização do soro de kefir como uma estratégia inovadora, sustentável e funcional, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um chucrute de repolho roxo, utilizando soro de kefir como cultura iniciadora.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do soro de kefir

O leite fermentado (kefir) foi obtido a partir da inoculação dos grãos caracterizados previamente por Leite et al., (2012) em leite desnatado UHT (3% p/p) e incubado a 298°K por 24h. Posteriormente, o kefir leite foi filtrado em um coador doméstico estéril por 24h à 277°K para obtenção do queijo de kefir e soro, conforme descrito por Gama (14). Ao final do processo, o soro foi armazenado a 5°C até a utilização na elaboração do chucrute.

Elaboração do Chucrute

A metodologia de elaboração do chucrute foi adaptada segundo Ribeiro et al. (27), Machado (28) e Fornari (18). O processo de elaboração do chucrute foi realizado utilizando repolho roxo (*Brassica oleraceae* var. *capitata* L. f. *rubra*), conforme fluxograma da Figura 1. Cerca de 2% de sal e 0,5% (p/p) de tomilho e cominho foram adicionados à mistura. A etapa de incorporação do líquido de cobertura foi realizada de maneira distinta, em dois tratamentos, representado por: kefirchucrute (CKT) – 100 mL de soro de kefir foi adicionado para cada 400 g de repolho; tradicional (CT) – 100 mL de água mineral estéril, adicionado na mesma proporção, a fim de comparar o processo desenvolvido neste trabalho com o método tradicional de elaboração de chucrute já descrito na literatura (18, 27, 28).

A fermentação de ambos os tratamentos foi conduzida a 294 °K, até atingir o pH < 4,1 e Acidez Titulável > 1%/g de ácido láctico. O processo fermentativo foi realizado em quintuplicata.



Figura 1 - Fluxograma de elaboração do chucrute

Avaliação do pH e Acidez Titulável ao longo da fermentação

A avaliação dos parâmetros pH e acidez titulável foi realizada segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (28) com solução de NaOH 0,01 M, cuja viragem é indicada por solução alcoólica de Fenolftaleína.

Análise microbiológica dos chucrutes elaborados

As contagens de bactéria ácido láctica (BAL) e leveduras do produto elaborado foram conduzidas no início e final da fermentação, utilizando ágar MRS, incubadas à 310 °K por 5 dias e ágar YGC, à 298 °K por 7 dias, respectivamente.

Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi realizada com aplicação do teste t não pareado utilizando um nível de confiança de 95% ($p=0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Elaboração do Chucrute

O processo de obtenção foi realizado em quintuplicata com rendimento médio de 65% (p/p). Com relação a enumeração de microrganismos contidos do soro foram encontrados os valores médios de 5,02 log UFC/g e 4,72 log UFC/g para BAL e leveduras respectivamente.

Após a incubação de ambos os produtos a 21 °C, o kefirchucrute (CKT) alcançou os parâmetros estipulados (pH < 4,1 e acidez titulável de > 1%) em menor tempo ($p < 0,05$) que o CT, com tempo final médio da fermentação de 7 dias, enquanto o chucrute tradicional (CT) atingiu os mesmos parâmetros, após 27 dias.

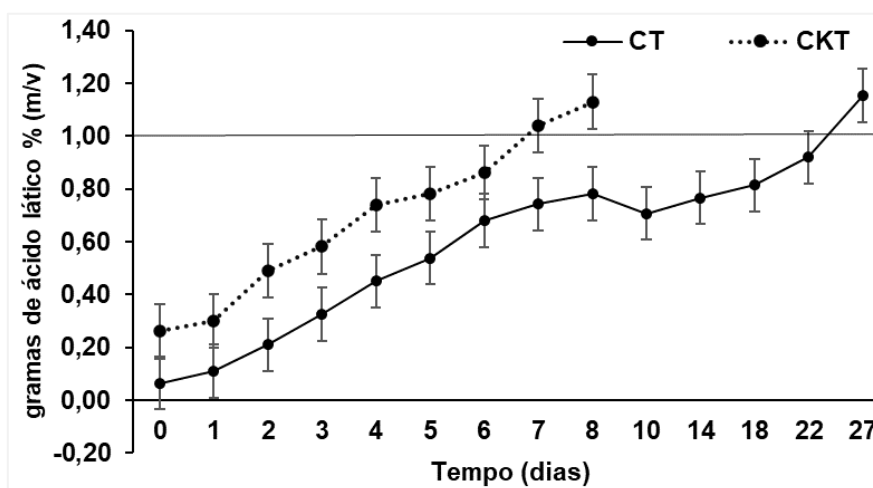
Avaliação do pH e acidez titulável ao longo da fermentação

A avaliação do pH e acidez titulável dos chucrutes produzidos foi realizada diariamente nos produtos, até a obtenção de valores de pH < 4,1 conforme a RDC n° 352 (20) e acidez titulável > 1%, conforme descrito literatura (29–32).

Na figura 2, observa-se que o CKT atingiu os valores de pH (figura 2B) e acidez titulável (figura 2A) desejados em menor tempo, com valor médio de 7 dias, quando comparado com o intervalo de tempo do CT, que atingiu os valores de pH e acidez titulável estabelecidos com um tempo médio de 27 dias.

Para efeito de comparação entre os dois métodos de elaboração do chucrute, um teste t não pareado foi realizado para intervalo calculado entre o tempo final e inicial de fermentação. Para a realização da análise estatística, o tempo inicial (Ti) do CT foi corrigido considerando o tempo de análise em que a acidez titulável se enquadrasse em uma faixa entre 0,2 -0,4 g/100g de ácido láctico. Essa correção foi necessária, tendo em vista que o soro de kefir presente na formulação do CKT, promoveu a acidificação do produto já no tempo inicial, com valor médio de 0,3 g/100g.

Posteriormente, os valores dos Ti foram testados com um teste t não pareado e não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tempos selecionados de ambos os tratamentos. O intervalo de tempo obtido entre o tempo final e o inicial de fermentação foi calculado para ambos os tratamentos (CKT e CT) e um teste t não pareado foi realizado, demonstrando diferença significativa na comparação dos intervalos entre CT e CKT.



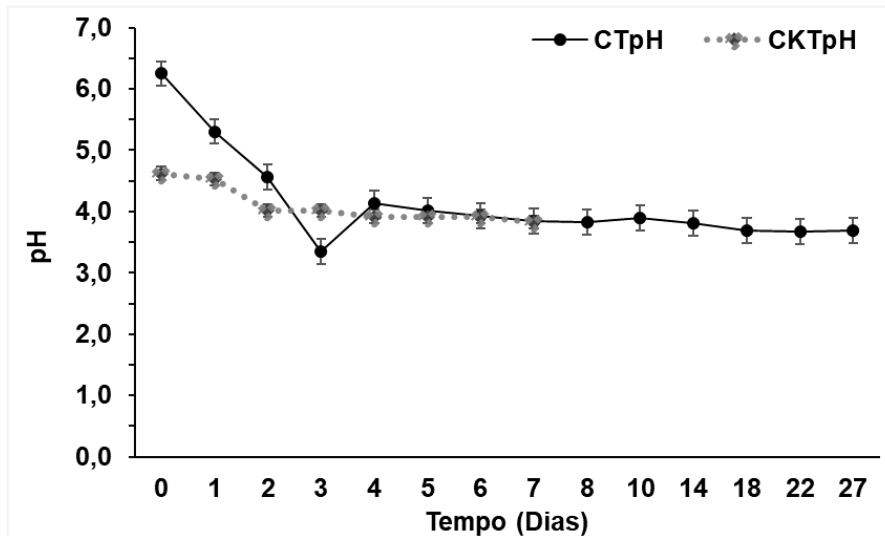
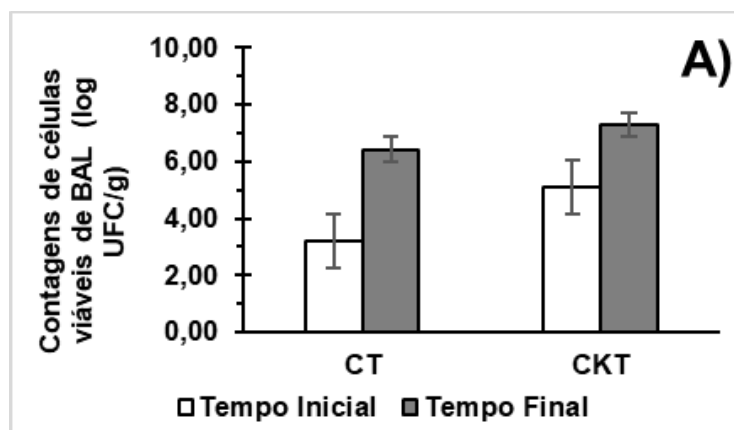


Figura 2 – Valores médios expresso em gramas de ácido láctico % (m/v) para a acidez titulável (A) e valores médios de pH (B)

Portanto, o chucrute elaborado com kefir (CKT) foi produzido em um tempo mais curto que o chucrute tradicional ($p < 0,05$). Ao final da fermentação, ambos os produtos alcançaram pH inferior a 4,5, como demonstrados na figura 3, sendo que o CKT chegou no valor de pH ideal em menor tempo, quando comparado ao CT.

Análise microbiológica dos chucrutes elaborados

Os resultados das contagens totais de BAL e leveduras obtidos nos chucrutes produzidos estão apresentados na Figura 3. No tempo inicial da fermentação, ao se comparar as contagens obtidas em ambos os tratamentos, houve uma diferença estatística ($p < 0,05$) de 2 e 1 unidades logarítmicas de UFC/g, para BAL e leveduras, respectivamente. No entanto, ao final do processo, as diferenças das contagens obtidas entre CKT e CT não foram significativas ($p > 0,05$), para ambos os grupos de microrganismos investigados.



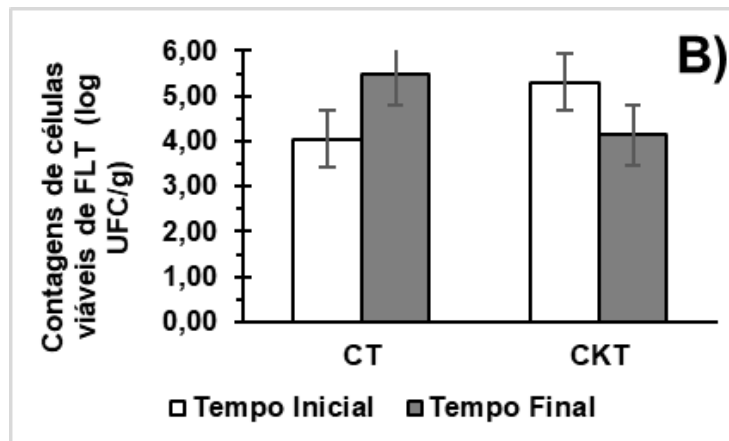


Figura 3 – Valores médios para a contagem de células viáveis de BAL (A) e leveduras (FLT) (B)

O soro de leite ou whey é um subproduto do processamento de laticínios com alto valor nutricional, e no caso do soro de kefir, apresenta também microrganismos oriundos da fermentação. No entanto, se descartado de forma inadequada pode promover a eutrofização de águas destinadas ao consumo (33). Portanto, a reutilização deste subproduto na elaboração de um alimento funcional é relevante, uma vez que poderá contribuir para a promoção da saúde e redução de impactos ambientais.

Este processo de otimização da fermentação já foi descrito em outros trabalhos, onde o emprego de culturas iniciadoras reduziu o tempo necessário para fermentação, quando comparados ao processo realizado de forma natural (34,35).

Segundo Viander et al. (36) e Rochelle-Newall et al. (37) antes do processo fermentativo do repolho, duas etapas são críticas para a obtenção de um alimento seguro. A primeira compreende as etapas de seleção e lavagem, que eliminam sujidades visíveis, folhas em processo inicial de decomposição, insetos que estejam entre as folhas do repolho (18,28), além da remoção da concentração residual de agrotóxicos (38). A segunda é a manipulação do chucrute, visto que após o processo de limpeza do repolho uma falha na manipulação pode impactar na segurança do alimento. Portanto, a adoção de boas práticas de manipulação é fundamental durante todo o processo, uma vez que contaminação química, física ou biológica do produto pode ocorrer por fômites contaminados ou pelo próprio manipulador (18,28).

A produção de ácido lático é resultante do processo fermentativo das BAL. No chucrute tradicional, o processo fermentativo, geralmente é conduzido pela BAL heterofermentativa *Leuconostoc mesenteroides* (39–41). No presente trabalho a redução do tempo de acidificação do CKT, sugere estar relacionada com a adição das BAL presentes no soro de kefir, como culturas iniciadoras, otimizando o processo fermentativo. Essa adição, provavelmente, promoveu uma mudança no processo fermentativo tradicional pelo aumento da concentração de BAL mais tolerantes ao pH ácido, oriundos do soro de kefir, como gêneros da família Lactobacillaceae, nas fases iniciais da fermentação (39,42,43).

Ao final da fermentação, ambos os produtos alcançaram pH inferior a 4,5, como demonstrados na figura 3, sendo que o CKT chegou no valor de pH ideal em menor tempo, quando comparado ao CT. No Brasil, grande parte dos instrumentos regulatórios tem como suas principais fontes, legislações internacionais. Ainda não existe uma legislação específica que determine padrões de qualidade e identidade específico para o chucrute, no país. Segundo a RDC 352, o chucrute pode ser classificado como hortaliça acidificada por fermentação, que por definição é: “aquela submetida à fermentação láctica de forma a atingir o pH do produto igual ou menor que 4,5” (20). Isso garante um importante aspecto no contexto de segurança de alimentos em relação aos alimentos em conserva.

O pH inferior a 4,5 é preconizado para conservas de vegetais consumidos crus, uma vez que inviabiliza o crescimento/germinação de bactérias patogênicas produtoras de toxinas, como *Clostridium botulinum*. Em especial, essa faixa de pH inviabiliza tal microrganismo que pode estar presente em vegetais como o repolho e pepino, sob forma vegetativa ou de esporos. A forma de armazenamento das conservas pode promover a ausência de oxigênio do meio, propiciando o desenvolvimento da bactéria e a produção de sua toxina botulínica, causando um quadro de intoxicação, denominado botulismo. Os indivíduos afetados desenvolvem um quadro grave de paralisia funcional motora, podendo levar a óbito (44).

A utilização do soro de kefir para produção do CKT reduziu o tempo médio de fermentação para 7 dias, enquanto no processo tradicional (CT) o tempo médio foi de 27 dias, momento em que atingiu a concentração de microrganismos semelhante ao observado em outros trabalhos que avaliaram o chucrute tradicional (35–37,45). Este resultado sugere que o processo de adição de soro de kefir foi tão eficiente em promover a fermentação do repolho, quanto o processo tradicional, ocorrendo em um menor tempo.

Diversos autores, afirmam que o tempo de crescimento das BAL é fundamental para o desenvolvimento da fermentação láctica, impactando na qualidade do produto (36,46,47). Segundo Viander et al. (36) o tempo de início do processo fermentativo é determinante, dado que se a partir da incubação esse processo demora a acontecer, microrganismos deteriorantes podem começar a se desenvolver e afetar a qualidade do produto. Os resultados do presente trabalho corroboram para esse fato, uma vez que a adição do soro de kefir no início do processo, leva a um aumento dos microrganismos responsáveis pela dinâmica de fermentação, resultando em um produto com contagens semelhantes ao do chucrute tradicional, obtido em menor tempo. Além disso, também foi observado que no CT, houve uma variação maior entre as contagens e os tempos de obtenção do produto final, sugerindo que a inclusão do soro de kefir ao processo, gera uma maior estabilidade ao processo produtivo.

Segundo a IN nº46 (48), que determina os padrões identidade e qualidade para leites fermentados, o kefir deve conter 10^7 UFC/g (equivalente a 7 log UFC/g) de BAL e 10^4 UFC/g (equivalente a 4 log UFC/g) de leveduras. Atualmente, não há uma legislação específica sobre identidade e qualidade de chucrute ou ainda, que regulamente a concentração de microrganismos probióticos no mesmo. No entanto, os valores de BAL e leveduras encontrados no chucrute, enquadraram-se na faixa preconizada para o kefir, sugerindo que o produto elaborado também possui um potencial probiótico.

Além disso, a elaboração deste produto pode contribuir para melhoria das características sensoriais do chucrute, diversificando a oferta de um produto funcional que corrobore com a intenção da população de inclusão de alimentos mais saudáveis, em suas rotinas diárias de alimentação

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, podemos afirmar que o emprego do soro de kefir, um subproduto da produção do queijo cremoso, na obtenção de um chucrute de repolho roxo, otimizou significativamente o tempo de fermentação, como o enriqueceu com as propriedades funcionais intrínsecas ao kefir. A redução do tempo de fermentação de 27 para 7 dias representa um avanço considerável em termos de eficiência produtiva, enquanto a manutenção das concentrações desejáveis de bactérias ácido lácticas e leveduras evidencia a efetividade do soro de kefir em conferir potencial probiótico ao chucrute desenvolvido.

Além disso, a incorporação dessas propriedades funcionais alinha o produto aos crescentes padrões de consumo voltados para a saúde e bem-estar, tornando-o uma opção viável e atraente para dietas saudáveis e sustentáveis. Este estudo, portanto, não só demonstra o potencial de reaproveitamento de subprodutos na indústria alimentícia como uma prática sustentável, mas também contribui para o desenvolvimento de novas abordagens na produção de alimentos funcionais, abrindo caminho para futuras pesquisas e aplicações práticas no campo da nutrição e saúde pública.

REFERÊNCIAS

1. WHO. Assesment of National Capacity for Noncommunicable Disease prevention and control - The report of a global survey. Switzerland; 2001.
2. Tetra Pak. The Rewired Consumer. 2021.
3. Bailey R. Functional Foods in Japan: Foshu (“foods for Specified Health Uses”) and “foods with Nutrient Function Claims”. Regulation of Functional Foods and Nutraceuticals: A Global Perspective. 2005;247–62.
4. BRASIL. RESOLUÇÃO - RES Nº 18, DE 30 DE ABRIL DE 1999 - Aprovar O Regulamento Técnico Que Estabelece As Diretrizes Básicas Para Análise E Comprovação De Propriedades Funcionais E Ou De Saúde Alegadas Em Rotulagem De Alimentos. D.O.U. - Diário Oficial da União, 18 BRASIL: ANVISA; maio 3, 1999.
5. Candido LMB, Campos AM. Alimentos funcionais. Uma revisão. Boletim da SBCTA. 2005;29(2):193–203.
6. Souza PHM, Souza Neto MH, Maia GA. Componentes funcionais nos alimentos. Boletim da SBCTA. 2003;37(2):127–35.
7. Moraes FP. ALIMENTOS FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS: DEFINIÇÕES, LEGISLAÇÃO E BENEFÍCIOS À SAÚDE. Revista Eletrônica de Farmácia

- [Internet]. outubro de 2007;3(2). Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/REF/article/view/2082>
8. Arslan S. A review: chemical, microbiological and nutritional characteristics of kefir. *CyTA - Journal of Food* [Internet]. julho de 2015;13(3):340–5. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2014.981588>
 9. Leite AMO, Leite DCA, Del Aguila EM, Alvares TS, Peixoto RS, Miguel MAL, et al. Microbiological and chemical characteristics of Brazilian kefir during fermentation and storage processes. *J Dairy Sci.* julho de 2013;96(7):4149–59.
 10. Farnworth ER. Kefir—a complex probiotic. *Food Science and Technology Bulletin: Fu.* 2006;2(1):1–17.
 11. Leite AM de O, Miguel MAL, Peixoto RS, Rosado AS, Silva JT, Paschoalin VMF. Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage. *Brazilian Journal of Microbiology.* 2013;44(2):341–9.
 12. Ding Fan, Stoyanova LG, Netrusov AI. Microbiome and Metabiotic Properties of Kefir Grains and Kefirs Based on Them. Vol. 91, *Microbiology (Russian Federation)*. Pleiades journals; 2022. p. 339–55.
 13. Yilmaz B, Sharma H, Melekoglu E, Ozogul F. Recent developments in dairy kefir-derived lactic acid bacteria and their health benefits. *Food Biosci.* agosto de 2022;46.
 14. GAMA M, LEITE A, RIVAS J. Desenvolvimento de queijo cremoso com propriedades funcionais. [Macaé]: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2018.
 15. Weschenfelder S, Pereira G de M, Carvalho HHC, Wiest JM. Caracterização físico-química e sensorial de kefir tradicional e derivados. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2011;63(2):473–80.
 16. Dornelles AS, Rodrigues S, Garruti D dos S. Aceitação e perfil sensorial das cachaças produzidas com Kefir e *Saccharomyces cerevisiae*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* [Internet]. setembro de 2009;29(3):518–22. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612009000300010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
 17. Contim LSR, Oliveira IMA, Cardoso Neto J. Avaliação microbiológica, físico-química e aceitação sensorial do kefir com polpa de graviola. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes* [Internet]. agosto de 2018;73(1):1–9. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/riict/article/view/604>
 18. Fornari AK. Viabilidade de elaboração de etiqueta polimérica inteligente para acompanhamento de processos de acidificação: aplicação ao repolho fermentado. [Santa Catarina]: Universidade Federal De Santa Catarina; 2006.
 19. Brasil. Cartilha sobre Boas Práticas para Serviços de Alimentação [Internet]. Brasília; 2004. Report No.: 3ª Ed. Disponível em: www.anvisa.gov.br

20. BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 352, de 23 de dezembro de 2002 - Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Frutas e ou Hortaliças em Conserva. D.O.U. , 352 Brasília: Diário Oficial da União; jan 8, 2002.
21. Mageney V, Neugart S, Albach D. A Guide to the Variability of Flavonoids in Brassica oleracea. *Molecules* [Internet]. fevereiro de 2017;22(2):252. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1420-3049/22/2/252>
22. Bhandari S, Jo J, Lee J. Comparison of Glucosinolate Profiles in Different Tissues of Nine Brassica Crops. *Molecules* [Internet]. agosto de 2015;20(9):15827–41. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1420-3049/20/9/15827>
23. Hafidh RR, Abdulamir AS, Abu Bakar F, Jalilian FA, Jahanshiri F, Abas F, et al. Novel anticancer activity and anticancer mechanisms of Brassica oleracea L. var. capitata f. rubra. *Eur J Integr Med* [Internet]. outubro de 2013;5(5):450–64. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1876382013000826>
24. Archana J, Kusuma M, Vijayabhargavi C. Antioxidant and Anti Cholinesterase Potential of Red Cabbage (Brassica oleracea var. capitata f. rubra). *European J Med Plants*. 13 de janeiro de 2018;22(1):1–7.
25. Zielińska M, Lewandowska U, Podsędek A, Cygankiewicz AI, Jacenik D, Sałaga M, et al. Orally available extract from Brassica oleracea var. capitata rubra attenuates experimental colitis in mouse models of inflammatory bowel diseases. *J Funct Foods*. 2015;17:587–99.
26. Volden J, Borge GIA, Bengtsson GB, Hansen M, Thygesen IE, Wicklund T. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (Brassica oleracea L. ssp. capitata f. rubra). *Food Chem* [Internet]. agosto de 2008;109(3):595–605. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814608000770>
27. Ribeiro MN, Sérgio Monteiro P, De D, Cunha P, Paula A, Oliveira DE. Avaliação Do Perfil Fermentativo Na Fabricação De Chucrute Com Redução De 40% De Cloreto De Sódio.
28. Machado A. Dossie Técnico: Chucrute. Paraná: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas; 2007.
29. Kim JJ, John KMM, Hae-Kyung M, Jin K, Enkhtaivan G, Kim DH. Morphological and biochemical variation of Chinese cabbage (Brassica rapa spp. Pekinensis) cultivated using different agricultural practices. *Journal of Food Composition and Analysis* [Internet]. 2014;36(1–2):12–23. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84923566141&doi=10.1016%2Fj.jfca.2014.06.009&partnerID=40&md5=c597e11bd9318227a6f5533213f0f552>
30. Tamang JP. Health Benefits of Fermented Foods and Beverages. 2015;435.

31. Wiczkowski W, Szawara-Nowak D, Topolska J. Changes in the content and composition of anthocyanins in red cabbage and its antioxidant capacity during fermentation, storage and stewing. *Food Chem.* 15 de janeiro de 2015;167:115–23.
32. You SY, Yang JS, Kim SH, Hwang IM. Changes in the physicochemical quality characteristics of cabbage kimchi with respect to storage conditions. *J Food Qual* [Internet]. 2017;2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85013455563&doi=10.1155%2F2017%2F9562981&partnerID=40&md5=ba348302db751273d58679f3454a301f>
33. Silva RR da, Siqueira EQ de, Nogueira I de S. Impactos ambientais de efluentes de laticínios em curso d'água na Bacia do Rio Pomba. *Engenharia Sanitária e Ambiental.* 2018;23(2):217–28.
34. Nguyen DTL, Van Hoorde K, Cnockaert M, De Brandt E, Aerts M, Binh Thanh L, et al. A description of the lactic acid bacteria microbiota associated with the production of traditional fermented vegetables in Vietnam. *Int J Food Microbiol* [Internet]. abril de 2013;163(1):19–27. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160513000706>
35. Johanningsmeier SD, Fleming HP, Thompson RL, McFeeters RF. Chemical and Sensory Properties of Sauerkraut Produced with *Leuconostoc mesenteroides* Starter Cultures of Differing Malolactic Phenotypes. *J Food Sci* [Internet]. junho de 2005;70(5):S343–9. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09989.x>
36. Viander B, Mäki M, Palva A. Impact of low salt concentration, salt quality on natural large-scale sauerkraut fermentation. *Food Microbiol* [Internet]. agosto de 2003;20(4):391–5. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0740002002001508>
37. Rochelle-Newall E, Nguyen TMH, Le TPQ, Sengtaheuanghoung O, Ribolzi O. A short review of fecal indicator bacteria in tropical aquatic ecosystems: Knowledge gaps and future directions. *Front Microbiol.* 2015;6(MAR).
38. ANVISA A. Relatório das Análises de amostras monitoradas no período de 2013 a 2015. Brasília; 2016.
39. Peñas E, Martinez-Villaluenga C, Frias J. Sauerkraut. Em: *Fermented Foods in Health and Disease Prevention* [Internet]. Madrid: Elsevier; 2017. p. 557–76. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128023099000248>
40. Lu Z, Breidt F, Plengvidhya V, Fleming HP. Bacteriophage Ecology in Commercial Sauerkraut Fermentations. *Appl Environ Microbiol* [Internet]. junho de 2003;69(6):3192–202. Disponível em: <http://aem.asm.org/cgi/doi/10.1128/AEM.69.6.3192-3202.2003>

41. Saloheimo P. Captain Cook used sauerkraut to prevent scurvy. *Duodecim*. 2005;121(9):1014.
42. Peñas E, Frias J, Sidro B, Vidal-Valverde C. Chemical Evaluation and Sensory Quality of Sauerkrauts Obtained by Natural and Induced Fermentations at Different NaCl Levels from Brassica oleracea Var. capitata Cv. Bronco Grown in Eastern Spain. Effect of Storage. *J Agric Food Chem* [Internet]. março de 2010;58(6):3549–57. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf903739a>
43. Cagno R Di, Filannino P, Gobbetti M. Fermented Foods: Fermented Vegetables and Other Products. Em: Caballero B, Finglas PM, Toldrá F, organizadores. *Encyclopedia of Food and Health* [Internet]. Oxford: Academic Press; 2016. p. 668–74. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849472002841>
44. Cereser ND, Costa FMR, Rossi Júnior OD, Silva DAR da, Sperotto V da R. Botulismo de origem alimentar. *Ciência Rural*. fevereiro de 2008;38(1):280–7.
45. Xiong T, Li X, Guan Q, Peng F, Xie M. Starter culture fermentation of Chinese sauerkraut: Growth, acidification and metabolic analyses. *Food Control* [Internet]. julho de 2014;41:122–7. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713514000036>
46. Özcelik S, Kuley E, Özogul F. Formation of lactic, acetic, succinic, propionic, formic and butyric acid by lactic acid bacteria. *LWT - Food Science and Technology*. 2016;73:536–42.
47. Huertas RAP. Bactérias Acido Lacticas: Papel Funcional en Los Alimentos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. junho de 2010;8(1):93–105.
48. BRASIL. Instrução Normativa N° 46, De 23 De Outubro De 2007regulamento Técnico De Identidade E Qualidade De Leites Fermentados. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento 2007.

Capítulo 47

DOI: 10.53934/IIICBPAV-47

IMPORTÂNCIA DA EMBALAGEM E ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DE OVOS DE GALINHA POEDEIRA

Regina Tie Umigi *; Adrienny Rodrigues Cavalcante ; Ingrid Lemos Soares 
; Matheus Alipio Costa Caldas 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: regina.umigi@ufrr.br

Resumo: O ovo é um alimento amplamente consumido e um dos mais completos na alimentação humana. Isso nos faz desejar que sua qualidade seja mantida desde o processo de sua produção até seu consumo. O objetivo deste trabalho foi determinar a qualidade de ovos armazenados em diferentes embalagens, em duas temperaturas de armazenamento. Para tanto, foram utilizados 180 ovos de galinhas poedeiras com 39 semanas de idade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3x2, sendo três tratamentos (embalagens plástica, poupa de papelão e isopor) e duas temperaturas de estocagem (refrigerado e sob temperatura ambiente), com seis repetições, durante cinco períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21 e 28 dias). Os parâmetros avaliados foram: perda de peso (g), gravidade específica (g/cm^3) e pH de gema e albúmen. Para a perda de peso, observamos uma diferença significativa em todos os tratamentos, a partir do sétimo dia de armazenamento, principalmente naqueles armazenados em temperatura ambiente. A gravidade específica e o pH de gema e albúmen não foram influenciados pelo tipo de material da embalagem; porém, aqueles que estavam armazenados sob a refrigeração obtiveram os melhores resultados ao longo do período de armazenamento. Com isso, independentemente do tipo de embalagem, os ovos que foram armazenados sob refrigeração obtiveram os melhores resultados qualitativos, pois a refrigeração diminuiu as perdas para o meio e preservou por mais tempo a qualidade interna dos ovos.

Palavras-chave: armazenamento; avicultura de postura; recipiente

Abstract: Eggs are a widely consumed and nutritionally complete source food in human diet. Ensuring their quality is maintained from production to consumption is essential. This study aimed to evaluate the quality of eggs stored in various types of packaging under different temperatures conditions. For this purpose, a total of 180 eggs from 39-week-old laying hens were used in this experiment. The study followed a completely randomized design (DIC) with a 3x2 factorial scheme, considering three packaging materials (plastic, cardboard pulp, and styrofoam) and two storage temperatures (refrigerated and at room temperature). Six replications were conducted over five storage periods (0, 7, 14, 21, and 28 days). Parameters measured included weight loss (in grams), specific gravity (in g/cm^3), and pH of the yolk and albumen. Regarding weight loss, a significant difference was observed in all treatments beginning on the seventh day of storage, particularly in eggs stored at room temperature. The specific gravity and pH of both the yolk and albumen remained unaffected by the type of packaging material;

however, eggs stored under refrigeration consistently yielded superior results throughout the entire storage period.

Key Word: storage; laying poultry; container

INTRODUÇÃO

O ovo é um alimento amplamente consumido no mundo e um dos mais completos, possuindo alto valor biológico, sendo seu valor nutricional só comparável ao leite materno (1).

De acordo com (2) para que se tenha um máximo aproveitamento do valor nutricional do ovo é necessário que seja conservado adequadamente, visto que a perda de qualidade é inevitável e inicia-se logo após a postura podendo ser agravada por fatores como: temperatura, armazenamento inadequado, idade e estado nutricional da poedeira.

Os ovos são comercializados em locais sem a devida refrigeração, desta forma o setor avícola necessita tomar certas providências com o intuito de preservar ao máximo o valor nutricional do produto (3). Dentre as medidas está a escolha do tipo de embalagem e até mesmo chamar a atenção dos consumidores (4).

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da utilização das embalagens plásticas, poupa de papelão e de isopor sobre a qualidade interna e externa de ovos de galinhas poedeiras armazenados em dois ambientes (refrigerado e sob temperatura ambiente).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Análises do Núcleo de Pesquisas em Nutrição Animal, da Universidade Federal de Roraima, entre os dias 31 de março a 28 de abril de 2023, com duração de 28 dias.

Para realização do experimento foram adquiridos 180 ovos de galinhas poedeiras com 39 semanas de idade, pertencentes à linhagem H&N Brown Nick, de uma granja comercial na cidade de Boa Vista, RR. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3x2, sendo três tratamentos (embalagem plástica, poupa de papelão e isopor) e duas temperaturas de estocagem (refrigerado e ambiente), com seis repetições, durante cinco períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21 e 28 dias). A temperatura do período experimental foi coletada por meio de termômetros da marca Incoterm para refrigeração (geladeira) e de bulbo seco (temperatura ambiente).

Primeiramente os ovos foram numerados com caneta permanente, e em seguida foram pesados em balança analítica. Avaliaram-se os seguintes parâmetros: perda de peso (g), gravidade específica (g/cm^3) e pH de gema e albúmen.

Para a perda de peso, no primeiro dia do experimento (dia zero), todas as unidades experimentais (ovos) foram devidamente pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001g, unibloc PSC AUW220, da marca Shimadzu. No decorrer dos demais períodos de armazenamento (7, 14, 21 e 28 dias), novas pesagens foram realizadas, com o intuito de verificar a perda de peso, comparando-as com o dia zero.

A gravidade específica foi determinada por meio do método da flutuação salina (água com sal), onde foram utilizados baldes plásticos, densímetro para massa específica da marca Incoterm, água e sal fino comercial. As imersões foram realizadas em soluções salinas com densidade que variavam de 1,000 até 1,100 g/cm³ com intervalos de 0,005g/cm³. As unidades experimentais foram submersas em baldes com as soluções, da menor para a maior densidade e retiradas ao flutuarem, registrando-se os valores correspondentes às soluções dos recipientes.

Para a obtenção dos valores de pH de gema e albúmen, foram separadas as amostras de cada componente das unidades experimentais (gema e albúmen) de cada tratamento e local de armazenamento. O pH foi determinado através do pHmetro com a imersão do eletrodo no conteúdo, utilizando-se o pHmetro de bancada da marca Bel Engineering, modelo PHS3BW.

Os resultados obtidos foram submetidos a análises estatísticas pelo programa Sistema para Análises Estatísticas (SAEG), utilizando-se os procedimentos de análise de variância, e na ocorrência de diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de SNK (Student Newman Keuls) ao nível de probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias registradas na geladeira e no ambiente, durante o período experimental, foram de $8,0 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e $28 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Na Tabela 1 estão os resultados referentes a perda de peso para os diferentes tratamentos, período de tempo e ambientes de armazenamento.

Tabela 1 – Peso do ovo (g) e perda de peso (g) em diferentes tratamentos, período de tempo e ambientes de armazenamento

Tratamentos (Bandejas)					
Tempo (Dias)	Local	Plástico	Poupa de papelão	Isopor	Média
0	REF ¹	0,00	0,00	0,00	0,00
	AMB ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	Média	0,00	0,00	0,00	
7	REF	0,28	0,23	0,29	0,27B
	AMB	0,85	0,91	0,95	0,90A
	Média	0,57	0,57	0,62	CV= 17,75%
14	REF	0,62	0,64	0,66	0,64B
	AMB	1,67	1,99	1,54	1,74A
	Média	1,15	1,32	1,10	CV=15,57%
21	REF	0,98	0,83	0,83	0,88B
	AMB	2,33	2,71	2,12	2,39A
	Média	1,65	1,77	1,48	CV=17,80%
	REF	1,08	1,06	0,81	0,99B

28	AMB	2,44	2,69	2,76	2,63A
	Média	1,76	1,88	1,78	CV=22,46%

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha (minúscula) e coluna (maiúscula) não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK (5% de probabilidade); ¹Refrigerado; ²Ambiente.

De acordo com dados da Tabela 1, foi observada diferença significativa ($p < 0,01$) na perda de peso dos ovos armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem, a partir do sétimo dia de armazenamento. Houve influência da temperatura sobre este parâmetro, conforme explicam (2), estes resultados devem-se a um aumento da perda de peso e diminuição da altura do albúmen com o aumento do período de armazenamento, pois atribuem à perda de água e CO₂ do ovo para o ambiente.

A gravidade específica (g/cm³) nos diferentes tratamentos, locais de armazenamento e períodos de tempo, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Gravidade específica (g/cm³) nos diferentes tratamentos, locais de armazenamento e períodos de tempo

Tratamentos (Bandejas)					
Tempo (Dias)	Local	Plástico	Poupa de papelão	Isopor	Média
0	REF ¹	1,095	1,092	1,091	1,092
	AMB ²	1,090	1,093	1,092	1,092
	Média	1,092	1,093	1,090	
7	REF	1,087	1,091	1,086	1,088A
	AMB	1,081	1,075	1,075	1,077B
	Média	1,084	1,083	1,080	CV= 0,61%
14	REF	1,088	1,080	1,080	1,082A
	AMB	1,063	1,050	1,056	1,056B
	Média	1,076a	1,065b	1,068ab	CV= 0,76%
21	REF	1,075	1,081	1,076	1,077A
	AMB	1,051	1,042	1,048	1,047B
	Média	1,063	1,061	1,062	CV= 0,64%
28	REF	1,071	1,070	1,073	1,071A
	AMB	1,047	1,038	1,041	1,042B
	Média	1,059	1,054	1,057	CV= 0,90%

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha (minúscula) e coluna (maiúscula) não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK (5% de probabilidade); ¹Refrigerado; ²Ambiente.

Em relação aos valores de gravidade específica, é possível observar que os valores tiveram diferença entre si ($p < 0,01$) nas diferentes temperaturas de armazenamento. Os ovos estocados sob refrigeração obtiveram os melhores resultados, pois perderam menos peso, o que leva este método a ser usado diretamente na determinação da qualidade da casca, já que a mesma influencia na perda de gases e umidade através de seus poros (5).

Na Tabela 3 estão os resultados obtidos referentes ao pH de gema e albúmen nos diferentes tratamentos, períodos de tempo e locais de armazenamento.

Tabela 3 – Avaliação do pH de gema e albúmen nos diferentes tratamentos, períodos de tempo e locais de armazenamento

Gema (pH)		Tratamentos (Bandejas)			
Tempo (Dias)	Local	Plástico	Poupa de papelão	Isopor	Média
0	REF ¹	7,29	7,54	7,62	7,48
	AMB ²	7,81	7,63	7,36	7,60
	Média	7,55	7,59	7,49	
7	REF	7,38	7,07	7,28	7,24B
	AMB	7,96	7,74	7,79	7,83A
	Média	7,67a	7,41c	7,53b	CV=1,13%
14	REF	7,65	7,46	7,20	7,43
	AMB	7,77	7,78	7,16	7,57
	Média	7,71	7,62	7,18	CV= 5,63%
21	REF	7,80Aa	7,30Bb	7,34Bb	7,47B
	AMB	7,99Ab	8,51Aa	7,98Ab	8,15A
	Média	7,89	7,90	7,65	CV= 2,63%
28	REF	7,15	7,89	7,09	7,38B
	AMB	7,41	8,07	7,89	7,79A
	Média	7,28b	7,98a	7,49b	CV= 5,46%
Albúmen (pH)		Tratamentos (Bandejas)			
Tempo (Dias)	Local	Plástico	Poupa de papelão	Isopor	Média
0	REF ¹	7,19	7,58	7,37	7,38
	AMB ²	7,40	7,85	6,95	7,40
	Média	7,30	7,71	7,16	
7	REF	7,09Ba	7,30Ba	7,19Ba	7,19B
	AMB	7,78Aab	7,63Aab	7,50Ab	7,63A
	Média	7,43	7,46	7,34	CV= 1,90%
14	REF	7,43Ba	7,39Aa	7,43Aa	7,41
	AMB	7,99Aa	7,24Ab	7,11Bb	7,44
	Média	7,71a	7,32b	7,27b	CV= 2,82%
21	REF	7,71	7,73	8,30	7,91
	AMB	7,63	8,13	8,32	8,03
	Média	7,68c	7,93b	8,32a	CV= 2,69%
28	REF	8,75Aa	7,91Ab	7,73Ab	7,89B
	AMB	7,82Ba	7,99Aa	7,89Aa	8,13A
	Média	8,28a	7,95b	7,81b	CV= 2,83%

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha (minúscula) e coluna (maiúscula) não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK (5% de probabilidade); ¹Refrigerado; ²Ambiente.

Para o pH de gema houve diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos e locais de armazenamento, onde os ovos que estavam sob refrigeração obtiveram os melhores resultados. A partir do 21^a dia, foi observado diferença significativa entre as embalagens e locais de estocagem. O pH dos ovos está diretamente relacionado com o frescor dos ovos, ou seja, quanto mais tempo permanecer armazenado maior será o aumento do seu pH (6).

Para o pH de albúmen a partir do sétimo dia foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os diferentes tipos de tratamentos e ambientes de estocagem. Ovos de postura recente, o pH do albúmen está entre 7,6 e 8,5 e durante o armazenamento prolongado pode alcançar um valor máximo de cerca de 9,7. A qualidade interna do ovo envolve propriedades funcionais e microbiológicas da gema e do albúmen do ovo. A mesma começa a diminuir após a postura e quanto mais longo for o tempo de armazenamento, mais deteriorada estará a qualidade interna (7).

CONCLUSÕES

Os ovos de galinhas poedeiras independente da embalagem que foram acondicionados e que foram armazenados sob refrigeração apresentaram os melhores resultados, quando comparados aos ovos que foram armazenados em temperatura ambiente, pois a refrigeração conserva por mais tempo as características nutricionais dos ovos, sendo importante na preservação da qualidade interna dos ovos e aumento na vida de prateleira.

REFERÊNCIAS

1. Avila VS., Soares JPG. Produção de ovos em sistemas orgânicos. 2. ed. Concordia: Embrapa suínos e Aves; 2010.
2. Lana SRV, Lana GRQ, Salvador EL, Lana AMQ, Cunha FSA, Marinho AL. Qualidade de ovos de poedeiras comerciais armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. 2017;18:140-151.
3. Antunes AJ. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos armazenados sob refrigeração. Scientia Agrícola. 2001;58:681-685.
4. Scatolini-Silva AM, Borba H, Giampietro-Ganeco A, Souza PA, Boiago MM, Mello JLM, et al. Qualidade física de ovos armazenados em diferentes condições de embalagens sob temperatura ambiente. Archivos de Zootecnia. 2013;62:238.
5. Gonzales E. Qualidade interna e externa do ovo: fatores que afetam os resultados da incubação de linhagens leves de aves de produção comercial. In: Macari M, Gonzales E, Patricio IS, Naas IA, Martins PC. Manejo da incubação. 3. ed. Campinas:FACTA;2013.
6. Oliveira BL, Oliveira DD. Qualidade e tecnologia de ovos. Lavras: Editora

UFLA;2013.

7. Albino LFT, Carvalho BR, Maia RC, Barros VRSM. Galinhas poedeiras: criação e alimentação. Viçosa: Aprenda Fácil;2014.

Capítulo 48

DOI: 10.53934/IIICBPAV-48

ESTUDO DA ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DE *Estafilococos* COAGULASE POSITIVA EM LINGUIÇA FRESCAL REFRIGERADA ATRAVÉS DO USO DE UM CONSERVANTE NATURAL A BASE DE ÓLEOS ESSENCIAIS

Ricardo Macedo da Silva *; Juliana Cantalino dos Santos ; Jessé de Almeida
Nascimento 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: ricardoagrouneb@gmail.com

Resumo: A fabricação de linguiça frescal requer vários cuidados para evitar possíveis contaminações. Desse modo, são utilizados aditivos químicos afim de conservar esses alimentos cárneos, porém o uso exagerado de aditivos sintéticos pode causar vários riscos ao ser humano. Sendo assim uma alternativa viável é a utilização de óleos essenciais, que além de ter um potencial bacteriostático, também é natural ocasionando uma possível substituição para controlar e inibir o crescimento de alguns microrganismos dando ao alimento um aspecto mais saudável avaliando o uso contínuo a longo tempo. Assim, esse projeto teve como objetivo, testar através da Técnicas de Difusão em Discos e da Técnica de Difusão em Poços o potencial inibidor dos óleos essenciais de alho, capim-limão, orégano e cravo, em seguida foi determinado a Concentração Inibitória Mínima (CIM). Em seguida foi realizado o potencial inibidor no alimento após 5 dias de incubação. Todas as análises foram realizadas no Laboratório Microbiologia no Campus Petrolina-PE. Os óleos essenciais apresentaram características inibidoras, sendo o destaque para o óleo essencial de orégano que teve resultado satisfatório, devido sua composição que tem a presença do timol que inibe a produção de amilase e proteases pela célula, promovendo sua degradação e a grande zona de inibição formada pelo óleo essencial de cravo contra as bactérias é explicada pela sua característica lipofílica, pois permite uma interação entre o óleo e os lipídios da membrana da célula da bactéria, alterando sua permeabilidade.

Palavras-chave: Antimicrobianos; óleo essencial; linguiça

Abstract: The making fresh sausage requires a lot of care to avoid possible contamination. Therefore, chemical additives are used to preserve these meat foods, but the excessive use of synthetic additives can cause several risks to humans. Therefore, a viable alternative is the use of essential oils, which in addition to having a bacteriostatic potential, are also natural, causing a possible replacement to control and inhibit the growth of some microorganisms, giving the food a healthier appearance, evaluating continuous use over a long period of time. Thus, this project aimed to test, through Disc Diffusion Techniques and Well Diffusion Techniques, the inhibitory potential of garlic, lemongrass, oregano and clove essential oils, then the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) was determined.). Then, the inhibitory potential was measured in the food after 5 days of

incubation. All analyzes were carried out at the Microbiology Laboratory at Campus Petrolina-PE. The essential oils presented inhibitory characteristics, the highlight being clove essential oil which had a satisfactory result, due to its composition which has the presence of Eugenol which inhibits the production of amylase and proteases by the cell, promoting their degradation and the large zone of inhibition. formed by clove essential oil against bacteria is explained by its lipophilic characteristic, as it allows an interaction between the oil and the lipids of the bacteria cell membrane, altering its permeability.

Key Word: Antimicrobials; essential oil; sausage

INTRODUÇÃO

Os alimentos perecíveis como os vegetais, derivados lácteos, carnes, peixes, frango e ovos apresentam um tempo de armazenamento limitado, dessa forma a utilização de conservantes sintéticos é considerada uma etapa necessária para impedir o crescimento de microrganismos patogênicos e/ou deteriorantes nos mesmos. No entanto, a utilização de aditivos químicos sintéticos não vem sendo aprovada pelos consumidores devido à possibilidade de gerar riscos à saúde a longo prazo.

Haja vista, o elevado grau de informação da população sobre a importância da seleção adequada das matérias-primas de alimentos para a manutenção da saúde e o aumento da demanda por alimentos com menor teor de conservantes sintéticos e maior tempo de prateleira, torna-se uma tendência para a comunidade científica da área de ciência e tecnologia de alimentos juntamente às indústrias do setor tem refletido sobre a melhor forma para promover a conservação dos alimentos e proporcionar um alimento mais saudável.

Isto vem incentivando a busca por antimicrobianos (conservantes) de origem natural que possam ser utilizados no alimento de forma individual ou combinados com outra tecnologia (1).

Os antimicrobianos naturais podem ser derivados de origem microbiana, vegetal e animal e tem como função, a capacidade de inibir o crescimento de microrganismos patogênicos e/ou deteriorantes constituído assim, uma nova forma de prevenir contaminações e assim, gerar alimentos mais seguros.

Esses compostos têm a capacidade de interagir com a estrutura das moléculas e interferirem nas funções das células de microrganismos com mecanismos antimicrobianos principalmente gerando modificações nas propriedades da membrana citoplasmática e no metabolismo energético além de inibirem a síntese de ácido nucleico (2).

A indústria de alimentos tem dado uma atenção especial aos óleos essenciais, os quais classificam-se por serem compostos voláteis produzidos como metabólitos secundários por plantas aromáticas, possuindo propriedades antioxidantes, conservantes

e aromatizantes. Além disso, são produzidos de forma natural, são seguros para uso e amplamente aceitos pelos seres humanos (3).

Desse modo, a utilização de compostos naturais como óleos essenciais está sendo uma alternativa para substituição aos conservantes químicos que são normalmente utilizados em produtos cárneos tem sido tendência atual. A atividade antimicrobiana de óleos essenciais de condimentos possui vastas aplicações, incluindo conservação de alimentos crus e processados (4).

O processo de fabricação de embutidos e reestruturados cárneos propicia o aumento da vida útil da carne através da utilização de sais de cura, como nitrito e nitrato de sódio e de potássio que são amplamente utilizados pela indústria alimentícia. A adição desses conservantes tem como principal objetivo inibir o crescimento de algumas cepas de microrganismos causadores de toxinfecções, intoxicações e até mesmo deteriorantes, exemplo, *Clostridium botulinum*, *Salmonella spp* e *Staphylococcus spp*. (5).

Segundo Fonseca e colaboradores (6) o mercado está focado no uso de aromatizantes sintéticos, óleos essenciais e as óleo-resinas naturais, que são os principais componentes aromáticos provenientes de fontes naturais, devido sua principal influência que é a saúde do consumidor a longo prazo. Dessa forma, esta pesquisa teve o objetivo de avaliar o efeito antimicrobiano de óleos essenciais sobre cepas de Estafilococos coagulase positiva durante o armazenamento em linguiça frescal refrigerada.

MATERIAL E MÉTODOS

MICRORGANISMOS

Foram testados microrganismos *S. coagulase positiva* ATTC cedidas pela professora Luciana Jatobá do IF Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural. Foi feito a replicação bacteriana em meio de cultura PCA e Muller Hinton das culturas *Staphylococcus aureus* 25923 (SA), *Staphylococcus aureus* 33591 (SA) e *Escherichia coli* e colocados na estufa a 35° por 24 horas. Depois desse período, foi colocada cinco colônias de cada cultura em tubos contendo a suspensão salina (um tubo para cada cultura). Após isso, com o auxílio do swab, a amostra da suspensão foi coletada e aplicada sobre o meio de cultura nas placas de petri, colocando três discos com a solução aquosa de alho e três com óleo essencial de orégano, sendo levadas para a estufa a 35° por 24 horas para observação da formação do halo de inibição.

OBTENÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

O óleo objeto de estudo foi fornecido pelo Laboratório de Química do Campus Petrolina Zona Rural, conforme possível aplicação em alimentos e extraído a partir do cravo, orégano e alho. O processo de obtenção do óleo foi o processo de hidrodestilação. Na hidrodestilação do tipo Clevenger, o material vegetal é imerso em água sob aquecimento, até a fervura, resultando na formação de vapores que arrastam os compostos voláteis, os quais, após condensação separam-se da fase aquosa por decantação (7).

TESTE DE SUSCEPTIBILIDADE IN VITRO

A atividade antibacteriana dos óleos essenciais foi testada através da técnica de difusão de disco de acordo com a recomendação da “National Committee for Clinical Laboratory Standard” (8).

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA MÍNIMA (CIM)

Foi obtida uma suspensão bacteriana com padrão 0,5 McFarland, correspondente a 108 células /mL. Em seguida, foram realizadas diluições de 1/100 e 1/1000 (106 e 105 UFC/mL). 1 mL de cada suspensão (108, 106 e 105) foi homogeneizado a 19 mL de ágar Muller Hinton fundido e resfriado a 45°C -50°C em seguida transferido para a placa de Petri contendo o filme de ágar bacteriológico e 5 ponteiros estéreis vertidas, para a obtenção dos poços.

Após solidificação, as ponteiros foram retiradas e serão aplicados 50µL dos óleos essenciais, nas diluições 10%, 20%, 30%, 40% e 50%, em cada poço. A incubação foi feita a 35-37°C por 24 horas e após este período de incubação os halos formados foram medidos, em milímetros de diâmetro.

PREPARAÇÃO DA LINGUIÇA FRESCAL

A linguiça suína fresca que foi produzida no Laboratório Experimental de Alimentos. Todos os ingredientes foram escolhidos e obtidos no comércio local da cidade de Petrolina-Pe. Dentre os critérios utilizados para a compra, a marca será o diferencial na escolha de cada item. Em todas as etapas de desenvolvimento, o produto foi elaborado dentro das normas higiênico-sanitárias de acordo com a legislação brasileira vigente (9).

PREPARAÇÃO DO INÓCULO

De um crescimento bacteriano de *S. coagulase* positiva de 18 a 24 horas, foram inoculadas separadamente 3 a 5 Unidades Formadoras de Colônia (UFC) de cada cepa em 5 mL de solução salina a 0,85%, com o uso de alça bacteriológica, previamente flambada. A suspensão obtida teve a turvação ajustada ao padrão 0,5 da escala de McFarland, correspondendo a uma cultura de 10^8 UFC/ml. Em seguida estas suspensões de *Est. coagulase* positiva foram diluídas em água peptonada a 10^4 UFC/ml.

INOCULAÇÃO DAS CEPAS NA LINGUIÇA FRESCAL

As suspensões foram adicionadas a linguiça, atingindo a concentração 10^2 UFC/g de *Est.coagulase* positiva. A homogeneização do inóculo no produto foi realizada inicialmente de forma manual por cerca de 10 minutos, com auxílio de luvas cirúrgicas desinfetadas (10).

Foi realizado uma amostra controle negativo sem óleo e apenas a cepas e outra sem óleo e sem cepas.

PREPARAÇÃO E ADIÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS NA LINGUIÇA

Após a homogeneização foram adicionadas a linguiça e inóculo, os óleos essenciais nas proporções, previamente determinadas nos testes in vitro (11).

RECUPERAÇÃO EST. COAGULASE POSITIVA

Para a contagem de Est. coagulase positiva cada amostra de 20g foi homogeneizada em 180 mL de água peptonada 0,1% estéril. Em seguida, em duplicata, foram transferidas alíquotas de 0,1mL para a superfície de ágar de ágar Baird Parker (BP) para recuperação de Est. coagulase positiva e espalhado com o auxílio de uma alça de Drigalsky. Após a secagem, as placas de BP foram incubadas a 37°C por 48h para posterior contagem.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental do teste de atividade antibacteriana dos óleos foi inteiramente casualizado, e para a análise estatística fez-se a comparação das médias pelo Teste de Tukey, com limite de confiança de 95%. Todo experimento foi realizado em duplicata, podendo-se acompanhar o crescimento bacteriano nas linguiças em após 120 horas de armazenamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

TÉCNICA DE DIFUSÃO DE DISCO

Após o tempo de incubação, foi observado que houve a formação dos halos de inibição para os óleos essenciais de alho, capim-limão e cravo, somente nas placas com o óleo essencial de orégano.

Tabela 1: Halos de inibição em milímetros de cepas

Bactérias	Orégano	Capim limão	Cravo	Alho
S. aureus 1	16	15	14	0
S. aureus 2	12	27	13	0
E. coli.	19	16	14	0

*Medida do diâmetro dos halos em milímetros da inibição total.

Os resultados foram positivos para o orégano, campim-limão e cravo; mas o alho não conseguiu inibir o crescimento para as cepas de *S. aureus* 1 e 2 e *E. coli*.

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA MÍNIMA (CIM)

Tabela 3: Técnica em Difusão em Poços

Bactérias	Cravo	Capim limão	Orégano
-----------	-------	-------------	---------

S. aureus 1	50	50	25
S. aureus 2	50	50	25
E. coli.	50	50	25

Observação: as quantidades na tabela são em µl.

A tabela da Técnica em Poços teve resultados satisfatórios com inibição mínima de 25µl para o óleo essencial de orégano já para os óleos essenciais de capim limão e cravo foi necessário um percentual maior de 50µl para a inibição para todas as cepas analisadas.

RECUPERAÇÃO EST. COAGULASE POSITIVA

Tabela 3: Análise microbiológica da linguiça frescal

Alimento	Resultado (UFC/g)	LQ
Linguiça Frescal 01 (CONTROLE)	1x10 ¹	Ausência
Linguiça Frescal com OE de capim limão	>3x10 ₃	Ausência
Linguiça Frescal com OE de cravo	>3x10 ₃	Ausência
Linguiça Frescal com OE de orégano	2,4x10 ₃	Ausência

UFC: Unidade Formadora de Colônia.

LQ: Limite de Quantificação.

Outros trabalhos descrevem que o potencial antimicrobiano do cravo é atribuído, principalmente, a ação do eugenol. O eugenol inibe a produção de amilase e proteases pela célula, promovendo sua lise e degradação e A grande zona de inibição formada pelo OE de cravo contra as bactérias é explicada pela sua característica lipofílica, pois permite uma interação entre o óleo e os lipídios da membrana da célula da bactéria, alterando sua permeabilidade (12)

Os estudos de Pereira et al. (11), por metodologia de difusão com discos de 7 mm de diâmetro, confirmaram a ação antimicrobiana do óleo essencial de cravo da Índia, corroborando com os dados aqui apresentados. Esses autores utilizaram doses de 5, 10 e 15 µL de impregnação do composto nos discos, obtendo halos de inibição de 19,00; 19,75 e 20,50 mm.

Outros estudos, embora utilizando-se de metodologias distintas da aplicada aqui, confirmaram ação antimicrobiana do óleo essencial de cravo sobre E. coli e S. aureus (12)

CONCLUSÕES

Assim, os resultados obtidos nesse estudo revelam que o óleo essencial de cravo, quando adicionado na linguiça, causam uma inibição inicial na fase (Lag) das cepas S. aureus 25923 S. aureus 33591 e E. coli na linguiça independente da formulação utilizada.

Entretanto, após o período de conservação das linguiças, as células sobreviventes, se adaptam ao meio inibidor através de possíveis mutações e divisões celulares, os

microrganismos se multiplicam rapidamente na fase exponencial (Log), devido este óleo essencial não ter a capacidade de controlar o desenvolvimento das cepas durante a etapa de armazenamento das linguiças em refrigeração, apesar de causar uma imediata redução na fase de crescimento exponencial na inoculação ao produto.

Para garantir uma diminuição na de crescimento exponencial, teria que usar concentrações e volumes maiores dos óleos essenciais e isso poderia afetar diretamente nas características sensoriais do produto.

REFERÊNCIAS








1. Barros D de M, Melo M de A, Moura DF de, Silva JHL da, Silva HML da, Santos JSS dos, et al. Potencial Utilização de Sistemas Antimicrobianos Naturais como Conservantes Alimentares / Potential Use of Natural Antimicrobial Systems as Food Conservatives. Brazilian Journal of Development [Internet]. 2020 Jun 24 [cited 2022 Apr 20];6(6):40476–91. Available from: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/12158>
2. Barbosa J, Anndressa M, Davi C, Santos, Macário I. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais encapsulados em lipossomas. 2020 Jan 1
3. Salvadori NM, Graeff T, Acosta BS, Silva MN da, Nessler MA dos S. Estudo sobre técnicas de encapsulação para óleos essenciais. Simpósio em Saúde e Alimentação [Internet]. 2019 sep 13;3. Available from: <https://portaleventos.uuffs.edu.br/index.php/SSA/article/view/11097>
4. Costa RJ da. Isolamento e caracterização de bactérias ácido lácticas obtidas de carne ovina e aplicação de substâncias antimicrobianas em linguiça ovina frescal no controle de *Listeria monocytogenes* Scott A [Internet]. repositorio.ufpel.edu.br. 2019 [cited 2023 Oct 19]. Available from: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/4316?locale-attribute=es>
5. Vivian PG, Mello G, Porto R, Timm CD, Gandra EA, Freitag RA. Atividade antibacteriana de óleos essenciais de *origanum vulgare* (orégano) e *ocimum basilicum* (manjeriçã) e sua aplicação em massa para embutido cárneo. Brazilian Journal of Development. 2020;6(8):62143–56.
6. Fonseca GM, Passos TC, Ninahuaman MFML, Caroci AS, Costa LS. Avaliação da atividade antimicrobiana do alho (*Allium sativum* Liliaceae) e de seu extrato aquoso. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais [Internet]. 2014 [cited 2021 Apr 6];16(3 suppl 1):679–84. Available from: <https://www.scielo.br/pdf/rbpm/v16n3s1/07.pdf>
7. Santos JC, Carvalho Filho CD, Barros TF, Guimaraes AG. Atividade antimicrobiana in vitro dos óleos essenciais de orégano, alho, cravo e limão sobre bactérias patogênicas isoladas de vôngole. Semina: Ciências Agrárias. 2011 Oct 19;32(4):1537–64.

8. Bizzo HR, Hovell AMC, Rezende CM. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Química Nova* [Internet]. 2009 [cited 2021 Jul 9];32(3):588–94. Available from: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QwJBsdNzGmZSq4jKmhwVDnJ/?lang=pt&format=pdf>
9. Embuscado ME. Spices and herbs: Natural sources of antioxidants – a mini review. *Journal of Functional Foods*. 2015 Oct;18:811–9.
10. Luiz AH. Extratos vegetais: fontes naturais de antioxidantes para a indústria alimentícia [Internet]. *Duas Rodas*. 2017 [cited 2023 Oct 19]. Available from: <https://www.duasrodas.com/extratos-vegetais-fontes-naturais-de-antioxidantes-para-a-industria-alimenticia/>
11. Pereira CAM; Maia JF. Estudo da atividade antioxidante do extrato e do óleo essencial obtidos das folhas de alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.). *Food Science and Technology*, v. 27, n. 3, p. 624-632, 2007.
12. Radünz M. Óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*, L.): extração, encapsulação, potencial antimicrobiano e antioxidante. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

Capítulo 49

DOI: 10.53934/IIICBPAV-49

QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS CONFINADOS: IMPACTOS DO GRUPO GENÉTICO E DO SEXO

Lucas Rodrigo Camargo *; Henrique Biasotto Morais ; Murilo Soler De Magistri ; Rodrigo De Nazaré Torres ; Welder Angelo Baldassini ;
Luis Artur Loyola Chardulo ; Otávio Rodrigues Machado Neto 

*Lucas Rodrigo Camargo (Corresponding author) – lucas.rodrigo@unesp.br

Resumo: Em bovinos de corte o grupo genético e a classe sexual definem o modelo ou tipo biológico, uma vez que esses fatores podem interferir no desempenho, características de carcaça e qualidade de carne. Objetivou-se comparar bovinos de corte puros (*Bos indicus*) e cruzados (*Bos indicus* x *Bos taurus*), machos e fêmeas. Foram utilizados 120 animais terminados em confinamento comercial, sendo os grupos experimentais conforme o tipo biológico (n=30/grupo), de acordo com o grupo genético (GG) e a classe sexual (SC): Touros Nelore (TN), Novilha Nelore (NN), Touro F1 Angus-Nelore (TAN) e Novilha Angus-Nelore (NAN). Foram avaliados dados de desempenho como: peso vivo inicial (PCi), peso final (PCf), ganho médio diário (GMD), dias em confinamento, peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) e composição química da carne. Características como PCf, PCQ e AOL foram afetadas pelo GG, sendo que os TAN e FAN foram superiores que o TN e NN ($p=0,05$). Maiores valores de EGS foram observados em NAN ($p>0,05$). A composição química da carne foi afetada pelo modelo biológico ($p>,0001$), sendo a quantidade de gordura intramuscular avaliada no músculo *Longissimus* diferente entre os grupos NAN (5,11%), NAN (3,79%) TN e TAN (2,69 e 2,43%, respectivamente).

Palavras-chave: carcaça, classe sexual, composição centesimal, desempenho, grupamento genético

Abstract: In beef cattle, the genetic group and the sex of the animals define the biological model or type, as these factors can interfere with performance, carcass characteristics, and meat quality. The objective of this study was to compare purebred beef cattle (*Bos indicus*) and crossbred cattle (*Bos indicus* x *Bos taurus*), both males and females. A total of 120 animals finished in a commercial feedlot were used, with the experimental groups categorized according to biological type (n=30/group), based on genetic group (GG) and sex class (SC): Nelore Bulls (TN), Nelore Heifers (NN), F1 Angus-Nelore Bulls (TAN), and Angus-Nelore Heifers (NAN). Performance data such as body weight initial (BW_i), body weight final (BW_f), average daily gain (GMD), days in confinement, hot carcass weight (HCW), ribeye area (RAE), subcutaneous fat thickness (SFT), and meat chemical composition were evaluated. Characteristics such as BW_f, and REA were influenced by

GG, with TAN and NAN being superior to TN and NN ($p=0.05$). Higher SFT values were observed in NAN ($p>0.05$). The chemical composition of the meat was affected by the biological model ($p<0.0001$), with the intramuscular fat content assessed in the Longissimus muscle being different between the NAN (5.11%), NAN (3.79%), TN, and TAN groups (2.69 and 2.43%, respectively).

Key Word: carcass, gender class, centesimal composition, performance, genetic group

INTRODUÇÃO

A pecuária exerceu um papel significativo no cenário econômico nacional em 2022, movimentando R\$ 900 bilhões na economia do Brasil. O país é o maior exportador de carne mundial desde 2014, possuindo segundo maior rebanho do mundo com aproximadamente 200 milhões de bovinos, constituído majoritariamente por animais Nelore e outras raças zebuínas (*Bos indicus*) (1).

Animais zebuínos possuem maior adaptação ao clima tropical brasileiro, maior resistência a endo e ectoparasitas, por isso esse grupamento genético é o mais usado no Brasil. Entretanto, apesar dos animais *Bos indicus* serem mais adaptados ao clima tropical, normalmente, os animais zebus não são mais tardios do que raças taurinas (*Bos taurus*) (2). Por esses motivos, o cruzamento entre essas duas raças busca a heterose, para melhorar o desempenho e características de carcaça e carne, procurando cada vez mais intensificar a ciclo pecuário. As raças taurinas como Aberdeen Angus possuem maior precocidade, resultando em maiores ganhos de peso, rendimento, peso e qualidade de carcaça (3).

Além dos fatores genéticos, a classe sexual (fêmea ou macho), desempenha papel crucial no desempenho, carcaça e qualidade de carcaça, pois machos e fêmeas possuem curvas de crescimentos, fatores androgênicos e metabolismo de partição de nutrientes diferentes (4). Touros possuem maiores valores de ganho médio diário em comparação as fêmeas, porém tem menos gordura na carcaça (4).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de dois grupos genéticos (Nelore e F1 Angus-Nelore) comparando as duas classes sexuais (touros e novilhas) terminados em confinamento comercial

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos envolvendo animais foram realizados segundo as normas de brasileiras de bem-estar animal. O presente projeto foi submetido à avaliação da Comissão de Ética do Uso de Animais, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Botucatu – SP (protocolo CEUA nº 07595/2019).

Foram utilizados dados de 120 animais terminados em confinamento comercial, sendo que os grupos experimentais conforme o tipo biológico ($n=30$ /grupo), de acordo com os grupamentos genéticos (GG) e classe sexual (SC): Touro Nelore (TN), Novilha Nelore (NN), Touro F1 Angus-Nelore (TAN) e Novilha F1 Angus Nelore (NAN). Durante o período de confinamento foram coletados dados de peso inicial (PCi), peso final (PCf), Ganho Médio diário (GMD).

O abate dos foi realizado por meio da técnica da concussão cerebral por meio do dardo cativo penetrante, seguido da secção da veia jugular, remoção do couro e evisceração. As carcaças foram identificadas, lavadas, pesadas para obtenção do peso de carcaça (PCQ) e rendimento de carcaça (RC), divididas em metades levadas à câmara fria por 72 horas. Durante a desossa, foram mensurados na 12^a a 13^a vertebra torácica a área de olho de lombo (AOL) por meio da grade quadriculada e expressa em (cm³). Ainda durante a desossa espessura de gordura subcutânea (EGS) foi mensurada com paquímetro digital, simulando um ângulo de 45° entre o processo espinhoso e transverso da vertebra torácica citada anteriormente e expressa em (mm).

Para a composição química da carne foram coletadas amostras do *Longissimus thoracis* (LT), onde as amostras foram moídas e homogeneizadas por 5 minutos em um misturador. Após o processamento as amostras foram levadas a placa de leitura do equipamento FoodScan LabTM (FossNIRSystems, Inc, EUA), no qual foram medidos os valores de umidade, proteína, gordura e colágeno total.

Os dados foram testados para a normalidade dos resíduos por meio do teste de Shapiro- Wilk (PROC UNIVARIATE), os dados que não apresentaram distribuição normal, foram transformados utilizando o procedimento PROC RANK no software SAS versão 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Os grupos experimentais foram comparados por meio do procedimento GLM do SAS, de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + W_k + e_{ijk}$$

Onde: μ = média geral; B_i = efeito aleatório do bloco; A_j = efeito aleatório da unidade experimental; W_k = efeito do tratamento (Novilha F1 Angus-Nelore, Novilha Nelore; Touro F1 Angus-Nelore e Touro Nelore) e e_{ijk} = erro aleatório residual, NIID (0, σ^2).

Para as variáveis consumo, desempenho e parâmetros de carcaça foi incluído no modelo o peso corporal inicial como covariável. Enquanto, para a variável composição centesimal da carne foi incluído o modelo de peso de carcaça como covariável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 9. Desempenho e carcaça bovinos de corte terminados em confinamento, de acordo com o gênero (macho fêmea) e grupamento genético (Nelore vs F1 Angus-Nelore).

Item ¹	NN	NAN	TN	TAN	EPM	P-value		
						CS	GG	CS*GG
PCi kg	343,06c	270,38d	441,72a	410,83b	5,49	<,0001	<,0001	0,001
PCf, kg	502,64b	593,93a	518,25b	580,56a	7,32	0,938	<,0001	0,035
GMD, kg/d	1,41b	1,51ab	1,44b	1,67a	0,10	0,411	0,027	0,293
Dias de confinamento	96,92c	158,34a	96,18d	120,09b	0,07	<,0001	<,0001	0,883
PCQ, kg	278,17b	335,29a	286,87b	325,12a	3,26	0,906	<,0001	0,003
RC, %	54,51b	53,98b	56,64ab	57,35a	0,91	0,009	0,886	0,224
AOL, cm ³	75,99b	95,41a	75,17b	90,48a	1,66	0,365	<,0001	0,196
EGS, mm	8,62b	11,38a	5,72c	6,16c	0,62	<,0001	0,001	0,001

¹NN= novilha nelore, NAN= novilha Angus-Nelore, TN= Touro Nelore, TAN= Touro Angus-Nelore, EPM= erro padrão da média, CS= classe sexual, GG= grupamento genético, PCi= peso corporal inicial, PCf= peso corporal final, GMD= ganho médio diário, PCq= peso de carcaça, RC= rendimento de Carcaça, AOL= área de olho de lombo, EGS= espessura de gordura subcutânea. ^{a,b}Diferentes sobescritos na mesma linha indicam diferenças significativas ($p>0,05$).

Os resultados obtidos em relação do desempenho e a qualidade de carcaça dos animais estão apresentados na tabela 1.

Em relação do PCf, os animais F1 Angus-Nelore (593,92 kg para TAN vs 580,56 kg para NAN), tiveram maiores pesos finais ($p<,0001$), não sendo observada a influência do gênero para esta característica, Amaral et. al. (5) encontrou que animais F1 Angus-Nelore tiveram maiores pesos finais comparando a animais puro sangue Nelore recebendo dietas ricas em energia. O grupamento genético Angus-Nelore obteve maiores ganhos em relação aos nelore ($p=0,027$), sendo que o tratamento TAN resultou maiores valores de GMD($p>0,05$). Da mesma maneira Mueller et. al. (6) encontrou que Touros F1 Angus-Nelore obtiveram maiores valores de GMD em comparação a machos imunocastrados e fêmeas. Em relação aos dias em confinamento os animais Angus-Nelore tiveram maiores Valores, ($p>,0001$) e novilhas independente da raça tiveram mais dias quando compradas aos machos de suas respectivas raças ($p>,0001$)

O peso de carcaça foi afetado pelo grupo genético, animais cruzados (Angus-Nelore) obtiveram maiores resultados ($P<,0001$). Pesquisadores (7) avaliaram tourinhos Nelore e cruzamentos F1 Angus-Nelore terminados em confinamento, e reportaram que o peso de carcaça foi maior para animais cruzados. O rendimento de carcaça foi maior para tratamento TAN em comparação os FN e FAN, porém não diferiu dos TN ($p>0,05$). Animais cruzados mostraram maiores valores de AOL (cm^3) ($p<,0001$), concordando com o que foi reportado por Oliveira et al. (8) avaliando três grupos genético (Nelore, F1 Angus-Nelore e Canchim-Nelore) que animais F1-Angus-Nelore obtiveram maiores AOL em comparação aos Nelore.

Em relação a EGS, o tratamento FAN foi maior em comparação aos outros tratamentos ($p>0,05$), porém essa característica teve influência da classe sexual, onde foi observado maiores resultados para as fêmeas ($p<,0001$), resultado similar foi observado em estudo avaliando a influência da classe sexual sobre as características de carcaça, onde fêmeas F1 Angus-Nelore obtiveram maiores valores de EGS em comparação a animais imunocastrados e machos não castrados(6). Este maior potencial para deposição de gordura para as fêmeas pode ser atribuído pelas diferenças nas curvas de crescimento.

Tabela 10. Composição química centesimal da carne de bovinos de corte terminados em confinamento de acordo com o gênero (macho vs fêmea) e grupamento genético (Nelore vs F1 Angus-Nelore).

¹ Item	NN	NAN	TN	TAN	EPM	<i>p-value</i>		
						CS	GG	CS*GG

Umidade	72,84b	71,98c	74,51a	74,64a	0,211	<,0001	0,017	0,001
Proteína	23,32a	22,82b	23,34a	23,00ab	0,123	0,587	0,001	0,458
Colágeno	1,19b	1,31a	1,21ab	1,26ab	0,027	0,854	0,003	0,059
Lipídeos	3,79b	5,11a	2,69c	2,43c	0,252	<,0001	0,002	<,0001

¹NN= novilha nelore, NAN= novilha Angus-Nelore, TN= Touro Nelore, TAN= touro Angus-Nelore. ^{a,b}Diferentes sobrescritos na mesma linha indicam diferenças significativas ($p > 0,05$)

Conforme os valores de composição química da carne descritos na Tabela 2, em relação ao item umidade, foram encontrados os maiores valores umidade para os machos ($p > ,0001$), não diferindo entre os grupamentos genéticos. Entretanto para fêmeas foram observadas diferenças entre NN e NAN ($p > 0,05$). Em relação a porcentagem de lipídeos foram observados maiores valores no NAN em comparação aos outros tratamentos ($p > 0,05$), além disso foi observado uma interação entre esse quesito com a classe sexual e grupo genético ($p > ,0001$). Em relação gordura intramuscular foram observados maiores valores no NAN em comparação aos outros tratamentos ($p > 0,05$), além disso foi observado uma interação entre esse quesito com a classe sexual e grupo genético ($p > ,0001$). Os resultados de composição química foram semelhantes ao que foi reportado por(9) avaliando a composição química da carne de touros e novilhas simental, em que touros tiveram maiores valores de umidade e as fêmeas maiores teores de gordura.

CONCLUSÕES

O grupo genético influenciou as características de carcaça, sendo verificado nos bovinos F1 Angus-Nelore maiores valores de peso de carcaça quente e área de olho de lombo. Já a espessura de gordura subcutânea foi maior nas fêmeas, o que pode ser atribuído pela diferença da curva de crescimento e no *frame size* dos animais, pois as fêmeas depositam gordura mais precocemente em comparação aos machos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Estadual Paulista Campus de Botucatu incluindo todos os alunos que participaram das análises e professores que contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço a Fazenda Turbilhão e o Frigorífico Estrela pelo material biológico qual foi disponibilizado para a elaboração do estudo.

REFERÊNCIAS








1. ABEIC. Beef report: Perfil da Pecuária no Brasil. ABEIC. Brazilian Beef, editor. São Paulo ; 2022.
2. Carvalho ME, Gasparin G, Poleti MD, Rosa AF, Balieiro JCC, Labate CA, et al. Heat shock and structural proteins associated with meat tenderness in Nelore beef cattle, a *Bos indicus* breed. *Meat Sci.* 2014 Mar;96(3):1318–24.
3. Pereira JR, Montagner MM, Fluck AC, Santiago AP, Neres MAN. Climate effects about physiology on beef cattle *Bos taurus* x *Bos indicus*. *REDVET.* 2017;18(11):1–33.

4. Blanco M, Ripoll G, Delavaud C, Casasús I. Performance, carcass and meat quality of young bulls, steers and heifers slaughtered at a common body weight. *Livest Sci.* 2020 Oct;240:104156.
5. Amaral PM, Mariz LDS, Zanetti D, Prados LF, Marcondes MI, Santos SA, et al. Effect of dietary protein content on performance, feed efficiency and carcass traits of feedlot Nelore and Angus × Nelore cross cattle at different growth stages. *J Agric Sci.* 2018 Jan 14;156(1):110–7.
6. Mueller LF, Balieiro JCC, Ferrinho AM, Martins T da S, da Silva Corte RRP, de Amorim TR, et al. Gender status effect on carcass and meat quality traits of feedlot Angus × Nelore cattle. *Animal Science Journal.* 2019 Aug 25;90(8):1078–89.
7. Monteiro PAM, Maciel ICF, Alvarenga RC, Oliveira AL, Barbosa FA, Guimarães ST, et al. Carcass traits, fatty acid profile of beef, and beef quality of Nelore and Angus x Nelore crossbred young bulls finished in a feedlot. *Livest Sci.* 2022 Feb;256:104829.
8. Oliveira PRO, Oliveira MVM, Bonin MN, Ávalo SP, Cancio PF, Nascimento JD, et al. Carcass and meat characteristics of feedlot finished nelore cattle and their crossbreeds in the Brazilian Pantanal. *Livest Sci.* 2021 Feb;244:104360.
9. Kučević D, Papović T, Tomović V, Plavšić M, Jajić I, Krstović S, et al. Influence of Farm Management for Calves on Growth Performance and Meat Quality Traits Duration Fattening of Simmental Bulls and Heifers. *Animals.* 2019 Nov 9;9(11):941.

Capítulo 50

DOI: 10.53934/IIICBPAV-50

EFEITO DO USO DE LASALOCIDA SÓDICA EM SUPLEMENTOS DE BAIXO CONSUMO SOBRE O DESEMPENHO DE BOVINOS NELORE NA RECRIA EM PASTEJO NA ÉPOCA DAS ÁGUAS

Ariane Maria Almeida Siqueira *; Bianca Rodrigues Domingos ; Anna Lidia Francino Garcia ; Mariana da Natividade Ferreira Vital ; Everton Rodolfo de Carvalho ; Gustavo Rezende Siqueira ; Flávio Dutra de Resende 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: arianemalmeidas@gmail.com

Resumo: Objetivou-se avaliar o efeito da Lasalocida sódica 15% (Taurotec®) em suplementos de baixo consumo sobre o desempenho de bovinos de corte Nelore mantidos em pastagem de *Brachiaria urochloa* cv. Marandu no verão. Os suplementos adensados e proteicos foram fornecidos diariamente na quantidade de 0,5 e 1 g/kg de peso corporal (PC), respectivamente. Os tratamentos foram: 1-ADC: Adensado controle, 2-ADL: Adensado + Lasalocida, 3-PROC: Proteico controle, 4-PROL: Proteico + Lasalocida. Todos os suplementos continham 30% de proteína bruta e foram formulados para conter níveis de consumo semelhantes de minerais e aditivo. Foram utilizados 96 bovinos, machos não castrados, 18 meses de idade e peso médio de 358 ± 58 kg, distribuídos em blocos completos ao acaso, blocados pelo PC, em esquema fatorial 2 x 2 (1- suplemento adensado ou proteico, 2- suplementação ou não de lasalocida). Foi observado efeito do uso de lasalocida ($P = 0,05$) e tendência ($P = 0,10$) do nível de suplementação na avaliação do ganho de peso vivo. Houve também tendência ($P = 0,06$) para efeito do uso de lasalocida no ganho médio diário. A dose de 198 mg/dia de lasalocida em suplementos de baixo consumo promoveu incremento de 44 g/dia no ganho médio diário sem afetar o consumo, indicando melhor aproveitamento da energia consumida. Os ganhos semelhantes entre os tratamentos ADL (0,948 kg/dia) e PROC (0,940 kg/dia) demonstram que a inclusão de aditivo pode ser uma tecnologia promissora para reduzir custos com a alimentação e aumentar a produtividade da atividade pecuária.

Palavras-chave: eficiência; fermentação ruminal; ionóforos; nutrição

Abstract: This study aimed to evaluate the effect of using 15% sodium lasalocid (Taurotec®) in low-consumption supplements for Nelore cattle in a pasture of *Brachiaria urochloa* cv Marandu in the growing phase during the rainy season. The supplements contained 30% CP and were provided daily in 0.5 and 1 g/kg of BW. The treatments were: 1-ADC: Dense control, 2-ADL: Dense + Lasalocid, 3-PROC: Protein control, 4-PROL: Protein + Lasalocid. The supplement's formula contained similar levels of mineral and additives intake. 96 Nelore cattle, non-castrated males, 18 months old,

and mean BW 358 ± 58 kg were utilized and distributed in randomized complete block (blocked by BW), in scheme factorial 2x2 (1- dense or protein supplement, 2- supplementation or not of Lasalocid). In the evaluation of live weight gain, an effect of lasalocid use ($P = 0.05$) and a trend towards the effect of supplementation level ($P = 0.10$) were observed. There was also a trend towards an effect of Lasalocid use ($P = 0.06$) on mean daily gain. Using 15% sodium Lasalocid (Taurotec®) at a dose of 198 mg/day in low-consumption supplements resulted in a 44 g/day increase in average daily gain without affecting total dry matter intake. These results indicate better utilization of consumed energy. Similar gains between the ADL (0,948 kg/day) and PROC (0,940 kg/day) treatments demonstrate that adding additives may be promising technology to reduce feeding costs and enhance livestock productivity.

Key Word: efficiency; ruminal fermentation; ionophores; nutrition

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira é reconhecida pelo uso de pastagens como fonte primária de alimento para o rebanho e proporciona vantagem comparativa no mercado internacional devido aos custos de produção relativamente baixos. Compreender a complexidade dos fatores envolvidos e estratégias de suplementações, são fundamentais para o sucesso da atividade (1). A utilização de suplementos concentrados permite a otimização o desempenho dos animais em pastagens que atendam às exigências do mercado atual devido ao suprimento das limitações nutricionais da dieta basal (2). Segundo Paulino et al. (3), durante o verão existe um potencial ganho latente que pode atingir 200g/animal/dia e deve ser explorado.

Diversos estudos demonstraram que mesmo durante o período das águas, as pastagens tropicais têm apresentado desempenho animal inferior ao seu potencial genético (4; 5). De acordo com Reis et al. (6), neste período, o principal objetivo é a maximização da taxa de ingestão e digestão da fração fibrosa de plantas forrageiras. A correção dos nutrientes por meio da suplementação proporciona condições para que as bactérias fibrolíticas melhorem a utilização da fração potencialmente degradável da fibra insolúvel em detergente neutro, liberando esqueletos de carbono para a síntese de proteína microbiana (7).

Os suplementos de baixo consumo vem ganhando cada vez mais espaço. Isso ocorre porque os suplementos com potencial de consumo maior que o sal mineral comum (60 a 80 g/cab/dia) são mais indicados para produtos que possuem aditivos promotores de crescimento (8). Segundo Malafaia et al. (9), o suplemento de baixo consumo é caracterizado pela associação de suplemento proteico e/ou energético contendo um regulador do consumo voluntário em maior quantidade em relação aos demais suplementos. Nessa perspectiva, a inclusão de proteína verdadeira ao suplemento mineral e ureia resultou em aumento no consumo voluntário de substâncias pouco palatáveis (10). Além disso, a proteína verdadeira desempenha um papel essencial quando se busca suprir a deficiência de aminoácidos limitantes para o animal (11).

Dentre os ionóforos disponíveis, a lasalocida e a monensina têm sido amplamente utilizadas no Brasil como promotores de crescimento (12). Os aditivos ionóforos têm demonstrado capacidade em manipular a fermentação ruminal, aumentando a proporção de propionato, ao mesmo tempo que reduz a proporções de acetato e butirato (13). Outros

benefícios atribuídos ao uso de ionóforos são o melhor controle do pH ruminal (13) e redução do substrato disponível para bactérias metanogênicas (14)

Os ionóforos são antibióticos de poliéter carboxílico produzidos naturalmente por uma cepa de bactéria *Streptomyces* spp (15), capazes de modular o ambiente ruminal por meio de alterações no metabolismo, principalmente, de bactérias Gram-positivas (16). Seu mecanismo de ação baseia-se na interação com íons metálicos, atuando como transportadores através da membrana lipídica (17). Eles são capazes de trocar hidrogênio (H⁺) por sódio (Na⁺) ou potássio (K⁺) (18; 19), e interrompem o equilíbrio iônico intracelular e extracelular (20). Assim, o esgotamento do ATP intracelular reduz a sua viabilidade (18; 20). Consequentemente, os ionóforos têm sido empregados com o objetivo de melhorar o desempenho animal, os parâmetros de fermentação ruminal e a saúde de bovinos de corte.

Quando a densidade energética da dieta do ruminante é baixa, como em dietas à base de forragem, o aumento energético causado pelo uso de ionóforos resulta no melhor aproveitamento da energia sem afetar o consumo de matéria seca, resultando em melhoria na conversão alimentar e, consequentemente, no ganho de peso (21).

Com base nas informações apresentadas, acredita-se que os aditivos promotores de crescimento, como os ionóforos, podem desempenhar um papel relevante nesse contexto. Entre a classe de ionóforos, a lasalocida é um aditivo amplamente utilizado na indústria pecuária, com propriedades que auxiliam na melhoria da eficiência alimentar (22; 23). Ao avaliar a sua aplicação em suplementos de baixo consumo, espera-se obter resultados que demonstrem uma melhor relação econômica em comparação aos suplementos convencionais. Dessa forma, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito do uso de Lasalocida sódica 15% (Taurotec®) em suplementos de baixo consumo sobre o desempenho na recria de bovinos Nelore na época das águas e busca fornecer evidências que respaldem a adoção de alternativas viáveis, promovendo assim uma maior competitividade do setor e contribuindo para o crescimento e desenvolvimento da pecuária.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de acordo com a diretrizes do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Departamento de Descentralização do Desenvolvimento (CEUA DDD), número de protocolo 0013/2021. O estudo foi realizado na APTA-Colina/SP e teve início no dia 13 de janeiro de 2022 com duração de 124 dias, dividido em 1 período de adaptação de 12 dias seguido por 4 períodos experimentais de 28 dias cada. Foram utilizados 96 bovinos da raça Nelore, machos não castrados, com peso corporal (PC) inicial médio de 358 ± 58 kg e idade média de 18 meses. Os animais foram distribuídos em delineamento em blocos completos ao acaso (DBC) com 4 tratamentos e 3 blocos (PC após jejum como critério de blocagem), totalizando 12 unidades experimentais (piquete como unidade experimental com 8 animais cada) composta pela forrageira *Brachiaria urochloa* cv. Marandu.

Todos os tratamentos utilizados continham 30% de proteína bruta (PB) e foram divididos em: ADC: adensado controle (0,05% PC); ADL: adensado com lasalocida (0,05% PC + lasalocida); PROC: proteico controle (0,1% PC); PROL: proteico com lasalocida (0,1% PC + lasalocida). O aditivo utilizado foi o Taurotec® com 15% de

lasalocida sódica. Os suplementos adensados e proteicos foram formulados para conter níveis de consumo semelhante entre si de minerais e aditivo, quando presente (Tabela 1). Considerando o consumo e a composição dos suplementos, a dose de lasalocida administrada foi em média de 198 mg/animal/dia.

Todos os animais receberam suplemento diariamente, às 08h00min. Os suplementos foram fornecidos em quantidade pré-fixada de acordo com o tratamento com base na pesagem inicial em jejum de cada período. Todos os animais foram mantidos em sistema de lotação contínua com taxa de lotação variável. Para que a oferta de forragem fosse igual, foram utilizados animais reguladores contemporâneos dos demais, onde, foram colocados ou retirados das unidades experimentais de acordo com a metodologia *put and take* (24). A avaliação para determinação da massa de forragem foi realizada a cada 28 dias, utilizando o método da dupla amostragem (25).

Tabela 1 – Composição química dos suplementos fornecidos na avaliação do uso de lasalocida (Taurotec®) em suplementos de baixo consumo na recria no período das águas.

Ingredientes (%)	Adensado (0,5 g/kg)		Proteico (1 g/kg)	
	Controle	Lasalocida	Controle	Lasalocida
Farelo de algodão	41,77	39,21	37,17	37,17
Farelo de soja	-	2,26	-	-
Gérmen de milho desengordurado	-	-	18,28	18,28
Fosfato mono-di_cálcico	-	-	7,22	7,22
Ureia	4,49	4,49	4,49	4,49
Calcário	12,51	12,06	21,74	21,38
NaCl	15,95	15,96	7,91	7,91
Lasalocida sódica 15% (Taurotec®)	-	0,66	-	0,33
Núcleo mineral Bellman 1.2 Corte*	1,48	1,48	0,74	0,74
Enxofre 70	5,13	5,14	0,74	0,74
Fosfato Bicálcico	18,68	18,73	-	-
Proteína bruta	30	30	30	30

*Núcleo mineral Bellman 1.2 Corte: carbonato de cálcio, sulfato de cobre, selenito de sódio, iodato de cálcio, caulim, carbonato de cobalto, óxido de magnésio e óxido de zinco.

Foi realizado pastejo simulado para representação da fração consumida pelos animais pelo método *hand-plucking* (26). Foram determinados os teores de matéria seca (método 934.01), matéria mineral (método 942.05) e PB (método 978.04) de acordo com a AOAC (27). Os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foram determinados conforme a metodologia sequencial descrita por Robertson e Van Soest (28), e lignina pelo método descrito por Goering e Van Soest (29). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada por espectroscopia próxima ao infravermelho (NIRS) (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição química de pastos (pastejo simulado) de *Brachiaria urochloa* cv. Marandu durante o período experimental de avaliação do uso da Lasalocida durante o período das águas.

Variável (g/kg de MS)	D0 - 28	D29 - 56	D57 - 84	D85 - 112	EPM
Matéria seca	289 a	298 a	307 a	247 b	0,719
Matéria mineral	71,1 c	67,0 d	74,8 b	87,1 a	0,178
FDN	670 ab	675 a	657 b	582 c	0,523
FDA	306 a	312 a	309 a	261 b	0,295
Lignina	25,3 c	25,2 c	33,1 a	26,8 b	0,090
Proteína bruta	75,8 c	74,7 c	95,5 b	135,7 a	0,394
DIVMS	758 a	758 b	712 c	779 a	0,774

* Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade. EPM: erro padrão médio. FDN=fibra insolúvel em detergente neutro; FDA=fibra insolúvel em detergente ácido; DIVMS=digestibilidade in vitro da matéria seca; D0: 25/01/2022; D28: 22/02/2022; D29: 23/02/2022; D56: 22/03/2022; D57: 23/03/2022; D84: 19/04/2022; D85: 20/04/2022; D112: 17/05/2022.

O desempenho dos animais foi avaliado pelo ganho médio diário (GMD) em kg/dia, determinado pela diferença entre o PC final e inicial em jejum prévio de 16 horas de sólidos e líquidos, em relação aos dias de alimentação de cada período experimental. Antes do fornecimento do suplemento, foram avaliadas as sobras do fornecido no dia anterior. Foram consideradas sobras a 5% da quantidade fornecida, sendo o consumo médio o do piquete.

Todas as análises foram realizadas pelo PROC MIXED do SAS (versão 9.4; SAS Inst. Inc., Cary, NC). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 × 2. Os fatores incluíram: 1) suplemento adensado ou proteico e; 2) suplementação ou não de Lasalocida sódica 15% (Taurotec®), sendo os fatores e a interação entre os fatores considerados efeito fixo e o bloco efeito aleatório. O PC e GMD foram analisados como medidas repetidas no tempo. A estrutura de matriz de covariância foi escolhida pelo critério de informação Bayesiano (BIC - Bayesian's Information Criterion), e o menor valor foi considerado o de melhor ajuste. Em todas as variáveis foi testada a normalidade da distribuição das variâncias pelo teste de Cramér-von Mises, com 10% de probabilidade. As médias foram comparadas através do teste t, considerando o nível de significância de $P < 0,05$ e tendência $0,05 \leq P \leq 0,10$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho geral dos animais durante o período experimental é apresentado na Tabela 3. Não foram observadas diferenças significativas entre níveis de suplementação e uso de aditivo em relação ao PC ($P > 0,05$). No entanto, os animais tratados com suplementos contendo lasalocida apresentaram tendência ($P = 0,06$) de aumento no GMD (0,969 kg/dia) em comparação aos animais que receberam suplementação controle (0,925 kg/dia).

O uso da lasalocida (Taurotec®) promoveu aumento de 44g/dia/animal durante todo o período de avaliação independente do tipo de suplementação. Esses resultados são consistentes com a meta-análise realizada por Golder e Lean (22), que, avaliando 31 estudos, constataram aumento de 40g/dia/animal com o uso de lasalocida como aditivo alimentar para bovinos.

Tabela 3 – Desempenho de bovinos Nelore em função do tipo de suplementação e uso de aditivo de lasalocida (Taurotec®) na recria durante o período das águas.

Item	Adensado		Proteico		EPM	Sup	P-valor	
	Contr	Las	Contr	Las			Ad	Sup*Ad
PCi, kg	353	355	352	352	36,8508	0,61	0,81	0,94
PCf, kg	454	461	456	462	37,041	0,78	0,29	0,94
GMD, kg	0,911	0,948	0,940	0,991	0,0314	0,12	0,06	0,75
GPV, kg	101	106	105	110	4,7264	0,10	0,05	0,86

Contr: controle; Las: lasalocida; EPM: erro padrão médio; Sup: efeito do tipo de suplementação; Ad: efeito do uso de aditivo; Sup*Ad: interação entre tipo de suplemento e uso de aditivo; PCi: peso corporal inicial; PCf: peso corporal final; GMD: ganho médio diário; GPV: ganho de peso vivo.

Além disso, na avaliação do ganho de peso vivo (GPV) foi observado efeito do uso de aditivo ($P = 0,05$) e tendência ($P = 0,10$) do efeito do nível de suplementação. Ao final do período de 112 dias de avaliação, foi registrado incremento de 4,03 kg no GPV dos animais tratados com o suplemento proteico em comparação ao suplemento adensado, enquanto a suplementação de lasalocida foi responsável por um aumento de 4,89 kg em relação aos suplementos sem aditivo.

Ao observarmos o ganho adicional pela inclusão de aditivo (ADL) em relação ao ADC, foi registrado um incremento de 4,95% no GPV, enquanto a adição de proteína (PROC) foi responsável por incremento de 3,96% em relação ao ADC. Assim, pode-se inferir que o uso do aditivo foi mais eficiente em contribuir para o aumento do ganho de peso que o aumento da ingestão de proteína na dieta durante o período avaliado.

Diversos ionóforos estão disponíveis e frequentemente são atribuídos a um mecanismo de ação semelhante no rúmen (15; 21; 22; 30). Esses estudos observaram que os efeitos no desempenho animal podem ser atribuídos, parcialmente, às mudanças nas rotas de fermentação, que constantemente aumentaram a proporção ruminal de propionato e reduziram as proporções de acetato e butirato em dietas a base de forragem e grãos. Isso ocorre através da seleção de microrganismos locais (16), inibindo preferencialmente bactérias Gram-positivas, como espécies celulolíticas, proteolíticas e produtoras de lactato (12; 31; 32).

Embora todos AGCC sejam utilizados eficientemente, o propionato representa cerca de 27 a 54% da glicose sintetizada pelo fígado (33), e atua como sumidouro de hidrogênio, enquanto o acetato e o butirato são fontes de hidrogênio, sendo esse o principal substrato para a produção de metano (34) e representa perda de energia para o animal (35). Com isso, estudos demonstram consistentemente que o uso de aditivos ionóforos promove o aumento da eficiência alimentar e do desempenho de ruminantes através de mudanças na fermentação ruminal (23; 30).

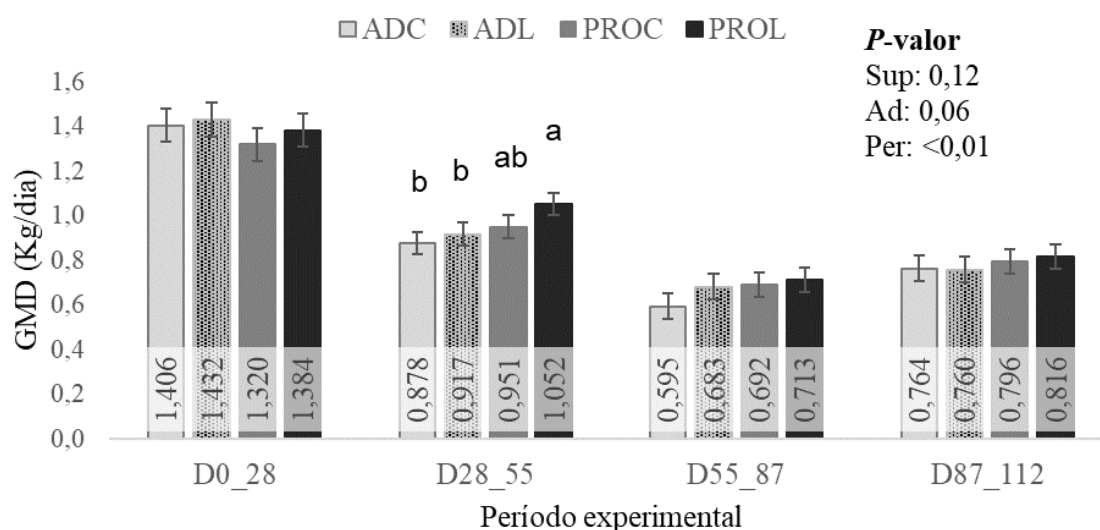


Figura 1 - Ganho médio diário (GMD) na recria de bovinos Nelore em função do tipo de suplementação e uso de aditivo de Lasalocida sódica (Taurotec®) na recria durante o período das águas. ADC: adensado controle; ADL: adensado lasalocida; PROC: proteico controle; PROL: proteico lasalocida.

Contudo, a amplitude do ganho adicional em resposta a suplementação é influenciada pelas mudanças na composição química e estrutura do dossel forrageiro (Tabela 1). Nesse contexto foi observado efeito de período ($P < 0,01$) na avaliação do GMD (Figura 1). Durante o período das águas, as forrageiras tropicais, quando bem manejadas, apresentam valores acima de 7% PB recomendado por Minson (36) para que não haja limitação da atividade dos microrganismos ruminais. No entanto, esse nutriente não pode ser considerado estável e frequentemente possibilita ganhos inferiores ao potencial genético do animal (5 ;37; 38). Dessa forma, observa-se a necessidade da suplementação durante o período das águas aliada ao emprego de manejo de pastagem com os nutrientes limitantes para que se alcance a meta produtiva esperada.

O consumo médio de suplemento para os tratamentos adensado e proteico foi de 0,200 e 0,399 kg/dia respectivamente. Ao longo de todo o período experimental, observou-se que os animais consumiram integralmente o suplemento oferecido, não havendo registro de sobras para nenhum dos tratamentos, podendo ser este um indicativo de que os animais apresentavam avides pelos mesmos.

Dentre os principais desafios da suplementação mineral de bovinos em pastejo é a variabilidade no consumo dos animais devido à baixa palatabilidade dos minerais (39) e a elevada concentração de ureia (40) que normalmente. Nesse contexto, Dixon et al. (10) observaram que a inclusão de farelo de algodão ao suplemento mineral e ureia foi suficiente para elevar o consumo voluntário de substâncias pouco palatáveis como minerais e nitrogênio não proteico (NNP) por bovinos em pastejo.

Diante dos problemas relatados, o uso de suplementos de baixo consumo durante o período das águas parece ser uma tecnologia promissora para aumentar a produtividade em sistemas extensivos e reduzir custos com a alimentação uma vez que há baixo nível de inclusão na dieta. Além disso, ambos tratamentos demonstraram ser eficientes para a veiculação de aditivos promotores de crescimento como a lasalocida, a qual desempenhou papel fundamental no incremento do ganho de peso em resposta à suplementação.

CONCLUSÕES

O uso da Lasalocida sódica 15% (Taurotec®) em suplementos de baixo consumo, durante o período das águas para animais em sistema de pastejo na fase da recria, promoveu incremento de 44 g/dia no ganho de peso sem afetar o consumo de matéria seca total e indica o melhor aproveitamento da energia consumida. Em condições de alta oferta de forragem associado ao melhor valor nutritivo, normalmente observado em pastagens tropicais durante a época das águas, a inclusão de lasalocida no suplemento adensado com o nível de inclusão de 0,05% PC proporcionou ganhos semelhantes ao suplemento proteico convencional com o nível de inclusão de 0,1% PC. Esses achados demonstram que a adição de lasalocida pode ser uma tecnologia promissora para reduzir custos com a alimentação e aumentar a produtividade da atividade pecuária.

REFERÊNCIAS

1. Roth MTP, Resende FD, Oliveira IM, Fernandes RM, Custódio L, Siqueira GR. Does supplementation during previous phase influence performance during the growing and finishing phase in Nellore cattle?. *Livest. Sci*, 2017;204,122-128.
2. Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SDC. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: VII Simpósio de produção de gado de corte, Viçosa-MG.2010;7:191-240.
3. Paulino MF, Detmann E, Valente EEL, Barros LD. Nutrição de bovinos em pastejo. Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa-MG. 2008;4:131-169.
4. Fernandes LDO, Reis RA, Paes JMV. Efeito da suplementação no desempenho de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Ciênc. Agrotec*. 2010;34:240-248.
5. Koscheck JFW. Suplementos múltiplos na terminação de bovinos de corte em pastejo no período das águas. Cuiabá:UFMT; 2013
6. Reis RA, Melo GMP, Bertipaglia LMA, Oliveira AP. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. *Volumosos na produção de ruminantes*. FUNEP. Jaboticabal, SP. 2005:25-60
7. Reis RA, Ruggieri AC, Oliveira AA, Azenha MV, Casagrande DR. (2012). Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais. *Rev. Bras, Saúde e Prod. Anim*. 2012;13:642-655.
8. Bagley CP, Feazel JI, Morrison DG, Lucas DM. Effects of salinomycin on ruminal characteristics and performance of grazing beef steers. *J. Anim. Sci*. 1988;66(3):792-797.

9. Malafaia P, Cabral LDS, Vieira RAM, Costa RM, Carvalho CD. Suplementação protéico-energética para bovinos criados em pastagens: Aspectos teóricos e principais resultados publicados no Brasil. *Livest. Res. Rural Dev.* 2003;15(12):1-32.
10. Dixon RM, White A, Fry P, Petherick JC. Effects of supplement type and previous experience on variability in intake of supplements by heifers. *Aust. J. Agric. Res.* 2003;54(6):529-540.
11. Poppi DP, McLenna SR. Otimizando o desempenho de bovinos em pastejo com suplementação protéica e energética. *Requisitos de Qualidade na Bovinocultura de Corte*. Piracicaba: FEALQ; 2007.
12. Dennis SM, Nagaraja TG, Bartley EE. Effect of lasalocid or monensin on lactate production from in vitro rumen fermentation of various carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 1981;64(12):2350-2356.
13. Nagaraja TG, Newbold CJ, Van Nevel CJ, Demeyer DI. Manipulation of ruminal fermentation. *The rumen microbial ecosystem*. 1997:523-632.
14. Ellis JL, Dijkstra J, Bannink A, Kebreab E, Hook SE, Archibeque S, France J. Quantifying the effect of monensin dose on the rumen volatile fatty acid profile in high-grain-fed beef cattle. *J. Anim. Sci.* 2012;90(8):2717-2726.
15. Nagaraja TG. *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*. John Wiley Sons, Ltd. Hoboken, NJ. Ionophores and antibiotics in ruminantes. 1995:173-204.
16. Bergen WG, Bates DB. Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. *J. Anim. Sci.* 1984;58(6):1465-1483
17. Ovchinnikov YA. (1979). Physico-chemical basis of ion transport through biological membranes: ionophores and ion channels. *Eur. J. Biochem.* 1979;94(2):321-336.
18. Russell JB, Strobel H. Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 1989;55(1):1-6.
19. Pressman BC. Biological applications of ionophores. *Annu. Rev. Biochem.* 1976;45(1):501-530.
20. Russel JB. A proposed model of monensina action in inhibiting rumen bacterial growth: effects on ion flux and proton motive force. *J. Anim. Sci.* 1987;64:1519.
21. Bretschneider G, Elizalde JC, Pérez FA. The effect of feeding antibiotic growth promoters on the performance of beef cattle consuming forage-based diets: A review. *Livest. Sci.* 2008;114(2-3):135-149.

22. Golder HM; Lean IJ. A meta-analysis of lasalocid effects on rumen measures, beef and dairy performance, and carcass traits in cattle. *J. Anim. Sci.* 2016;94(1):306-326.
23. Marques RDS, Cooke RF. Effects of ionophores on ruminal function of beef cattle. *Animals.* 2021;11(10):2871.
24. Mott GO, Lucas HL. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In *International grassland congress.* Pennsylvania. 1952;6:1380-1395.
25. Sollenberger LE, Cherney DJR. Evaluating forage production and quality. In: *Forages: the science of grassland agriculture.* Ames: University Press. 1995;2:97-110.
26. De Vries MW. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. *Rangel. Ecol. Manag.* 1995;48(4):370-375.
27. AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC. International 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA. 1995.
28. Robertson JB. The detergent system of analysis and its application to human foods. The analysis of dietary fibres in food. New York and Basel. 1981:123-158.
29. Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analysis (Apparatus, reagentes, procedures and some applications). Washington, DC: USDA. 1970.
30. Duffield TF, Merrill JK, Bagg RN. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *J. Anim. Sci.* 2012;90(12):4583-4592.
31. Dinius DA, Simpson ME, Marsh PB. Effect of monensin fed with forage on digestion and the ruminal ecosystem of steers. *J. Anim. Sci.* 1976;42(1):229-234.
32. Richardson LF, Raun AP, Potter EL, Cooley CO, Rathmacher RP. Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. *J. Anim. Sci.* 1976;43(3):657-664.
33. NASEM. National Academies of Sciences Engineering and Medicine. *Nutrient Requirements of Beef Cattle.* The National Academies Press; Washington, DC, USA. 2016
34. Wolin MJ. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.* 1960;43(10):1452-1459.
35. Johnson KA, Johnson DE. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 1995;73(8):2483-2492.

36. Minson DJ. Forage in ruminant nutrition. San Diego: Academic Press. 1990:483.
37. Resende FD, Sampaio RL, Siqueira GR, Reis RA, Faria M, Ferreira L. Estratégias de suplementação na recria e terminação de bovinos de corte. Efeitos do nível de suplementação na recria sobre o desempenho na terminação. In: Reunião Anual da SBZ. Lavras, MG. 2008;45.
38. Moretti MH, Resende FD, Siqueira GR, Roth AP, Custódio L, et al. Performance of Nellore young bulls on Marandu grass pasture with protein supplementation. Rev. Bras. Zootec. 2013;42(6):438–46.
39. Underwood EJ, Suttle NF. The mineral nutrition of livestock. 3rd edition. London: CAB Internacional. 1999:664.
40. Kertz AF, Koepke MK, Davidson LE, Betz NL, Norris JR, Skoch LV, et al. Factors Influencing Intake of High Urea-Containing Rations by Lactating Dairy Cows. J. Dairy Sci. 1982;65(4):587–604.

Capítulo 51

DOI: 10.53934/IIICBPAV-51

EFEITO DO USO DE LASALOCIDA SÓDICA EM SUPLEMENTOS DE BAIXO CONSUMO SOBRE O METABOLISMO DE BOVINOS NELORE NA RECRIA EM PASTEJO NA ÉPOCA DAS ÁGUAS

Bianca Rodrigues Domingos *; Ariane Maria Almeida Siqueira ; Mariana da Natividade Ferreira Vital ; Everton Rodolfo de Carvalho ; Gustavo Rezende Siqueira ; Flávio Dutra de Resende 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
biancarodrigues.domingos@gmail.com

Resumo: Objetivou-se avaliar o efeito do uso de Lasalocida sódica 15% (Taurotec®) em suplementos de baixo consumo sobre o metabolismo na recria de bovinos de corte da raça Nelore mantidos em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu na época das águas. Os suplementos adensados e proteicos foram fornecidos diariamente na quantidade de 0,5 e 1 g/kg de peso corporal (PC), respectivamente. Os tratamentos foram: 1- ADC: Adensado controle, 2- ADL: Adensado + Lasalocida, 3- PROC: Proteico controle, 4- PROL: Proteico + Lasalocida. Todos os suplementos continham 30% de proteína bruta e foram formulados para conter níveis de consumo semelhantes de minerais e aditivo. Foram utilizados 12 bovinos machos castrados, com 13 meses de idade e PC médio de 196 ± 25 kg, canulados no rúmen, distribuídos em quadrado latino em esquema fatorial 2 x 2 (1- suplemento adensado ou proteico, 2- suplementação ou não de lasalocida). Não foram verificadas diferenças significativas ($P > 0,05$) na dose de 106 mg/dia de lasalocida para os parâmetros ruminais. Apesar de não ter sido significativo ($P = 0,12$), o uso de Lasalocida aumentou a concentração de AGCC total em 4,38 mM. Com isso, sugere-se aumento da energia digestível pelo melhor aproveitamento da energia consumida.

Palavras-chave: eficiência; fermentação ruminal; ionóforos; nutrição

Abstract: This study aimed to evaluate the effect of using 15% sodium lasalocid (Taurotec®) in low-consumption supplements for Nelore cattle in a pasture of *Urochloa brizantha* cv. Marandu in the growing phase during the rainy season. The supplements contained 30% CP and were provided daily in 0.5 and 1 g/kg of BW. The treatments were: 1- ADC: Dense control, 2- ADL: Dense + Lasalocid, 3- PROC: Protein control, 4- PROL: Protein + Lasalocid. The supplement's formula contained similar levels of mineral and additives intake. 12 Nelore cattle, 13 months old and mean BW 196 ± 25 kg, rumen cannulated, distributed in a Latin square in scheme factorial 2x2 (1- dense or protein supplement, 2 - supplementation or not of Lasalocid). There were no verified significant differences ($P > 0.05$) in the average dose of 106 mg/day of Lasalocid for the ruminal parameters. Although the difference between treatments was insignificant ($P = 0.12$),

using Lasalocid increased the total SCFA concentration by 4.38 mM. This suggests an increase in digestible energy due to better use of consumed energy.

Key Word: efficiency; ruminal fermentation; ionophores; nutrition

INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação com o meio ambiente nos sistemas de produção, a pecuária nacional é desafiada a produzir de forma eficiente, o que tem sido possível com a inserção de tecnologias que promovam a intensificação. Assim, a produção de alimentos no Brasil tem aumentado sem a necessidade de expansão da área de produção, permitindo o aumento da produtividade do sistema como um todo. Entre o ano de 2021 e 2022, o Brasil aumentou a sua taxa de ocupação, apresentando crescimento do rebanho de 3,3% e redução da área de pastagem em 5,7% (1).

Durante o período das águas, a maximização da taxa de ingestão e digestão da fração fibrosa de plantas forrageiras é o principal objetivo (2). Os suplementos de baixo consumo vêm ganhando cada vez mais espaço devido ao potencial de consumo maior que o sal mineral comum. Nesse contexto, Dixon et al. (3) observaram que a inclusão de farelo de algodão ao suplemento mineral com ureia foi suficiente para elevar o consumo voluntário de substâncias pouco palatáveis como minerais e nitrogênio não proteico por bovinos em pastejo.

A suplementação é um fator chave para a maximização da eficiência produtiva em sistemas de pastagens. A utilização de suplementos em sistemas de pastejo propicia a forma mais econômica para a produção de bovinos de maneira sustentável (4). Isso ocorre devido a melhorias no desempenho (5; 6), além de proporcionar a veiculação de manipuladores da fermentação ruminal (7).

Os aditivos promotores de crescimento, como os ionóforos, podem desempenhar um papel relevante nesse contexto. Entre a classe de ionóforos, a lasalocida é um aditivo amplamente utilizado na indústria pecuária, com propriedades que auxiliam na melhoria da eficiência alimentar (8; 9). Esses benefícios podem ser atribuídos a diversos fatores, tais como a melhora na relação acetato:propionato, melhor controle do pH ruminal (10) e redução do substrato disponível para as bactérias metanogênicas (11).

Os ionóforos são antibióticos de poliéter carboxílico produzidos naturalmente por uma cepa de bactéria *Streptomyces* spp. (12), capazes de modular o ambiente ruminal por meio de alterações no metabolismo de bactérias gram-positivas (13). Tais alterações resultam em modificações na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), produção de gases, digestibilidade e taxa de passagem no rúmen (14), melhorando a eficiência energética e utilização de proteína da dieta (15; 16).

São moléculas altamente lipofílicas (17), e sua capacidade de aderir à membrana de bactérias e protozoários determina a vulnerabilidade desses organismos no trato gastrointestinal. Essa adesão é parcialmente explicada pela estrutura da parede celular bacteriana (14; 15). No rúmen, a maioria das bactérias mantém o ambiente intracelular alcalino, caracterizado por altas concentrações de potássio (K) e baixas concentrações de

sódio (Na) (18). No entanto, o ambiente ruminal apresenta altas concentrações de Na e baixas concentrações de K (16).

Seu mecanismo de ação baseia-se na interação com íons metálicos, atuando como transportadores através da membrana lipídica (19). Assim, são capazes de trocar hidrogênio (H⁺) por Na⁺ ou K⁺ (16; 17), e interrompem o equilíbrio iônico intracelular e extracelular (18). Dessa forma, o esgotamento do ATP intracelular durante a remoção de íons de H⁺ pelos sistemas de transporte utilizados pelas bactérias Gram-positivas reduz a sua viabilidade (16; 18).

Ao avaliar a aplicação da lasalocida em suplementos de baixo consumo, espera-se obter resultados que demonstrem uma melhor relação econômica em comparação aos suplementos convencionais. Dessa forma, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito do uso de Lasalocida sódica 15% (Taurotec®) em suplementos de baixo consumo sobre o metabolismo na recria de bovinos Nelore na época das águas e busca fornecer evidências que respaldem a adoção de alternativas viáveis, promovendo assim uma maior competitividade do setor e contribuindo para o crescimento e desenvolvimento da pecuária.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de acordo com a diretrizes do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Departamento de Descentralização do Desenvolvimento (CEUA DDD), número de protocolo 0013/2021. O estudo foi realizado na APTA-Colina/SP e teve início no dia 12 de fevereiro de 2022 com duração de 101 dias. O período experimental foi dividido em 1 período de adaptação de 17 dias seguido por 4 períodos de avaliação de 21 dias cada. Foram utilizados 12 bovinos da raça Nelore, machos castrados, fistulados no rúmen, com peso corporal (PC) médio de 196 ± 25 kg e idade média de 13 meses. Os animais foram distribuídos em 4 piquetes de 1 ha cada composto pela forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Tabela 1 – Composição química dos suplementos fornecidos na avaliação do uso de lasalocida (Taurotec®) em suplementos de baixo consumo na recria no período das águas.

Ingredientes (%)	Adensado (0,5 g/kg)		Proteico (1 g/kg)	
	Controle	Lasalocida	Controle	Lasalocida
Farelo de algodão	41,77	39,21	37,17	37,17
Farelo de soja	-	2,26	-	-
Gérmen de milho desengordurado	-	-	18,28	18,28
Fosfato mono-di_cálcico	-	-	7,22	7,22
Ureia	4,49	4,49	4,49	4,49
Calcário	12,51	12,06	21,74	21,38
NaCl	15,95	15,96	7,91	7,91
Lasalocida sódica 15% (Taurotec®)	-	0,66	-	0,33
Núcleo mineral Bellman 1.2 Corte*	1,48	1,48	0,74	0,74
Enxofre 70	5,13	5,14	0,74	0,74
Fosfato Bicálcico	18,68	18,73	-	-
Proteína bruta	30	30	30	30

*Núcleo mineral Bellman 1.2 Corte: carbonato de cálcio, sulfato de cobre, selenito de sódio, iodato de cálcio, caulim, carbonato de cobalto, óxido de magnésio e óxido de zinco.

Todos os suplementos continham 30% de proteína bruta e os tratamentos utilizados foram: ADC: adensado controle (0,05% PC); ADL: adensado com lasalocida (0,05% PC + lasalocida); PROC: proteico controle (0,1% PC); PROL: proteico com lasalocida (0,1% PC + lasalocida). O aditivo utilizado foi o Taurotec® com 15% de lasalocida sódica. Os suplementos adensados e proteicos foram formulados para conter níveis de consumo semelhante entre si de minerais e aditivo, quando presente (Tabela 1). Considerando o consumo e a composição dos suplementos, a dose de lasalocida administrada foi em média de 106 mg/animal/dia.

Todos os animais receberam suplemento diariamente, às 08h00min. Os suplementos foram fornecidos em quantidade pré-fixada, com base na pesagem inicial de cada período. Antes do fornecimento do suplemento, foram avaliadas as sobras do fornecido no dia anterior.

A avaliação para determinação da massa de forragem foi realizada a cada 28 dias, utilizando o método da dupla amostragem (20). Foi realizado pastejo simulado para representação da fração consumida pelos animais pelo método *hand-plucking* (21). Foram determinados os teores de matéria seca (método 934.01), matéria mineral (método 942.05) e proteína bruta (método 978.04) de acordo com a AOAC (22). Os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foram determinados conforme a metodologia sequencial descrita por Robertson e Van Soest (23), e lignina pelo método descrito por Goering e Van Soest (24). A digestibilidade in vitro da matéria seca foi determinada por espectroscopia próxima ao infravermelho (NIRS) (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição química de pastos (pastejo simulado) de *Urochloa brizantha* cv. Marandu durante o período experimental de avaliação do uso da Lasalocida durante o período das águas.

Variável (g/kg de MS)	ADC	ADL	PROC	PROL	EPM
Matéria seca	229	235	228	238	0,5322
Matéria mineral	80,8	75,2	81,7	77,9	0,1309
FDN	626	616	611	622	0,5103
FDA	289	284	278	286	0,3045
Lignina	24,4	24,8	23,2	25,6	0,0630
Proteína bruta	122,7	120,6	132,0	121,7	0,4242
DIVMS	811	797	793	795	0,6315

EPM: erro padrão médio. FDN=fibra insolúvel em detergente neutro; FDA=fibra insolúvel em detergente ácido; DIVMS=digestibilidade in vitro da matéria seca; ADC: Adensado Controle; ADL: Adensado Lasalocida; PROC: Proteico Controle; PROL: Proteico Lasalocida

Foram colhidas amostras representativas do conteúdo ruminal de cada animal via cânula (D20 e 21), em diferentes horários: 0, 6, 12 e 18 horas após a suplementação, para avaliação do pH, AGCC e nitrogênio amoniacal (N-NH₃). Após a coleta, as amostras (200 mL por animal) foram filtradas em tecido tripo de algodão. Posteriormente, duas alíquotas de 50 mL de líquido ruminal de cada animal foram destinadas à imediata determinação do pH em potenciômetro digital (DM-22, Digimed, São Paulo, Brasil). Em seguida, 50

mL de líquido ruminal com adição de 1 mL de H₂SO₄ (1:1) foi separado em duas alíquotas de 15 mL e congeladas a -20 °C para análise de N-NH₃, que foi determinado pelo método colorimétrico INCT – CA N006/1 (25). Duas alíquotas de 10 mL foram congeladas a -20 °C para análise de AGCC, por meio de cromatografia gasosa (GCMS QP 2010 plus, Shimadzu®, Kyoto, Japan) usando coluna capilar (Stabilwax, Restek®, Bellefonte, EUA; 60 m, 0,25 mm ø, 0,25 µm crossbond carbowax polyethylene glycol) (AGCC totais, acetato, propionato, butirato, isobutirato, valerato e isovalerato) (26).

Todas as análises foram realizadas pelo PROC MIXED do SAS (versão 9.4; SAS Inst. Inc., Cary, NC). O delineamento experimental utilizado foi em Quadrado Latino, com 4 tratamento e 12 repetições por tratamento, em esquema fatorial 2 × 2. Os fatores incluíram: 1) suplemento adensado ou proteico e; 2) suplementação ou não de Lasalocida sódica 15% (Taurotec®), sendo os fatores e a interação entre os fatores considerados efeito fixo e o bloco efeito aleatório. O modelo incluiu os fatores: tipo de suplemento e presença ou ausência de lasalocida e suas interações, horário de coleta e suas interações como efeito fixo, efeito de quadrado, período, animal e animal dentro de quadrado como efeitos aleatórios. Os dados obtidos ao longo do tempo (amônia, pH ruminais e ácidos graxos de cadeia curta) foram analisados como medidas repetidas sendo acrescentados os efeitos de tempo e a interação entre tempo e os fatores. A estrutura de matriz de covariância foi escolhida pelo critério de informação Bayesiano (BIC - Bayesiano's Information Criterion), e o menor valor foi considerado o de melhor ajuste. Em todas as variáveis foi testada a normalidade da distribuição das variâncias pelo teste de Cramér-von Mises, com 10% de probabilidade. As médias foram comparadas através do teste t, considerando o nível de significância de $P < 0,05$ e tendência $0,05 \leq P \leq 0,10$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram registradas sobras de suplemento para nenhum dos tratamentos ao longo de todo período experimental. Para os suplementos adensados o consumo foi fixado em 0,05% do PC e para os suplementos proteicos em 0,1% do PC, e apresentou valores médios de consumo de 0,107 e 0,212 kg/dia para os tratamentos adensados e proteicos respectivamente. Os efeitos dos tratamentos nos parâmetros ruminais dos animais são apresentados na Tabela 3.

Diversos ionóforos estão disponíveis e frequentemente são atribuídos a um mecanismo de ação semelhante no rúmen (8; 12; 27; 28; 29). Esses estudos observaram mudanças nas rotas de fermentação, que constantemente aumentaram a proporção ruminal de propionato e reduziram as proporções de acetato e butirato em dietas a base de forragem e grãos. Isso ocorre através da seleção de microrganismos locais (13), inibindo preferencialmente bactérias gram-positivas, como espécies celulolíticas, proteolíticas e produtoras de lactato (30; 31; 32), devido a sua capacidade de modificar o transporte de cátions das membranas celulares.

No estudo não foi observado efeito do uso de aditivo ($P > 0,10$) para as proporções ruminais de acetato, propionato e butirato. Em meta-análise realizada por Golder e Lean (8), onde revisaram os impactos do uso da lasalocida sobre as medidas ruminais de bovinos, foi constatado que a proporção de propionato ruminal aumentou 4,6% e o acetato diminuiu 3,2% quando >200 mg/dia de lasalocida foi ofertado. Esses autores também

observaram que o efeito linear da dose de suplementação de lasalocida influenciou a heterogeneidade da proporção molar de propionato e acetato, em que, com o aumento da dose foi verificado aumento na proporção de propionato e redução de acetato. Esses dados corroboram com estudo de Ellis et al. (11) que observaram que a mudança no perfil de AGCC pode ser dependente da dose com o uso da monensina.

Tabela 3 - Efeito do tipo de suplementação e uso de aditivo de Lasalocida sódica (Taurotec®) sobre os parâmetros ruminiais de pH, N-NH₃ e AGCC na recria de bovinos Nelore durante o período das águas.

Item	Adensado		Proteico		EPM	P-valor						
	Contr	Las	Contr	Las		S	A	H	S*A	S*H	A*H	S*A*H
pH	6,52 a	6,36 b	6,44 ab	6,47 ab	0,15	0,76	0,16	<0,01	0,03	0,56	0,92	0,49
N-NH ₃ , mg/dL	9,36	10,80	8,70	9,62	2,34	0,32	0,20	<0,01	0,77	0,26	0,19	0,36
AGCCt, mM	95,3	101	99,4	102	7,15	0,37	0,12	<0,01	0,58	0,30	0,05	0,08
AGCC, mol/100mol												
Acet	71,0	71,2	71,5	71,2	0,58	0,59	0,87	<0,01	0,70	0,78	0,10	0,97
Prop	17,0	17,5	17,2	17,3	0,51	0,84	0,45	<0,01	0,63	0,49	0,15	0,90
But	9,17	8,88	8,83	8,98	0,19	0,55	0,72	0,22	0,26	0,72	0,35	0,79
Val	0,77	0,74	0,72	0,67	0,04	0,09	0,29	<0,01	0,78	0,47	0,31	0,38
Isobut	0,80	0,74	0,75	0,75	0,04	0,25	0,13	<0,01	0,15	0,56	0,20	0,68
Isoval	1,17	1,14	1,07	1,10	0,95	0,17	0,96	<0,01	0,48	0,18	0,34	0,75
A:P	4,22	4,11	4,20	4,16	0,14	0,88	0,48	<0,01	0,74	0,58	0,23	0,98

* Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade. Contr: controle; Las: lasalocida. EPM: erro padrão médio. S: efeito do tipo de suplementação; A: efeito do uso de aditivo; H: efeito do horário de coleta; S*A: interação entre tipo de suplementação e uso de aditivo; S*H: interação entre tipo de suplemento e horário de coleta; A*H: interação entre uso de suplemento e horário de coleta; S*A*H: interação entre tipo de suplemento, uso de aditivo e horário. AGCCt: ácido graxo de cadeia curta total; N-NH₃: nitrogênio amoniacal; Acet: acetato; Prop: propionato; But: butirato; Val: valerato; Isobut: isobutirato; Isoval: isovalerato; A:P: realção acetato:propionato.

Em estudo realizado por Andersen e Horn (33) com o objetivo de determinar os efeitos da lasalocida no ganho de peso e fermentação ruminal em pastagens de inverno utilizando as doses de 0, 100 ou 200 mg/dia, concluíram que 200 mg/dia foram eficazes no aumento do ganho de peso, entretanto não foram observadas tendências ou padrões claros nos efeitos do aditivo nas proporções ruminiais de AGCC. Em contraste, Nocerini et al. (34), avaliando as doses de 0, 200, 400 ou 600 mg/dia de lasalocida observou que a lasalocida foi consistente em diminuir as concentrações de acetato e butirato e aumentar a concentração de propionato, contudo, foi observado efeito linear para a relação entre a dose de lasalocida e as proporções de AGCC, em que, com o aumento da dose, as concentrações desses AGCC mudaram de forma previsível e consistente.

Devido à baixa disponibilidade de animais fistulados no rúmen, os animais utilizados no estudo apresentaram peso corporal inicial (PCi) em média de 196 kg. Os resultados de desempenho com o uso da lasalocida nos estudos de Golder e Lean (8) sugerem que os maiores incrementos no GMD ocorrem em bovinos com PCi maior que 275 kg, uma vez que os benefícios observados no desempenho são limitados ao suplementar animais mais leves. Com isso, sugere-se que os efeitos na fermentação ruminal também podem ser limitados em animais com peso inferior a 275 kg. Esses resultados corroboram com efeito observado no GPV ($P = 0,05$) e tendência no GMD ($P = 0,06$) na avaliação de desempenho em função do uso do aditivo em estudo paralelo no qual os animais apresentarem PCi médio de 358 kg. Dessa forma, pode-se sugerir que a dose utilizada no estudo pode não ter sido suficiente para gerar resultados significativos nas medidas ruminais.

Diferentemente do que foi observado para as proporções de AGCC, Golder e Lean (8), constataram que a lasalocida aumentou a concentração de AGCC total em 6,46 mM em relação aos tratamentos controles, independentemente da dose fornecida. Segundo esses autores, o aumento na concentração de AGCC total em bovinos suplementados com lasalocida provavelmente reflete das mudanças nas populações bacterianas e pode ser benéfico para o animal hospedeiro. No presente estudo, apesar do efeito do aditivo não ter sido significativo ($P = 0,12$), o uso da lasalocida em suplementos de baixo consumo aumentou a concentração de AGCC total em 4,38 mM em relação aos suplementos controle.

Para os ruminantes, a fermentação ruminal de carboidratos é responsável por 60 a 75% da energia digestível, resultando em AGCC, metano, dióxido de carbono, amônia e células microbianas (35; 36). Segundo Van Soest (37), os AGCC produzidos apresentam capacidade de suprir cerca de 85% da exigência energética do ruminante. Em dietas de baixa densidade energética, como aquelas à base de forragem, o uso de ionóforos tem mostrado resultados consistentes em aumentar a energia digestível pelo melhor aproveitamento da energia sem alterar o CMS, resultando em melhor conversão alimentar e, conseqüentemente, maior ganho de peso (8; 27; 38; 39; 40).

CONCLUSÕES

A suplementação na dose de 106 mg/dia de Taurotec® não afetou consistentemente as proporções de AGCC. A concentração de AGCC total não foi diferente entre os tratamentos, contudo, foi observado aumento de 4,38 mM com o uso da lasalocida.

REFERÊNCIAS

1. Beef Report 2023. Perfil da Pecuária no Brasil - ABIEC [Internet]. 2023 [acesso em 2023 Jul 31]. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023>
2. Reis RA, Melo GMP, Bertipaglia LMA, Oliveira AP. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. Volumosos na produção de ruminantes. FUNEP. Jaboticabal, SP. 2005:25-60.

3. Dixon RM, White A, Fry P, Petherick JC. Effects of supplement type and previous experience on variability in intake of supplements by heifers. *Aust. J. Agric. Res.* 2003;54(6):529-540.
4. Reis RA, Teixeira IAMA, Siqueira GR. Impacto da qualidade da forragem na produção animal. *Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia.* João Pessoa, PB. 2006;43:580-608.
5. Moretti MH, Resende FD, Siqueira GR, Roth AP, Custódio L, et al. Performance of Nellore young bulls on Marandu grass pasture with protein supplementation. *Rev. Bras. Zootec.* 2013;42(6):438-46.
6. Roth MDTP, et al. Supplementation of Nellore young bulls on Marandu grass pastures in the dry period of the year. *Rev. Bras. Zootec.* 2013;42:447-455.
7. Siqueira GR, Benatti JMB, Silva RC, Fernandes RM, Campos AF. Aditivos para bovinos em pastejo. 7th symposium on beef cattle. *International congress beef cattle, São Paulo-SP; 2012*
8. Golder HM; Lean IJ. A meta-analysis of lasalocid effects on rumen measures, beef and dairy performance, and carcass traits in cattle. *J. Anim. Sci.* 2016;94(1):306-326.
9. Marques RDS, Cooke RF. Effects of ionophores on ruminal function of beef cattle. *Animals.* 2021;11(10):2871.
10. Nagaraja TG, Newbold CJ, Van Nevel CJ, Demeyer DI. Manipulation of ruminal fermentation. *The rumen microbial ecosystem.* 1997:523-632.
11. Ellis JL, Dijkstra J, Bannink A, Kebreab E, Hook SE, Archibeque S, France J. Quantifying the effect of monensin dose on the rumen volatile fatty acid profile in high-grain-fed beef cattle. *J. Anim. Sci.* 2012;90(8):2717-2726.
12. Nagaraja TG. *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding.* John Wiley Sons, Ltd. Hoboken, NJ. Ionophores and antibiotics in ruminantes. New 1995:173-204.
13. Bergen WG, Bates DB. Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. *J. Anim. Sci.* 1984;58(6):1465-1483
14. Schären M, et al. (2017). Differential effects of monensin and a blend of essential oils on rumen microbiota composition of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2017;100(4):2765-2783.
15. Weimer PJ, Stevenson DM, Mertens DR, Thomas EE. Effect of monensin feeding and withdrawal on populations of individual bacterial species in the rumen of lactating dairy cows fed high-starch rations. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2008;80:135-145.

16. Russell JB, Strobel H. Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 1989;55(1):1-6.
17. Pressman BC. Biological applications of ionophores. *Annu. Rev. Biochem.* 1976;45(1):501-530.
18. Russel JB. A proposed model of monensina action in inhibiting rumen bacterial growth: effects on ion flux and proton motive force. *J. Anim. Sci.* 1987;64:1519.
19. Ovchinnikov YA. (1979). Physico-chemical basis of ion transport through biological membranes: ionophores and ion channels. *Eur. J. Biochem.* 1979;94(2):321-336.
20. Sollenberger LE, Cherney DJR. Evaluating forage production and quality. In: *Forages: the science of grassland agriculture*. Ames: University Press. 1995;2:97-110.
21. De Vries MW. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. *Rangel. Ecol. Manag.* 1995;48(4):370-375.
22. AOAC, Official Methods os Analysis of AOAC. International 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA. 1995.
23. Robertson JB. The detergent system of analysis and its application to human foods. *The analysis of dietary fibres in food*. New York and Basel. 1981:123-158.
24. Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analysis (Apparatus, reagentes, procedures and some applications). Washington, DC: USDA. 1970.
25. Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba EOS, Cabral LS, Pina DS, Ladeira MM, Azevedo JAG. Métodos para Análise de Alimentos. 2. ed. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Suprema, Visconde do Rio Branco; 2012
26. Palmquist DL, Conrad HR. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high grain or high fat diets. *J.Dairy Sci.* 1971;54(7):1025-1033.
27. Bretschneider G, Elizalde JC, Pérez FA. The effect of feeding antibiotic growth promoters on the performance of beef cattle consuming forage-based diets: A review. *Livest. Sci.* 2008;114(2-3):135-149.
28. Duffield TF, Merrill JK, Bagg RN. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *J. Anim. Sci.* 2012;90(12):4583-4592.
29. Tedeschi LO, Fox DG, Tylutki TP. Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. *J. Environ. Qual.* 2003;32(5):1591-1602.

30. Dinius DA, Simpson ME, Marsh PB. Effect of monensin fed with forage on digestion and the ruminal ecosystem of steers. *J. Anim. Sci.* 1976;42(1):229-234.
31. Richardson LF, Raun AP, Potter EL, Cooley CO, Rathmacher RP. Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. *J. Anim. Sci.* 1976;43(3):657-664.
32. Dennis SM, Nagaraja TG, Bartley EE. Effect of lasalocid or monensin on lactate production from in vitro rumen fermentation of various carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 1981;64(12):2350-2356.
33. Andersen MA, Horn GW. Effect of lasalocid on weight gains, ruminal fermentation and forage intake of stocker cattle grazing winter wheat pasture. *J. Anim. Sci.* 1987;65(4):865-871.
34. Nocerini MR, Honeyfield DC, Carlson JR, Breeze RG. Reduction of 3-methylindole production and prevention of acute bovine pulmonary edema and emphysema with lasalocid. *J. Anim. Sci.* 1985;60(1):232-238.
35. Sutton JD. Carbohydrate fermentation in the rumen—variations on a theme. *Proc. Nutr. Soc.* 1979;38(3):275-281.
36. Wolin MJ. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.* 1960;43(10):1452-1459.
37. Van Soest PJ. *Nutritional ecology of the ruminant.* 2.ed. Ithaca: Cornell University; 1994:476.
38. Nagaraja TG, Avery TB, Bartley EE, Galitzer SJ, Dayton AD. Prevention of lactic acidosis in cattle by lasalocid or monensin. *J. Anim. Sci.* 1981;53(1):206-216.
39. Dennis SM, Nagaraja TG, Dayton AD. Effect of lasalocid, monensin and thiopeptin on rumen protozoa. *Res. Vet. Sci.* 1986;41(2):251-256.
40. Polizel DM, Cappelozza BI, Hoe F, Lopes CN, Barroso JP, Miszura A, Pires AV. (2020). Effects of narasin supplementation on dry matter intake and rumen fermentation characteristics of *Bos indicus* steers fed a high-forage diet. *Transl. Anim. Sci.* 2020;4(1):118-128.

Capítulo 52

DOI: 10.53934/IIICBPAV-52

RELAÇÕES DA EFICIÊNCIA ALIMENTAR, QUALIDADE DE CARNE E ASSOCIAÇÕES DAS FERRAMENTAS ÔMICAS EM BOVINOS

Daniela Alvarado Vesga¹ *; Rafaela Cristina Rodrigues¹ ; Murilo Augusto Tagiariolli ; Welder Angelo Baldassini ; Luis Arthur Chardulo Loyola 

¹Universidade Estadual Paulista, FCAV, Jaboticabal, ²Universidad Estadual Paulista, FCA, Botucatu.

*Autor correspondente – Email: daniela.alvarado@unesp.br

Resumo: A eficiência alimentar (EA) é um excelente parâmetro na classificação de animais que possuem a capacidade de consumir menor alimento mantendo os níveis de produtividade. Nos últimos anos a qualidade de carne é altamente relacionada como um fator importante na decisão de compra para o consumidor, sendo a maciez uma das principais características relevantes. Diversos estudos já demonstram que o baixo consumo alimentar residual (CAR), evidencia uma melhor EA em bovinos confinados, mas poucos tem associação com ferramentas ômicas que ajudem prever a qualidade de carne dos animais mais eficientes antes do abate. É sabido que animais mais eficientes evidenciam consequências negativas na qualidade da carne, como por exemplo redução na maciez, mas também algumas pesquisas não encontraram diferenças para esta característica. Porém, estudos apresentam relações inconsistentes quando a associação entre CAR e composição de carcaça e qualidade de carne, evidenciando a necessidade de que repostas conclusivas sejam encontradas. Esta revisão tem como objetivo entender a qualidade de carne de animais divergentes para eficiência alimentar através de ferramentas de biologia molecular. Pontos fundamentais da predição da qualidade da carne através das ferramentas “ômicas” são opções para que produtores e indústria frigorífica direcionem seus melhores produtos a os mercados mais exigentes, o que possibilita uma melhor negociação dos produtos cárneos com qualidade superior. Finalmente, o conhecimento descrito enfatiza a relevância de compreender a importância da qualidade de carne de animais eficientes através da biologia molecular para definir futuras decisões na bovinocultura de corte no Brasil.

Palavras-chave: EFICIÊNCIA ALIMENTAR; QUALIDADE DE CARNE; CARCAÇA; BIOLOGIA MOLECULAR.

Abstract: Feed efficiency (FE) is an excellent parameter for classifying animals that have the ability to consume less feed while maintaining productivity levels. In recent years, meat quality has become an important factor in consumer purchasing decisions, with tenderness being one of the main relevant characteristics. Several studies have shown that low residual feed intake (RFI) is associated with better feed efficiency in feedlot cattle, but few have associated it with omics tools that help predict the meat quality of the most efficient animals before slaughter. It is well known that more efficient animals have negative consequences for meat quality, such as a reduction in tenderness, but some

studies have also found no differences in this characteristic. However, studies show inconsistent relationships when it comes to the association between RFI and carcass composition and meat quality, highlighting the need for conclusive answers to be found. The aim of this review is to understand the meat quality of animals that are divergent in terms of feed efficiency using molecular biology tools. Fundamental points of meat quality prediction through "omics" tools are options for producers and the meat industry to direct their best products to the most demanding markets, which enables better negotiation of meat products with superior quality. Finally, the knowledge described emphasizes the relevance of understanding the importance of meat quality in efficient animals through molecular biology to define future decisions in beef cattle farming in Brazil.

Key Word: FEED EFFICIENCY, MEAT QUALITY, CARCASS, MOLECULAR BIOLOGY.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos no mundo, com aproximadamente 200 milhões de animais, sendo o segundo maior produtor de carne do mundo, gerando mais de 9 milhões toneladas métricas de equivalente carcaça por ano (1). A bovinocultura representa o maior valor bruto da produção agropecuária nacional, com um faturamento anual total superior a R\$ 55 bilhões. Desde 2004, o país exporta para mais de 180 países, e essas exportações acumularam valores próximos de US\$ 12 bilhões (2) e representaram aproximadamente 50% do comércio mundial de carnes em 2022 (3). Nesse montante, a produção em confinamento representa de 2 a 3% das 9 milhões de toneladas de carcaça/ano. Além disso, é sabido que os custos no confinamento correspondem em um 70% para alimentação dos animais, sendo que isto representa a maior parte de investimento na bovinocultura de corte.

Nos estudos de eficiência alimentar, um índice bastante praticado para conseguir classificar os animais é o CAR. Esse índice foi inicialmente proposto por Koch (4), que o descreveram como um parâmetro que permite ter conhecimento dos animais mais produtivos com menor consumo de alimento, classificando assim esses indivíduos com uma melhor eficiência alimentar, refletindo em menor tempo e custo produção (5).

Nesse cenário, melhorar a eficiência produtiva e a qualidade da carne produzida no Brasil são ações estratégicas com benefícios econômicos, ambientais e de segurança alimentar para o país (6), pelo qual entender preferências entre mercados, dentro de cada segmento do consumidor, levando em consideração as características físico-químicas e sensoriais de qualidade, torna-se fundamental para a cadeia produtiva valorizar os cortes cárneos, tanto no mercado interno como no de exportação (7,8). Compreender as exigências do mercado é fundamental para melhorar os índices de eficiência biológica de produção de bovinos de corte, o que possibilita o abate de animais jovens e, possivelmente, melhor qualidade de carne (9). Identificar o tipo biológico mais eficiente e lucrativo na fase de terminação no confinamento, e as melhores carcaças na indústria frigorífica, avaliando-se essas características por meio de análises laboratoriais, são pontos fundamentais para a predição da qualidade da carne para que produtores e indústria

frigorífica direcionem seus melhores produtos para os mercados mais exigentes, o que possibilitará melhor negociação dos produtos cárneos com qualidade superior.

Entretanto, os resultados apresentados na literatura têm sido inconsistentes quanto à associação entre CAR e composição de carcaça e qualidade de carne, evidenciando a necessidade de mais estudos para que respostas conclusivas sejam encontradas.

Muitos fatores afetam a qualidade da carne, incluindo a forma como os animais são alimentados, manejados, abatidos e tanto o manuseamento da carcaça como o processamento pós-abate (10). Embora muitas vezes haja ênfase nos sistemas de gestão que podem ser implementados para atender às especificações do mercado, até recentemente, houve pouca ênfase na consideração dos componentes moleculares ou biológicos da qualidade da carne. As ferramentas “ômicas” já existentes podem contribuir positivamente para a predição de características de importância econômica no desenvolvimento da pesquisa de carne, agregando valor aos produtos para mercados selecionados (11). Por isso é interessante, associar estudos de biologia molecular que permitam constatar predições características na qualidade de carne.

Nesta revisão descrevemos como pode-se explicar a qualidade da carne com a divergência eficiência alimentar e o uso das ferramentas ômicas aplicadas na bovinocultura de corte, fornecendo uma sinopse do status atual da pesquisa da ciência da carne.

EFICIÊNCIA ALIMENTAR (EA)

Na produção de bovinos de corte, preconiza-se o encurtamento do ciclo de produção, produtos de melhor qualidade, uso eficiente de alimentos e menores custos de produção, o que é possível pelo uso de animais geneticamente superiores, em condições ambientais adequadas. Os ganhos de peso, ou ainda deposição de músculos e gordura subcutânea, são características consideradas em critérios de seleção de quase todos os programas de bovinos de corte por serem de fácil obtenção, alta acurácia, e por apresentarem alta correlação com o peso da carcaça. Animais jovens, com maior deposição de músculo e gordura de cobertura, tendem a ser carcaças bem remuneradas, uma vez que alguns frigoríficos pagam prêmios por lotes deste tipo (12).

A dieta, por meio da qualidade e quantidade ingerida de nutrientes, representa forte determinante do desempenho animal (13). Um dos motivos de maior peso para avaliar a EA está relacionado com os altos custos de produção, pois na bovinocultura de corte o custo de alimento é variável pelo qual possui um impacto considerável. Assim, uma alternativa para melhoria da lucratividade na produção de carne bovina é a seleção para características de EA (14).

A EA pode ser mensurada como CAR, que foi proposto no clássico trabalho de (15), e é definido como a diferença entre o consumo (de matéria seca ou de energia) observado e o estimado por equação de regressão do peso vivo médio metabólico e do ganho de peso sobre o consumo. Desta forma, o CAR é independente do peso e da taxa de crescimento dos animais. Animais mais eficientes apresentam CAR negativo e têm um consumo observado menor que o predito, ao contrário dos menos eficientes que têm CAR positivo e um consumo observado maior que o predito.

Pesquisadores têm avaliado possíveis relações entre CAR e medidas e/ou estimativas da composição corporal. Uma consideração a ser registrada antes da adoção do CAR como critério de seleção é se este possui efeitos associativos negativos com outras características de produção e desempenho. Por exemplo, se os animais selecionados com base em baixo CAR também apresentassem redução significativa na área de olho-de-lombo (AOL), fazendo com que a seleção fosse prejudicial para a musculosidade da carcaça. Entretanto, estudos mostraram correlações fenotípicas genéticas de baixas a médias magnitudes e sentido favorável à seleção (-0,45 a -0,04), indicando que o CAR teve pouca ou nenhuma associação com características de crescimento (16,17), AOL (-0,65 a -0,03) e apresentou leve associação desfavorável (0,11 a 0,44) com deposição de gordura subcutânea e intramuscular (17,18).

Pesquisadores verificaram que medidas de ultrassonografia de AOL e gordura intramuscular não estavam correlacionadas a CAR, ao contrário da espessura de gordura subcutânea (EGS), que apresentou correlação significativa de 0,28 (19). Outros estudos descreveram que CAR está relacionado à composição do ganho de peso, onde animais mais eficientes tenderiam a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e menor quantidade de gordura intramuscular, o que poderia afetar aspectos qualitativos da carne, não sendo interessante do ponto de vista comercial (20).

Alguns estudos (21–25) mostraram relação entre CAR e a composição do ganho de peso, onde os animais mais eficientes (CAR negativo) tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor gordura de acabamento, menor gordura intramuscular e menor gordura na cavidade abdominal, tal como também verificado em outros estudos nacionais (26,27).

QUALIDADE DE CARÇAÇA E CARNE

Nos países da América do Sul, em especial no Brasil, para o consumidor, os principais aspectos a serem considerados na compra de carne no varejo são, por ordem de importância, segurança alimentar (onde a origem e a marca do produto são fundamentais), tipo e tamanho de corte, coloração e gordura de cobertura – EGS (28). Porém, coloração e a maciez da carne só podem ser mensuradas após o abate dos animais, o que leva tempo e dificulta a identificação de animais superiores. O acabamento ou EGS, que representa a deposição de gordura subcutânea na carcaça, é uma característica de fundamental importância para a qualidade dos cortes cárneos de bovinos. Neste sentido, frigoríficos exigem animais que apresentem EGS de quatro a seis milímetros. Carcaças leves e com pouca EGS são comumente mais sujeitas ao encurtamento das fibras pelo frio (*cold shortening*), resultando em menor maciez da carne, principalmente quando resfriadas rapidamente (29).

Em estudo prévio conduzido com amostras do músculo *Longissimus thoracis* de 1652 bovinos Nelore machos não castrados (o principal tipo biológico produzido no Brasil), foram descritos importantes resultados sobre EGS e as características de qualidade de carne num contexto multifatorial (30). Neste estudo, os autores constataram que apenas 11,2% das amostras foram consideradas macias (força de cisalhamento $\leq 4,9$ kg), com bom grau de marmoreio e menores perdas por cocção. Assim, quando destinados à produção de carne, os animais têm sido castrados com o objetivo principal de assegurar a deposição de gordura na carcaça, aumentando a gordura subcutânea. Além da classe sexual (maior em fêmeas e machos castrados, quando comparados a machos inteiros), esta

é uma característica muito associada também à condição nutricional e o grupo genético utilizado para a produção de carne (31).

A maciez da carne é frequentemente avaliada por avaliação sensorial com consumidores, que é um método direto (e considerado de referência). Essa característica também pode ser estimada por meio de seu oposto, a dureza da carne (32). Os métodos laboratoriais mecânicos/objetivos que utilizam instrumentos visam simular a resistência do corte da carne durante a mastigação e, assim, avaliar a dureza da carne. O valor medido representa a força necessária para cortar um pedaço de carne perpendicular às fibras musculares. Essas medições podem ser feitas em carne cozida, usando uma lâmina Warner-Bratzler.

No Brasil, Argentina, Uruguai e Chile, existem sistemas de classificação de carcaças de carne ligeiramente diferentes, mas todos têm elementos comuns, pois dentro das categorias de sexo as carcaças são classificadas por peso, idade (dentição), e acabamento (escore visual), sem muitos critérios para se monitorar as características de qualidade (33). Em grande parte dos frigoríficos brasileiros a classificação de carcaças é basicamente feita quanto ao gênero e maturidade seguida de hierarquização em tipos, pela combinação das classes com restrições de conformação, acabamento e peso da carcaça quente.

Para prever a qualidade da carne bovina, o modelo do *Meat Standards Australia* (MSA) baseia-se nas características de carcaça e nas respostas de consumidores não treinados, que foram solicitados para avaliar a maciez, suculência, sabor e satisfação geral para cada corte de carne de bovina seguindo os protocolos padrão. Em seguida, essas 4 pontuações são combinadas para gerar a pontuação de qualidade da carne de 4 variáveis (MQ4), que é uma pontuação global de qualidade (34). Os principais fatores de classificação usados no modelo de previsão incluem o conteúdo de *Bos indicus* (que leva a diminuição na palatabilidade da carne), sexo do animal, ossificação (um indicador da maturidade fisiológica do animal), carcaça, peso, uso de promotores de crescimento hormonal, marmoreio e espessura da gordura subcutânea, método de suspensão da carcaça, pH final, tempo de maturação, músculo e método de cozimento no final. Assim, a palatabilidade para diferentes músculos pode ser predita para um método de cozimento específico, como grelhado ou assado. O MSA identificou pontos de controle críticos dos setores de produção, pré-abate, processamento e agregação de valor da cadeia de abastecimento de carne bovina e quantificou sua importância relativa usando testes de consumo em grande escala (35).

No Brasil, poucas pesquisas buscaram desenvolver um sistema de classificação de carcaças semelhante ao da Austrália. Somente nos últimos anos, surgiu um modelo de certificação de carcaças baseado cientificamente no MSA. Esta iniciativa proporcionou o desenvolvimento de estudos que demonstraram que animais que reúnem conjunto de características desejáveis na carcaça são aqueles que aumentam a gama de cortes classificados como macios e saborosos (36–38). Para tanto, foram conduzidas pesquisas e testes sensoriais com milhares de consumidores visando prever a qualidade da carne em termos de maciez, suculência, sabor e satisfação geral.

Alguns estudos das relações existentes entre CAR e características de carcaça e composição corporal de animais taurinos já foram conduzidos. Um estudo avaliou a composição corporal de progênies de touros e matrizes selecionados divergentemente

para CAR e reportaram que os animais de CAR negativo apresentaram menor espessura de gordura e maior ganho em proteína quando comparados aos animais de CAR positivo (19). Vários trabalhos (21,23) mostraram relação entre CAR e a composição do ganho de peso, onde os animais mais eficientes (CAR negativo) tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor gordura de acabamento, menor gordura intramuscular e menor gordura na cavidade abdominal, tal como também verificado em outros estudos nacionais (26,27). No entanto, existem resultados controverso que trabalharam com novilhos Angus-Hereford de alto e baixo CAR, não encontrando diferenças em peso de carcaça quente, AOL, EGS, marmorização, acabamento, massa visceral e gordura abdominal entre os animais (39).

FERRAMENTAS “ÔMICAS” NA QUALIDADE DA CARNE

Os estudos de biologia molecular são ferramentas valiosas nas pesquisas de qualidade de carne. Neste sentido, o estudo de proteínas envolvidas nos mecanismos de regulação destas características podem trazer informações relevantes que venham a auxiliar neste processo (40). Por meio dessa abordagem, proteínas pertencentes a diferentes vias biológicas como: i) enzimas do metabolismo energético; ii) proteínas de choque térmico (HSPs); iii) proteínas de estresse oxidativo; iv) proteínas estruturais e; v) proteínas de apoptose (morte celular) e de ligação podem ser associadas aos fenótipos de qualidade (41). Essas ferramentas permitem a análise global de proteínas celulares usando tecnologias como a eletroforese bidimensional, cromatografia líquida, espectrometria de massas e bioinformática (Figura 1).

A tecnologia da eletroforese bidimensional (2DE) envolve dois parâmetros de separação, ponto isoelétrico e peso molecular, as quais podem melhorar a resolução no fracionamento de misturas complexas de proteínas, permitindo que múltiplas proteínas sejam separadas para análise paralela. Por outro lado, na proteômica surgiram duas aplicações da espectrometria de massas (42). A primeira é a identificação de manchas proteicas a partir de análise 2DE, a segunda é a proteômica comparativa. Técnicas de ionização suave, como ionização por eletrospray (ESI) e ionização por dessorção a laser assistida por matriz (MALDI) são usadas para identificação de proteínas (43). Esses métodos envolvem energia laser que é usada para converter peptídeos em íons de fase gasosa (44). No Brasil, estudos proteômicos pioneiros com bovinos Nelore foram conduzidos com foco em avaliação das proteínas expressas no músculo *Longissimus thoracis* (LT) por meio de abordagem *gel-based proteomics* ou eletroforese bidimensional em gel de poliacrilamida (2D-PAGE) combinada com espectrometria de massas (ESI-MS), associando os dados do proteoma do músculo LT com características de qualidade

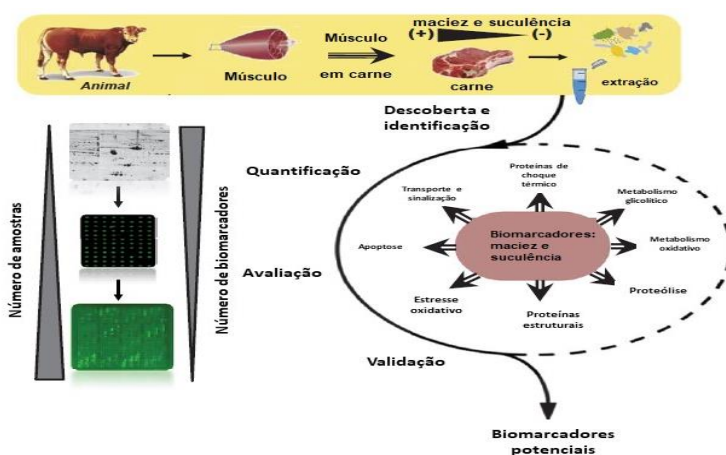


Figura 1. Estratégia de abordagem ômica sobre a qualidade de carne. Adaptada de Picard e Gagaoua 2017 de carne, com ênfase em maciez instrumental – força de cisalhamento (34,35) (47,48). Pesquisadores de outros países também utilizaram abordagens semelhantes (40,49).

A abordagem *shotgun proteomics* é uma poderosa ferramenta analítica para identificação do perfil completo de proteínas de uma amostra. Utilizando bovinos Nelore, pesquisadores investigaram mudanças no proteoma em resposta a variação do pH da carne (alto/ $\geq 6,0$ vs normal/ $< 5,8$) e características de qualidade como maciez e coloração (50). Os autores descreveram quantitativamente diversas proteínas em vias metabólicas da contração muscular que estavam presentes exclusivamente nos grupos pH alto ou normal (proteínas envolvidas no ciclo de Krebs, produção de cortisol, regulação de cálcio e mecanismos antioxidantes)(51).

Estudos evidenciam algumas proteínas como preditoras da qualidade da carne, mas é importante considerar fatores que modificam o proteoma do tecido muscular, especialmente durante a terminação (peso vivo inicial, duração, nível de concentrado nas dietas, consumo, entre outros) e também aqueles associados à carcaça (AOL, EGS e marmoreio).

Um estudo recente demonstrou que a associação de biomarcadores com a maciez da carne depende, por exemplo, da temperatura de cocção final, do país de origem dos consumidores e da raça do animal (52). Neste estudo, foram utilizadas amostras de carne de três raças (Aberdeen Angus, Limousin e Blond d' Aquitaine), cozidas em duas temperaturas (55 e 74 °C), sendo a maciez sensorial avaliada por painel treinado em dois diferentes países (França e Reino Unido). Utilizando análises multivariadas, os autores reportaram que dos 21 potenciais biomarcadores, somente seis proteínas relacionadas à estrutura e contração muscular (MyHC-I, MyHC-IIa, MyHC-IIx), estresse oxidativo (DJ-1, PRDX6) e proteólise (CAPN1) foram mantidos nas mesmas direções, ou seja, independentemente da temperatura de cozimento, origem do país dos participantes ou raça do animal, estas puderam ser considerados como moléculas preditoras da maciez sensorial da carne.

CONCLUSÃO

Os conhecimentos gerados pelos estudos de EA através do CAR possuem um potencial destacado na área de melhoramento genético, sendo cada dia mais pesquisado. O uso potencial das ferramentas ômicas em associação com a qualidade de carne para animais divergentes na EA poder permitir o descobrimento e validação de marcadores moleculares. Associar as características como a maciez da carne com marcadores específicos permite esclarecer possíveis classificações da qualidade do produto no mercado. Mais pesquisas de biologia molecular são necessárias para examinar e determinar uma relação mais consistente dos animais eficientes e a qualidade da carne que permitam encontrar animais de alta qualidade e com melhor custo-benefício.

REFERÊNCIAS

1. Pesquisa da Pecuária Municipal | IBGE 2019 [Internet].. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>
2. ABIEC. Estatísticas de Exportações por Ano. 2022. p. 16 Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Disponível em: <http://www.abiec.org.br/download/estatisticas-mar18.pdf>
3. MAPA, 2018. Projeções do Agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 9a. ed. Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI, Brasília-DF. - Pesquisa Google [Internet]..
4. Koch RM, Swiger LA, Chambers D, Gregory KE. Efficiency of Feed Use in Beef Cattle. *J Anim Sci*. 1º de maio de 1963;22(2):486–94.
5. Li F, Li C, Chen Y, Liu J, Zhang C, Irving B, et al. Host genetics influence the rumen microbiota and heritable rumen microbial features associate with feed efficiency in cattle. *Microbiome*. 13 de junho de 2019;7(1):92.
6. OECD, Food and Agriculture Organization of the United Nations. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032 [Internet]. OECD; 2023. (OECD-FAO Agricultural Outlook). Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2023-2032_08801ab7-en
7. Aboah J, Lees N. Consumers use of quality cues for meat purchase: Research trends and future pathways. *Meat Sci*. 1º de agosto de 2020;166:108142.
8. Sekaran U, Lai L, Ussiri DAN, Kumar S, Clay S. Role of integrated crop-livestock systems in improving agriculture production and addressing food security – A review. *J Agric Food Res*. 1º de setembro de 2021;5:100190.
9. Salnikova E, Grunert KG. The role of consumption orientation in consumer food preferences in emerging markets. *J Bus Res*. 1º de maio de 2020;112:147–59.
10. Tomasevic I, Djekic I, Font-i-Furnols M, Terjung N, Lorenzo JM. Recent advances in meat color research. *Curr Opin Food Sci*. outubro de 2021;41:81–7.
11. Munekata PE, Pateiro M, López-Pedrouso M, Gagaoua M, Lorenzo JM. Foodomics in meat quality. *Curr Opin Food Sci*. 1º de abril de 2021;38:79–85.
12. Sainz RD, Araujo FRC. Tipificação de carcaças de bovinos e suínos. Em: Congresso Brasileiro de Ciencia e Tecnologia de Carne. São Pedro - SP: CBCTC 2001; 2001. p. 22–5.
13. Nguyen DV, Nguyen OC, Malau-Aduli AEO. Main regulatory factors of marbling level in beef cattle. *Vet Anim Sci*. 1º de dezembro de 2021;14:100219.

14. Heritability and genetic correlations of feed intake, body weight gain, residual gain, and residual feed intake of beef cattle as heifers and cows | *Journal of Animal Science* | Oxford Academic [Internet]. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article/98/1/skz394/5696831>
15. Koch RM, Swiger LA, Chambers D, Gregory KE, Chambers D, Swiger LA, et al. Efficiency of Feed Use in Beef Cattle. *J Anim Sci.* 1963;22(2):486–94.
16. Herd RM, Arthur PF. Physiological basis for residual feed intake. *J Anim Sci.* 2009;87(14 Suppl).
17. Nkrumah JD, Basarab J a, Wang Z, Li C, Price M a, Okine EK, et al. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle The online version of this article , along with updated information and services , is located on the World Wide Web at : Genetic an. *J Anim Sci.* 2007;85(10):2711–20.
18. Robinson DL, Café LM, Greenwood PL. Meat Science and muscle Biology Symposium: Developmental programming in cattle: Consequences for growth, efficiency, carcass, muscle, and beef quality characteristics. *J Anim Sci.* 2013;91(3):1428–42.
19. Brethour JR. The relationship of average backfat thickness of feedlot steers to performance and relative efficiency of fat and protein retention. *J Anim Sci.* 2004;82(11).
20. Rouquette FM, Randel RD, Paschal J, Machado TJ, Long CR, Riley DG. Relationships of residual feed intake and residual average daily gain with carcass traits and growth of Brahman steers. *Appl Anim Sci.* 1º de junho de 2023;39(3):178–85.
21. Basarab JA, Price MA, Aalhus JL, Okine EK, Snelling WM, Lyle KL. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Can J Anim Sci.* 2003;83(2):189–204.
22. Bottje WG, Carstens GE. Variation in metabolism: Biological efficiency of energy production and utilization that affects feed efficiency. Em: Hill RA, organizador. *Feed Efficiency in the Beef Industry.* 1st ed. Wiley-Blackwell; 2012.
23. Archer JA, Richardson EC, Herd RM, Arthur PF. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: A review. *Aust J Agric Res.* 1999;50(2).
24. Herd RM, Oddy VH, Richardson EC. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. *Aust J Exp Agric.* 2004;44(4–5):423–30.
25. Robinson DL, Oddy VH. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. *Livest Prod Sci.* 2004;90(2–3).
26. Nascimento ML, Souza ARDL, Chaves AS, Cesar ASM, Tullio RR, Medeiros SR, et al. Feed efficiency indexes and their relationships with carcass, non-carcass and meat quality traits in Nellore steers. *Meat Sci.* 2016;116:78–85.
27. Chaves AS, Nascimento ML, Tullio RR, Rosa AN, Alencar MM, Lanna DP. Relationship of efficiency indices with performance, heart rate, oxygen consumption, blood parameters, and estimated heat production in Nellore steers. *J Anim Sci.* 2015;93(10):5036–46.
28. Chardulo LAL, Silveira AC, Vianello F. Analytical aspects for tropical meat quality assessment. Em: Lima GPP, Vianello F, organizadores. *Food Quality, Safety and Technology.* Springer-Verlag Wien; 2013. p. 53–62.
29. Ding Z, Wei Q, Liu C, Zhang H, Huang F. The Quality Changes and Proteomic Analysis of Cattle Muscle Postmortem during Rigor Mortis. *Foods.* janeiro de 2022;11(2):217.

30. Baldassini WA, Chardulo LALL, Silva JAV V, Malheiros JM, Dias VADD, Espigolan R, et al. Meat quality traits of Nellore bulls according to different degrees of backfat thickness: A multivariate approach. *Anim Prod Sci.* 2017;57(2):363–70.
31. Teixeira ODS, Machado DS, Pereira LB, Reis NP, Domingues CC, Klein JL, et al. Main altered characteristics in the meat of young cattle of different sexual conditions supplemented in tropical pasture. *An Acad Bras Ciênc.* 1º de agosto de 2022;94:e20210302.
32. Hocquette JF, Ellies-Oury MP, Legrand I, Pethick D, Gardner G, Wierzbicki J, et al. Research in Beef Tenderness and Palatability in the Era of Big Data. *Meat Muscle Biol.* 2020;4(2).
33. The Latin American Livestock Industry: Growth and Challenges [Internet]. [citado 10 de outubro de 2023]. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/302483/>
34. Watson R, Polkinghorne R, Thompson JM. Development of the Meat Standards Australia (MSA) prediction model for beef palatability. *Aust J Exp Agric.* 2008;48(11):1368–79.
35. Thompson J. Managing meat tenderness. *Meat Sci.* 2002;62(3):295–308.
36. Fernandes TT. Modelos multiway PARAFAC e Tucker3 na interação tripla de fatores relacionados a características de carcaça e qualidade de carne bovina. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - University of São Paulo; 2019.
37. Hartmann JF. Influência de características de carcaça em atributos sensoriais da carne bovina brasileira. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - University of São Paulo; 2019.
38. Silva AC da. Percepção dos consumidores brasileiros nos atributos sensoriais da carne bovina submetida a maturação. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - University of São Paulo; 2019.
39. Castro Bulle FCP, Paulino PV, Sanches AC, Sainz RD. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes 1,2. *J Anim Sci.* 1º de abril de 2007;85(4):928–36.
40. Chang X, Xu Y, Cheng L, Yi K, Gu X, Luo Z, et al. Quantitative proteomic analysis of cattle-yak and yak longissimus thoracis provides insights into the differential mechanisms of meat quality. *Food Res Int.* 1º de novembro de 2023;173:113253.
41. Gagaoua M, Bonnet M, Picard B. Protein Array-Based Approach to Evaluate Biomarkers of Beef Tenderness and Marbling in Cows : Understanding of the Underlying Mechanisms and Prediction. 2020;9(9):1180.
42. Gagaoua M, Zhu Y. Chapter 6 - Proteomics advances in beef production. Em: Pedrouso ML, Ruiz DF, Lorenzo JM, organizadores. *Food Proteomics* [Internet]. Academic Press; 2022 [citado 10 de outubro de 2023]. p. 151–82. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323908894000087>
43. Halder A, Verma A, Biswas D, Srivastava S. Recent advances in mass-spectrometry based proteomics software, tools and databases. *Drug Discov Today Technol.* 1º de dezembro de 2021;39:69–79.
44. Bahr U, Stahl-Zeng J, Gleitsmann E, Karas M. Delayed extraction time-of-flight MALDI mass spectrometry of proteins above 25000 Da. *J Mass Spectrom.* 1997;32(10):1111–6.
45. Carvalho ME, Gasparin G, Poleti MD, Rosa AF, Balieiro JCC, Labate CA, et al. Heat shock and structural proteins associated with meat tenderness in Nellore beef cattle, a *Bos indicus* breed. *Meat Sci.* 1º de março de 2014;96(3):1318–24.

46. Baldassini WA, Braga CP, Chardulo LAL, Silva JAIV, Malheiros JM, de Albuquerque LG, et al. Bioanalytical methods for the metalloproteomics study of bovine longissimus thoracis muscle tissue with different grades of meat tenderness in the Nellore breed (*Bos indicus*). *Food Chem.* 15 de fevereiro de 2015;169:65–72.
47. Carvalho ME, Gasparin G, Poleti MD, Rosa AF, Balieiro JCC, Labate CA, et al. Heat shock and structural proteins associated with meat tenderness in Nellore beef cattle, a *Bos indicus* breed. *Meat Sci.* 2014;
48. Silva LHP, Rodrigues RTS, Assis DEF, Benedeti PDB, Duarte MS, Chizzotti ML. Explaining meat quality of bulls and steers by differential proteome and phosphoproteome analysis of skeletal muscle. *J Proteomics.* 2019;199(February):51–66.
49. Baldassini WA, Ferreira MS, Santiago BM, Chardulo LAL, Curi RA, Lanna DPD, et al. Intake, performance, meat quality and fatty acid profile of Nellore bulls finished in feedlot with diets containing dry corn gluten feed. *Livest Sci.* 1º de novembro de 2021;253:104715.
50. Poleti MD, Moncau CT, Silva-Vignato B, Rosa AF, Lobo AR, Cataldi TR, et al. Label-free quantitative proteomic analysis reveals muscle contraction and metabolism proteins linked to ultimate pH in bovine skeletal muscle. *Meat Sci.* 1º de novembro de 2018;145:209–19.
51. Huang C, Hou C, Ijaz M, Yan T, Li X, Li Y, et al. Proteomics discovery of protein biomarkers linked to meat quality traits in post-mortem muscles: Current trends and future prospects: A review. *Trends Food Sci Technol.* 1º de novembro de 2020;105:416–32.
52. Gagaoua M, Terlouw C, Richardson I, Hocquette JF, Picard B. The associations between proteomic biomarkers and beef tenderness depend on the end-point cooking temperature, the country origin of the panelists and breed. *Meat Sci.* novembro de 2019;157:107871.

Capítulo 53

DOI: 10.53934/IIICBPAV-53

DESEMPENHO DE NOVILHOS NÃO CASTRADOS E VALOR NUTRITIVO DE CAPIM CONVERT MANEJADOS EM INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA

Giovanna Pimentel Lima Peloi *; Ulysses Cecato ; Thiago Trento Biserra 
; Marcus Vinicius de Freitas Santos ; Camila Fernandes Domingues Duarte 
Carla Heloisa Avelino Cabral ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

*gi.peloi97@gmail.com:

RESUMO

O estudo foi conduzido para avaliar a produção animal de novilhos Nelore não castrado e castrados e o valor nutritivo de amostras de pastos e do pastejo simulando do capim Convert (*Urochloa* híbrida cv. Convert™ HD364) manejados a 15, 25, 35 e 45 cm de altura, sob lotação contínua nas estações do ano. O delineamento experimental foi de blocos completos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. A área experimental possuía 16 hectares, divididos em 16 piquetes de 1 hectare. O método de pastejo utilizado foi de lotação contínua com carga variável. Cada piquete foi pastejado por três novilhos e por animais reguladores, utilizados para ajustar as alturas de pastejo. A cada 28 dias foram coletadas amostras de pasto e realizada a pesagem dos animais. Nas menores alturas foram constatadas as maiores concentrações de proteína bruta e menores de fibra em detergente neutro e em detergente ácido. Nas estações de primavera e verão, em geral, foram encontrados os melhores valores de proteína bruta, fibra em detergente neutro, em detergente ácido e da digestibilidade in vitro da matéria seca das amostras de lâminas foliares e pastejo simulado e, maior ganho médio diário e ganho por área. O ganho médio diário dos novilhos não castrados e castrados foram semelhantes entre as diferentes alturas de pastejo. A taxa de lotação dos novilhos não castrados e castrados, em geral, foi maior nos pastos manejados mais baixos, o que resultou em maior ganho por área. Alturas de capim Convert entre 25 e 30 cm, sob lotação contínua, possibilitam bom desempenho animal e valor nutritivo.

Palavras-chave: bovino de corte, manejo de pastagem, *Urochloa* híbrida

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the livestock production of non-castrated and castrated Nelore steers, as well as the nutritive value of pasture samples and simulated grazing of Convert grass (*Urochloa* hybrid cv. Convert™ HD364) managed at heights of 15, 25, 35, and 45 cm, under continuous stocking throughout the seasons. The experimental design was a randomized complete block design with split plots and four replications. The experimental area covered 16 hectares, divided into 16 one-hectare paddocks. The grazing method used was continuous stocking with variable stocking rates. Each paddock was grazed by three steers and regulating animals were used to adjust the grazing heights. Pasture samples were collected, and animal weights were recorded every 28 days. Lower grazing heights were associated with higher concentrations of crude

protein and lower levels of neutral detergent fiber and acid detergent fiber. In general, the spring and summer seasons exhibited the best values for crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, and in vitro dry matter digestibility of leaf blade and simulated grazing samples, as well as higher average daily gains and gains per unit area. The average daily gains of non-castrated and castrated steers were similar at different grazing heights. The stocking rate of non-castrated and castrated steers was generally higher in pastures managed at lower heights, resulting in increased gains per unit area. Grazing Convert grass at heights between 25 and 30 cm under continuous stocking allowed for good animal performance and nutritional value.

Key Word: Beef cattle; Beef cattle; *Urochloa hybrid*

INTRODUÇÃO

A supremacia de *Urochloa* spp. teve início na década de 1960 e perdura até os dias atuais, tornando-se o gênero forrageiro de maior importância na pecuária nacional, principalmente nas regiões tropicais. O Brasil possui aproximadamente 110 milhões de hectares de terras cultivadas (1), e destes, cerca de 85% são ocupados pelo gênero *Urochloa* (2). Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores de carne bovina criada a pasto. No entanto, é necessário aumentar a competitividade e a produtividade. Assim, o desenvolvimento de novas tecnologias, principalmente a seleção de novas cultivares de *Urochloa*, é crucial para a pecuária de corte brasileira.

Nesse sentido, o CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) introduziu um híbrido de *Urochloa* conhecido como capim Mulato II ou Convert™ HD364 (*Urochloa* híbrido CIAT 36087), visando aumento de produtividade e tolerância à seca (3). Este híbrido foi desenvolvido através do cruzamento entre *Urochloa ruzizienses* (tetraplóide sexual) e *Urochloa decumbens* cv. Basilisk (tetraplóide apomítico), resultando em um híbrido de segunda geração que foi selecionado e posteriormente polinizado cruzadamente. As plantas parentais desses híbridos foram cuidadosamente escolhidas, levando à criação do capim Convert (4). Os autores observaram que o uso de marcadores moleculares revelou a presença de alelos de *Urochloa ruzizienses*, *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa brizantha*, principalmente a cultivar Marandu, na progênie deste híbrido.

A cultivar Convert é apomítica e apresenta crescimento robusto. A altura da planta, excluindo a inflorescência, varia de 90 a 100 cm, e a arquitetura da planta é caracterizada por 9 a 10 folhas por perfilho, dispostas horizontalmente, formando uma copa densa e frondosa (5). Na região norte da Flórida, esses autores observaram ganho médio diário de 0,78 kg, taxa de lotação média de 4,2 UA ha⁻¹ (UA = 450 kg novilhas), teor de proteína bruta de 131 g kg⁻¹ e produção orgânica in vitro de digestibilidade da matéria de 669 g kg⁻¹ no manejo do capim Convert na altura de 30 cm. No entanto, a pesquisa sobre este híbrido permanece limitada, necessitando de mais informações sobre processos de crescimento, manejo, consumo e desempenho animal. Portanto, o desenvolvimento de estratégias adequadas de manejo do pastoreio para esta nova forrageira é fundamental para a produtividade animal (3).

O estabelecimento de metas de pastejo, especialmente a altura de pastejo, torna-se essencial para maximizar o consumo e a produção de forragem. Portanto, compreender o comportamento das plantas forrageiras em condições de pastejo é crucial para orientar a tomada de decisões, especialmente no atual cenário de produção de carne bovina. Esses insights servem como pré-requisitos fundamentais para aumentar a eficiência da produtividade e a produção animal baseada em pastagens. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o valor nutritivo e o desempenho de bovinos Nelore não castrados e castrados em pastagens de capim Convert manejadas em diversas intensidades de pastejo e sob lotação contínua.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agrozootécnica Hildegard Georgina Von Pritzelwiltz (latitude 23°34'25" sul e longitude 50°58'17" oeste), pertencente à Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (ESALQ-USP), no município de Londrina, Paraná, sul do Brasil.

A área onde o experimento foi implantado é caracterizada por um terreno altamente ondulado, com declives superiores a 18% e, em algumas áreas, chegando a 30%. Este trecho elevado da quinta estende-se desde a parte central até ao limite sudoeste da propriedade, apresentando uma paisagem suavemente ondulada e adequada à agricultura, com algumas áreas de ondulação mais pronunciada que não prejudicam a produção pecuária. O solo da área é Latossolo Vermelho Distrófico, com textura altamente argilosa e teor de argila variando de 67% a 79% (6).

A área com o capim *Panicum maximum* Jacq. cv. Colômbio era utilizada para a produção de gado de corte a pasto. Antes da implantação do experimento, nos últimos 10 anos, o pasto era manejado com matrizes em lotação rotacionada (2004 a 2014). Nesta área, no final de 2014, foi estabelecido o capim Convert (*Urochloa* spp. cv. Convert™ HD364) e manejado com matrizes em pastejo com lotação rotacionada por três meses até iniciar o experimento. Este foi implantado, em uma área de 16 hectares (ha) a qual foi dividida em quatro blocos e esses, subdivididos em quatro piquetes, perfazendo um total de 16 piquetes de um hectare. Na época de implantação, foi realizada uma amostragem do solo, à profundidade de coleta de 0 a 20 cm, para correção e adubação inicial do pasto e outra amostragem do solo foi feita, em cada piquete, em junho de 2016 (Tabela 1).

Tabela 11. Resultado da análise do solo da área experimental, nos anos de 2014 e a média

	Ano de Análise	pH	M.O	P	K+	H+AL3+	Ca2+	Mg2+	V%
		CaCl ²	%	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	Cmol _c dm ⁻³	Cmol _c dm ⁻³	Cmol _c dm ⁻³	%
Tratamento	2014	5.30	3.30	4.83	194.10	3.60	6.99	1.94	74.10
15	2016	5.03	5.38	3.00	322.58	3.25	5.60	2.03	72.15
25	2016	5.08	4.65	5.75	200.39	3.05	5.03	1.98	70.86
35	2016	5.03	5.60	3.67	143.37	3.13	5.50	2.10	72.43
45	2016	4.97	5.77	5.67	177.25	3.30	6.60	2.33	73.96

pH = acidez; MO = matéria orgânica; P = fósforo Mehlich; K+ = potássio; Al3+ = Alumínio; H+ ; Hidrogênio; Ca2+ = cálcio; Mg2+ = magnésio; V% = saturação por bases

E janeiro os pastos foram adubados com 280 kg ha⁻¹ com um formulado 02-18-0 (2% N; 18% P²O⁵). Em abril, foram aplicados 145 kg ha⁻¹ de formulado 25-0-25 e em novembro foram distribuídos 312 kg ha⁻¹ do formulado 16-16-16. No mês de fevereiro adubou-se a área experimental com 200 kg ha⁻¹ do formulado 25-0-25. No início usou-se 141.77 kg de N ha⁻¹, 100.32 kg de P²O⁵ ha⁻¹ e 136.17 de K²O. Em setembro adubou-se com 65 kg ha⁻¹ de ureia (45% N), 153 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18% P²O⁵), 290 kg ha⁻¹ do formulado 12-15-15 e 150 kg ha⁻¹ do formulado 20-5-20, as adubações foram realizadas a lanço, coincidindo com o momento de chuvas e com o auxílio de uma adubadeira acoplada a trator.

Durante o período experimental, foi utilizado um lote de novilhos da raça Nelore (não castrados= 32; castrados= 32) foram manejados nos pastos, com animais não castrados, com 15 ±3 meses os quais entraram nos pastos em 17 de maio de 2015 e saíram da área em 10 de junho de 2016, ao atingir o peso de abate. Estes animais foram castrados aos 17 meses de idade pelo método cirúrgico padrão, utilizando um instrumento bisturi conforme descrito por Henricks (7). O peso corporal correspondeu a média inicial de 234 ±3.75 kg de entrada e final de 473 ±8.84 kg.

Os novilhos foram identificados com brincos plásticos, numerados, everminados e distribuídos nas unidades experimentais de forma que as médias de peso dos três animais, em cada piquete, foram similares. Estes, durante o período experimental receberam água e sal mineral à vontade.

Para o manejo do pasto utilizou-se o método de pastejo com lotação contínua e com carga variável. Para a manutenção das alturas pretendidas de 15, 25, 35 e 45 cm, foram utilizados três animais testadores, por unidade experimental e animais reguladores que foram colocados e/ou retirados dos piquetes conforme a necessidade de ajuste da altura de pasto, seguindo-se o método “put and take” (8). O monitoramento da altura dos pastos foi realizado semanalmente, com régua de 1.0 m, graduada em centímetros, medindo-se 75 pontos aleatórios por piquete. O valor medido correspondeu à altura média da curvatura das folhas superiores em torno da régua (9).

A massa de forragem dos pastos foi estimada a cada 28 dias, dentro de cada estação, cortando-se seis amostras de 0.5 x 0.5 (0.25 cm²) por piquete, rente ao solo, ao acaso. Dessas, foram feitas duas subamostras: uma foi secada em estufa a 55°C (ventilação forçada) por 72 horas e pesada para estimativa da massa de forragem total (MFT), e a outra amostra foi manualmente separada em lâmina foliar, colmo (colmo+bainha) e material morto, e colocadas para secar em estufa. Posteriormente, as amostras de lâminas foliares foram pesadas, e os valores obtidos, convertidos em kg ha⁻¹ de massa seca. Após este material, massa de folhas, foi moída em um moinho Wiley (Modelo 4, Thomas –Wiley) para passar numa peneira de aço inoxidável com crivo de 1.0 mm para posteriores análises. A cada 28 dias, dentro das estações, foram coletadas, manualmente material simulando-se o pastejo dos animais para comporem duas amostras, por piquete, para análises. Estas foram secadas e após, foram moídas e estimado valor nutritivo das amostras do “hand placked”. A coleta foi realizada por dois amostradores. O objetivo desta técnica de amostragem foi representar a dieta consumida pelo animal em pastejo e sua relação com as amostras de lâminas foliares.

Das frações lâminas foliares e do material do pastejo simulado foram estimados os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), em detergente ácido (FDA) e da digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) utilizando-se o Sistema de Espectrofotometria de Reflectância no Infravermelho Proximal (NIRS), de acordo com procedimentos de Marten et al. (1985). Para isso, no Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal, pertencente ao Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Estadual de Maringá, analisou-se 160 amostras dos parâmetros acima descritos (10) e, posteriormente no NIRS, por meio da leitura das amostras, foi traçada a curva de calibração para esta gramínea e analisada as demais amostras do experimento. O acúmulo de forragem foi estimado utilizando-se três gaiolas de exclusão de 1 m², por piquete.

A cada 28 dias, as gaiolas foram posicionadas em pontos representativos da altura média do pasto, com massa de forragem e composição morfológica semelhantes às áreas sob pastejo. As massas de forragem, dentro e fora da gaiola, foram obtidas por corte rente ao solo. Após a amostragem, as gaiolas foram realocadas nas unidades experimentais e fixadas em novos pontos representativos da condição (altura média) das mesmas no momento do rodízio. O acúmulo de forragem 21 foi obtido pela diferença entre as massas de forragem observadas dentro e fora da gaiola.

Para a estimativa da taxa de acúmulo de forragem (kg de MS ha⁻¹ dia⁻¹), dividiu-se o acúmulo pelo número de dias de rodízio das gaiolas, ou seja, 28 dias. A oferta de massa de forragem total (kg de massa seca por 100 kg de peso vivo) foi calculada utilizando a soma da massa de forragem disponível no piquete e o acúmulo de forragem durante o período de avaliação, dividindo pelo total de peso vivo dos animais mantidos no piquete no mesmo período (11).

O desempenho animal foi avaliado por meio da pesagem, no início, durante o experimento a cada 28 dias, e ao final do período experimental. Os animais testadores e reguladores foram pesados após jejum alimentar e água de, aproximadamente, 14 horas. Os animais receberam água e mistura mineral completa à vontade e, o manejo sanitário dos animais foi realizado conforme uso da Fazenda.

O ganho médio diário (GMD) foi calculado pela diferença de peso dos animais testadores na pesagem inicial e da final e, dividida pelo número de dias entre pesagens. A taxa de lotação (TL UA ha⁻¹) foi calculada com o produto do peso médio dos animais, testadores e reguladores, multiplicado pelo número de dias que os mesmos permaneceram nas pastagens, dividido pelo número de dias do período, estimado por meio do quociente do ganho de peso vivo ha⁻¹, pela unidade animal (450 kg de PV = 1 UA) de acordo com Petersen e Lucas Junior (12). O ganho de peso animal por área (GPV ha⁻¹) foi obtido do produto do ganho médio diário dos animais testadores e o número de animais ha⁻¹ dia⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, em parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. As parcelas principais foram constituídas das alturas de pastejo e as subparcelas as estações do ano. Todas as variáveis em estudo foram testadas quando à normalidade e mostraram distribuição normal. A escolha da matriz de covariância foi feita utilizando o Critério de Informações de Akaike.

A análise estatística dos dados foi realizada com o procedimento Proc Mixed do pacote estatístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, EUA). Os dados foram agrupados em

estação do ano dentro de cada período e analisados separadamente. Utilizou-se o teste F e, em seguida, no caso de significância da interação alturas de pastejo e as estações do ano ($P < 0.05$), procedeu-se à análise de regressão. Quando o efeito da interação não foi significativo ($P < 0.05$) pelo teste F, para as alturas de pastejo adotou-se a análise de regressão; e as médias das estações do ano estimadas, utilizando-se o “LSMEANS”, e a comparação entre elas realizada por meio da probabilidade da diferença (PDIFF), usando o teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alturas mantiveram próximas das pretendidas, ao longo das estações, exceto no tratamento de 15 e 45 cm, em que, as médias verificadas foram de 17 e 42 cm de altura (Figura 1). As pequenas variações ocorridas nas alturas pretendidas são devidas as características dos tratamentos/plantas, ao comportamento animal e a variabilidade durante pastejo. Cabe destacar, que o capim Convert é resultado de cruzamento com *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster (13), que tem forma de crescimento decumbente em comparação ao desenvolvimento cespitoso de outras cultivares do gênero *Urochloa* (14), e provavelmente pode ter contribuído para a dificuldade de atingir as maiores alturas pretendidas.

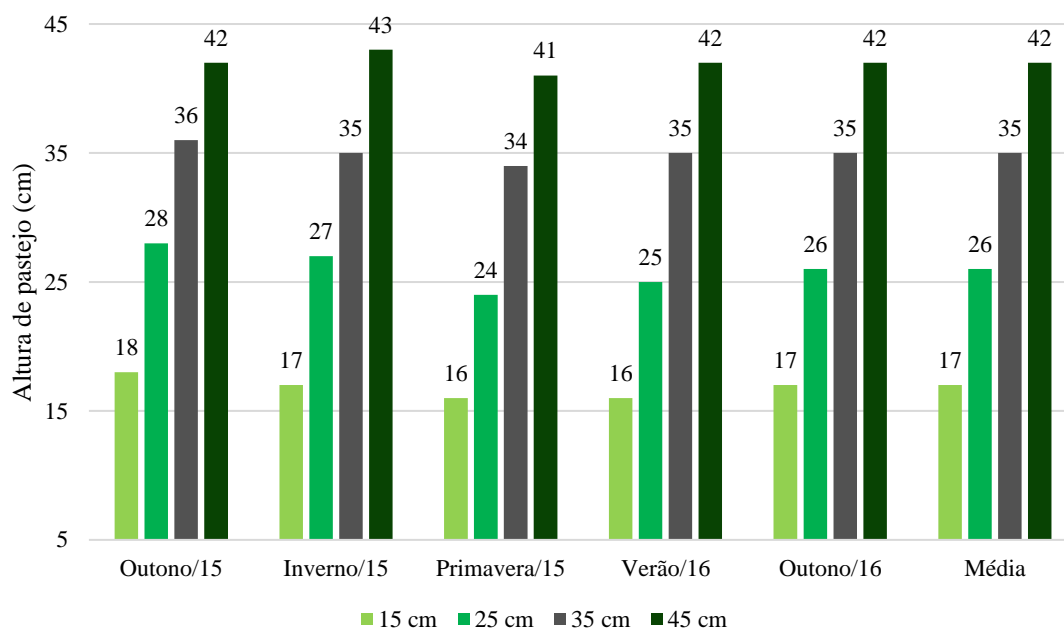


Figura 15 Alturas médias reais do capim Convert™ HD364 mantido em quatro alturas de pastejo pretendida (15, 25, 35, e 45).

Tabela 12. Acúmulo de forragem (AF), massa de forragem total (MFT) e massa de lâmina foliar (MLF) do capim Convert manejados em diferentes alturas de pastejo e estação do ano, sob lotação contínua.

Variáveis	Altura de pastejo (cm)
-----------	------------------------

	17	26	35	42
AF (kg MS ha ⁻¹ dia)	82	89	98	93
MFT (kg MS ha ⁻¹)	662.12	660.71	661.84	653.53
MLF (kg MS ha ⁻¹)	547.47	553.11	553.05	560.60

Variáveis	Estações do ano				
	Outono/15	Inverno	Primavera	Verão	Outono/16
AF (kg MS ha ⁻¹ dia)	82	55	96	105	91
MFT (kg MS ha ⁻¹)	6738	6514	6891	6721	7026
MLF (kg MS ha ⁻¹)	1432	1345	2166	2480	2038

Embora os componentes dos pastos (AF, MFT, MLF e, especialmente OMS) apresentaram-se diferentes (Tabelas 2 e 3), o GMD não diferiu em função das alturas de pastejo. Era esperado que pastos mais altos resultassem em melhor desempenho individual, por apresentarem maior disponibilidade de massa seca, maior profundidade de pastejo e consumo de forragem (11). Certamente o melhor valor nutritivo constatado nos pastos mais baixos, compensou o menor consumo de massa seca pelos novilhos. Isto também pela necessidade da maior competição entre os animais na busca do alimento capim, maior necessidade de caminhar no pasto na busca pela forragem (15). É possível que o menor valor nutritivo, especialmente o maior FDN e FDA nos pastos mais altos, tenha limitado o GMD dos animais. Ressalta-se que os valores de GMD registrados nos pastos de capim Convert (capim ConvertTM HD364) estão dentro da amplitude de variação encontrada por Andrade (16), de 0.190, 0.510, 0.750 e 0.930 kg animal⁻¹ dia⁻¹, respectivamente, em pastos de capim Marandu manejados a 10, 20, 30 e 40 cm de altura de pastejo. Carloto et al. (11) também não encontraram diferença no GMD de novilhos nelore em função das alturas de pastejo em pastos de capim Xaraés.

No entanto, independentemente da altura de pastejo utilizada, a massa de forragem foi sempre superior a 2.000 kg ha⁻¹ (Tabela 2). Esse valor foi estipulado por Minson (17), como sendo considerado limite mínimo de forragem disponível em pastos de gramíneas tropicais para não restringir o consumo de forragem pelos animais.

Observou-se efeito de interação ($P = 0.034$) entre altura de pastejo e a estação do ano para oferta de massa seca (OMS) nos pastos de capim Convert. Houve efeito linear positivo na OMS nas estações de outono/15, inverno/15, primavera/15, verão/16 e outono/16 com o aumento da altura de pastejo. Pastos manejados a 42 cm de altura proporcionaram maiores OMS e, essa decresceu com a diminuição da altura de pastejo. De maneira geral, pastos manejados a 42 cm de altura apresentaram aumento médio acima de 100% na OMS em comparação aos de 17 cm de altura (Tabela 3).

Tabela 13. Oferta de massa seca (OMS = kg de forragem por 100 kg de PV) em pastos de capim Convert submetidos em diferentes alturas de pastejo, de acordo com as estações do ano.

Estação	Altura de pastejo (cm)				EPM ¹	Efeito da altura (Valor - p)	
	17	26	35	42		Linear	Quadrático
Outono/15	21.04	23.60	25.62	32.98	2.116	0.0002	0.258

Inverno/15	12.43	17.14	17.34	30.62	2.116	0.0001	0.085
Primavera/15	13.28	17.61	23.75	25.81	2.116	0.0001	0.046
Verão/16	8.28	12.65	15.17	21.11	2.116	0.0001	0.590
Outono/16	17.70	25.54	37.93	38.42	2.116	0.0001	0.709

¹Erro padrão da média

Para as concentrações de PB do pastejo simulado foi constatado comportamento linear decrescente com aumento da altura de pastejo, tendo os pastos manejados mais baixos apresentados maiores valores. Com isso, verificou-se que pastos manejados a 17 cm de altura apresentaram incremento médio de 9.15% na PB do pastejo simulado quando comparado com a altura de manejo de 42 cm (Tabela 4). Para FDN e FDA do pastejo simulado dos pastos de capim Convert, ambas apresentaram comportamento linear positivo à medida que aumentou a altura de pastejo. Foram observadas menores concentrações de FDN e FDA do pastejo simulado para os pastos manejados a 17 cm de altura, e aumentou com a altura de pastejo. Foram constatados aumentos na ordem de 2.40% e 3.00% nos pastos manejados aos 42 cm de altura em relação à altura de 17 cm, para FDN e FDA do pastejo simulado, respectivamente (Tabela 4).

Na PB do pastejo simulado, foram observadas maiores concentrações nas estações de outono/15 e primavera/15 em comparação as outras estações, com valores de 133.37 e 130.77 g kg⁻¹, respectivamente. A maior DIVMS do pastejo simulado foi constatada na primavera/15 e menor no outono/15 com valores de 704.59 e 638.95 g kg⁻¹, respectivamente. As maiores concentrações de FDN e FDA do pastejo simulado foram registrados no verão/16, seguido do outono/16, e menor no outono/15, inverno/15 e primavera/15 (Tabela 4).

As maiores concentrações de DIVMS de amostras de lâminas foliares e pastejo simulado, em geral, foram constatadas nas estações de primavera e verão, exceto para DIVMS das lâminas foliares, que foi maior no outono/15, provavelmente em função da adubação realizada em abril de 2015, associada à baixa taxa de lotação (Tabela 4). Gerdes et al. (18) também relataram maiores concentrações de DIVMS no outono, comparativamente as outras estações. Esses autores atribuíram tal efeito à adubação nitrogenada que ocorreu no início do período de outono, resultando em maiores proporções de lâminas foliares no perfil do pasto.

Tabela 14. Concentrações de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) de

amostras do pastejo simulado de capim Convert, submetidos em diferentes alturas de pastejo e estação do ano, sob lotação contínua.

Variáveis	Altura de pastejo (cm)				EPM ²	Efeito da altura (Valor -p)	
	17	26	35	42		Linear	Quadrático
PB (g kg ⁻¹)	125.74	121.44	199.67	115.20	2.416	0.043	0.980
DIVMS (g kg ⁻¹)	662.12	660.71	661.84	653.53	4.852	0.194	0.401
FDN (g kg ⁻¹)	547.47	553.11	553.05	560.60	0.0042	0.042	0.826
FDA (g kg ⁻¹)	264.92	268.64	268.94	272.85	1.777	0.020	0.965

Variáveis	Estações do ano					EPM ²
	Outono/1 5	Inverno /15	Primaver a/15	Verão/1 6	Outono/1 6	
PB (g kg ⁻¹)	133.37a ¹	116.99b	130.77a	106.82b	114.60b	2.709
DIVMS (g kg ⁻¹)	638.95c	658.82b	704.59a	644.71b	650.67bc	5.243
FDN (g kg ⁻¹)	540.10c	549.76c	539.43c	576.01a	562.48b	3.314
FDA (g kg ⁻¹)	263.11c	263.85c	264.07c	281.35a	271.76b	1.947

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na linha, não diferem (P<0.05) pelo teste de Tukey

²Erro padrão da média.

Na primavera e verão em virtude das boas condições de temperatura e precipitação, junto com a adubação nitrogenada certamente contribuiu para rápida rebrota dos perfilhos e folhas novas ocorridas após a época de seca, quando os perfilhos e folhas senescentes foram substituídos por novas folhas, de maior digestibilidade e maior concentração de proteína bruta. Como, geralmente, existe uma relação entre as concentrações de PB e DIVMS e os constituintes da parede celular, eram esperadas menores concentrações de FDN e FDA na primavera e verão.

Não foi observada interação entre altura de pastejo e a estação do ano para ganho médio diário (GMD; P = 0.584), taxa de lotação (TL; P = 0.157) e ganho de peso vivo (GPV; P = 0.835) dos novilhos. Entretanto, houve efeito isolado da estação do ano para GMD, TL e GPV (P = 0.0001) e para altura de pastejo na TL (P = 0.002) e GPV (P = 0.027) dos novilhos não castrados. Na TL (UA ha⁻¹) dos novilhos não castrados, constatou-se efeito linear decrescente com a altura de pastejo. Pastos manejados a 17 cm apresentaram maior TL, a qual decresceu com aumento da altura de pastejo, observando-se que os pastos manejados a 17 cm de altura apresentaram aumento de 20.83% na TL em comparação à altura de 42 cm (Tabela 5).

Tabela 15. Ganho médio diário (GMD) e ganho de peso vivo (GPV) dos animais castrados em pastos de capim Convert submetidos em diferentes alturas de pastejo e estação do ano, sob lotação contínua.

Variáveis	Altura de pastejo (cm)				EPM ²	Efeito da altura (Valor -p)	
	17	26	35	42		Linear	Quadrático
GMD (kg animal ⁻¹ dia)	0.576	0.62	0.620	0.646	0.036	0.386	0.695

TL (UA ha ⁻¹)	2.9	2.8	2.8	2.4	0.098	0.022	0.314
GPV (kg PV ha dia)	2.14	2.30	2.25	1.89	0.095	0.068	0.011

Variáveis	Estações do ano					EPM ²
	Outono/15	Inverno/15	Primavera/15	Verão/16	Outono/16	
PB (g kg ⁻¹)	0.676b ¹	0.391c	0.875a	0.764ab	0.381c	0.039
DIVMS (g kg ⁻¹)	2.1c	2.1c	2.8b	2.7b	3.8a	0.107
FDN (g kg ⁻¹)	135.86c	139.42c	241.95b	289.30a	158.69b	9.550

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem (p>0.05) pelo teste Tukey.

²Erro padrão da média.

Os pastos manejados nas menores alturas de pastejo, em geral, apresentaram maior concentração de PB de lâmina foliares e pastejo simulado. É possível que a maior concentração de proteína dos pastos mantidos mais baixos tenha ocorrido pela maior proporção de lâminas foliares jovens, em função de serem desfolhadas com maior frequência que pastos manejados mais altos, obrigando a planta forrageira a recompor sua área foliar mais rapidamente, oferecendo assim, tecidos mais jovens aos animais em pastejo, e estes com maior concentração de proteína. Além disso, as menores alturas de pastejo proporcionam maior renovação de tecidos nos pastos, resultado das elevadas taxas de morte e aparecimento de perfilhos ocorrido sob lotação contínua e carga variável (19).

Em estudo relacionado, Carloto et al. (11) constataram redução da concentração de proteína bruta, com aumento da altura de pastejo do capim Xaraés, e atribuíram tal efeito ao elevado fluxo de compostos nitrogenados nas folhas mais jovens, decorrente da intensa desfolha em pastos de menor altura de pastejo e do envelhecimento das lâminas foliares naqueles de maior altura. A frequência de desfolha é determinada pela taxa de lotação (20), a qual foi mais intensa nos pastos mais baixos (Tabela 5). Além disso, nas plantas mantidas mais altas, podem apresentar folhas maiores, e pode ter gerado efeito de diluição do nitrogênio absorvido pela planta em quantidades maiores de tecido (21).

O ganho de peso vivo (GPV kg PV ha⁻¹ dia) dos novilhos não castrados se ajustou ao modelo de regressão quadrática à medida que aumentou a altura de pastejo. O máximo GPV foi obtido na altura média de 27 cm, com ganhos de 2.30 kg PV ha⁻¹ dia, sendo que, a partir dessa altura, houve redução (Tabela 5). Os maiores GMD ocorreram na estação da primavera/15, seguido de outono/15 e verão/16, e os menores, no inverno/15 e outono/16. A TL variou de 2.1 e 3.9 UA ha⁻¹, sendo os valores registrados no outono/16 maiores daqueles das outras quatro estações do ano, seguido primavera/15 e verão/16 e menor na estação de outono/15 e inverno/15. O GPV foi maior na estação do verão/16, superando as demais estações (Tabela 5).

Constatou-se que nas alturas mais baixas, ocorreu maior taxa de lotação, o que era esperado, uma vez que para manter essas alturas, maior número de animais foi alocado nos piquetes, para a manutenção dos pastos mais baixos, sendo a taxa de lotação nas diferentes alturas utilizadas, reflexo direto número de animais e de seus pesos utilizados para manter as alturas de pastejo pretendidas. Por outro lado, pastos manejados mais altos a TL utilizada para manter a meta de altura pretendida foi baixa, resultando na baixa utilização da forragem produzida e, conseqüentemente, no menor ganho por área (Tabela 5). Além disso, pastos manejados mais baixos apresentaram menores OMS (Tabela 3),

que aumento com a altura de pastejo. Isso se deve em função da maior TL nos pastos mais baixo (Tabela 5) para manter as alturas pré-estabelecidas.

CONCLUSÕES

O capim Convert deve ser manejado entre 25 a 30 cm de altura de pastejo em lotação contínua, o que permite desempenhos maiores, tanto individuais quanto por área, em novilhos Nelore não castrados e castrados. Os pastos de capim Convert na primavera e verão proporcionam melhor desempenho animal e valor nutritivo, em função das melhores condições climáticas, associadas às adubações, especialmente a nitrogenada.

AGRADECIMENTOS

A gradecemos ao CNPq pela concessão da bolsa e Dow Agrosiences, pelo apoio com recursos financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2018) 'Estatística do censo agropecuário.' (Brasília, Brazil).
2. Fonseca DM, Martuscello JA, Faria DJG (2006) Adubação em gramíneas do gênero *Brachiaria*: mitos e realidades In: 'Simpósio sobre manejo estratégico das pastagens.' pp. 153-182. (Viçosa, Brazil).
3. Argel PJ, Miles JW, Guirot JD, Cuadrado H, Lascano CE (2007) 'Cultivar Mulato II (*Brachiaria* híbrida CIAT 36087) gramínea de alta qualidade e produção forrageira, resistente a cigarrinhas e adaptada a solos tropicais ácidos.' (Cali: CO. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)).
4. Bonfim-Silva EM, Silva MC, Schlichting AF, Porto RA, Silva TJA, Koetz M (2014) Desenvolvimento e produção de capim-convert HD364 submetido ao estresse hídrico. *Revista Agro@mbiente On-line* 8, 134-141
5. VENDRAMINI, J.M.B.; SOLLENBERGER, L.E.; LAMB, G.C.; FOSTER, J.L.; LIU, K.; MADDOX, M.K. Forage Accumulation, nutritive value, and persistence of 'Mulato II' *Brachiaria* grass in Northern Florida. *Crop Science*, v.52, p-1-9, 2012.
6. Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveria, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Cunha, T. J. F. & Oliveira, J. B. (2013). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa, 353p
7. Henricks DM (1991) 'Biochemistry and physiology of the gonadal hormones.' 1th ed. pp. 81-118 (San Diego: Academic Press) (California, United States).
8. Mott, G. O., & Lucas, H. L. (1952). The designs, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: International grass land congress (vol.6, pp. 1380-1395). Pennsylvania
9. Cecato U, Castro CRC, Canto MW, Peternelli M, Almeida Júnior J, Jobim CC, Cano CCP (2001) Perdas de forragem em capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) manejado sob diferentes alturas sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30, 295-301.

10. Silva DJ, Queiroz AC (2002) 'Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos.' 3th ed. (Viçosa: Universidade Federal de Viçosa).
11. Carlotto, M. N., Euclides, V. P. B., Montagner, D. B., Lempp, B., Difante, G. S., & Paula, C. C. L. (2011). Desempenho animal e características de pastos de capim-xaraes sob diferentes intensidades de pastejo, durante o período das águas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 97-104
12. Petersen RG, Lucas Júnior HL (1968) Computing methods for the evaluation of pastures by means of animal response. *Agronomy Journal* 60, 682-687
13. GOUVEIA-SANTOS, A. Urochloa. In 'Poaceae.' 1.ed. (Flora Faneromica do Estado de São Paulo) (São Paulo, Brazil); p. 243-245. 2001.
14. Martuscello JA, Faria DJG, Cunha DNFV, Fonseca DM (2009) Adubação nitrogenada e partição de massa em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai. *Ciência e Agrotecnologia* 33, 663- 667.
15. Carvalho PCF, Moraes A (2005) Comportamento ingestivo de ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto. In 'Manejo sustentável em pastagem.' 1.ed. pp. 1- 20 (Maringá, Brazil)
16. Andrade FME (2003) 'Produção de forragem e valor alimentício do capim-marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte.' Dissertação Mestrado, Universidade de São Paulo, BR.
17. Minson DJ (1990) 'Forrage in ruminant nutrition' (New York: Academic Press).
18. Gerdes L, Werner JC, Colozza MT, Carvalho DD, Schammas EA (2000) Algumas características agronômicas e morfológicas dos capins marandu, setária e tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29, 947- 954
19. Sbrissia AF, Da Silva SC (2008) Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37, 35-47.
20. Lemaire G, Chapman D (1996) Tissue flows in grazed plant communities. In 'The ecology and management of grazing systems.' 1.ed. pp. 3-36 (London: CAB International).
21. Palhano AL, Carvalho PCF, Dittrich JR, Moraes A, Silva SC, Monteiro ALG (2007) Características do processo de ingestão de forragem por novilhas holandesas em pastagem de capim-mombaça. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36, 1014-1021.

Capítulo 54

DOI: 10.53934/IIICBPAV-54

USO DE DADOS BASEADOS EM SATÉLITE PARA ESTIMAR O DECLÍNIO DE PRODUÇÃO DE LEITE DE VACAS NA REGIÃO DE BOTUCATU/SP

Henrique Felipe da Silva¹ ; João Pedro Donadio^{1,2} ; Karolini Tenffen De-Sousa¹ ; Matheus Deniz^{1*} 

¹Grupo de Estudos em Bovinos Leiteiros, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo

²Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo

*Matheus Deniz (*m.deniz@unesp.br*)

Resumo: O estresse térmico é um desafio para a produção de leite nas regiões tropicais em todo o planeta. O objetivo desse estudo foi comparar o declínio médio da produção de leite em relação ao índice de conforto térmico na região de Botucatu/SP para os meses com menor e maior potencial de proporcionar estresse por calor para vacas leiteiras ao longo do tempo. As informações meteorológicas foram obtidas ao longo de cinco anos (2018 a 2022) através da plataforma NASA/Power e utilizadas para estimar o conforto térmico para as vacas leiteiras da cidade de Botucatu. A partir das informações meteorológicas (temperatura do ar e umidade relativa), foi determinado o Índice de Temperatura e Umidade para o período de coleta de dados. Os valores de ITU obtidos foram categorizados em: conforto - ITU com valores < 68; alerta - ITU com valores entre 68 e 72; e perigo - ITU com valores > 72. A partir dos valores de ITU, foi possível calcular o declínio médio da produção de leite (DML). Para os meses com maior potencial de proporcionar estresse por calor (dezembro, janeiro e março) o (DPL = $2 \pm 1,8$; variação: -0,7 – 4,6) e os meses com menor potencial de proporcionar estresse por calor em vacas (junho, julho e agosto), os valores de DPL ($-0,22 \pm 1,7$; variação: -2,51 – 2,56) foram menores ($p < 0,001$). A partir dos resultados pode-se estimar a perda de produção devido ao aumento do desafio climático.

Palavras-chave: Conforto térmico; Bovinocultura leiteira; Zootecnia de precisão.

Abstract: Heat stress is a challenge for milk production in tropical regions across the planet. The objective of this study was to compare the average decline in milk production in relation to the thermal comfort index in the Botucatu/SP region for the months with the lowest and highest potential to provide heat stress to dairy cows over five years (2018 to 2022). The interference information was obtained through the NASA/Power platform and used to estimate thermal comfort for dairy cows in the city of Botucatu. From the harmful information (air temperature and relative humidity), the Temperature and Humidity Index

was determined for the data collection period. The ITU values obtained were categorized into: comfort - ITU with values < 68 ; alert - UTI with values between 68 and 72; and danger - ITU with values > 72 . From the ITU values, it was possible to calculate the average decline in milk production (DML). For the months with the greatest potential to provide heat stress (December, January, and March) o (DPL = 2 ± 1.8 ; range: $-0.7 - 4.6$) and the months with the lowest potential to provide heat stress in cows (June, July and August), DPL values (-0.22 ± 1.7 ; range: $-2.51 - 2.56$) were lower ($p < 0.001$). From the results it is possible to estimate the loss of production due to the increase in the climate challenge.

Key Word: Thermal comfort; Dairy Cattle; Precision Livestock Farming.

INTRODUÇÃO

O bem-estar e a eficiência produtiva de bovinos leiteiros criados em regiões intertropicais são afetados por condições de alta temperatura, umidade relativa e intensa radiação solar na maior parte do ano (1). Nesse contexto, as imposições meteorológicas são responsáveis por tirar os animais do estado de equilíbrio térmico, necessitando, desta forma, buscar maneiras para auxiliar a desviar energia para o aumento ou dissipação do calor (2) À medida que o ambiente se torna mais desafiador as vacas podem apresentar hipertermia e alterações endócrinas, essas condições podem impactar na eficiência produtiva, reprodutiva e no bem-estar animal (3,4).

O conforto térmico pode ser definido como a soma de fatores extrínsecos ao animal (ambiente) que atuam no organismo biológico, causam variações em sua temperatura corporal e provoca alterações nas respostas comportamentais e/ou fisiológicas (5). A partir disso, algumas respostas comportamentais observadas são: diminuição da ingestão de matéria seca e ruminção além de alteração fisiológicas desencadeadas pelo estresse por calor, como aumento da frequência cardíaca, aumento do fluxo sanguíneo nas regiões periféricas do corpo, vasodilatação e a sudorese (6)

Os indicadores de conforto térmico são utilizados para determinar a condição ambiental e estimar o conforto térmico dos animais de um determinado local ou região. Na bovinocultura de leite, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é um dos indicadores de conforto térmico mais utilizados, uma vez que as variáveis utilizadas para os índices são temperatura do ar e umidade relativa do ar, variáveis que são facilmente obtidas por meio das estações meteorológicas (7). Todavia, a obtenção dos dados está sujeita a disponibilidade de estações meteorológicas na área do estudo. Assim, uma alternativa para a obtenção das informações meteorológicas é a utilização de satélites, como por exemplo o NASA/POWER. Os dados baseados em satélite NASA/POWER têm se mostrado promissores para o estudo da variabilidade climática e estimativa do conforto térmico animal (8,9). Com isso, os objetivos desse estudo foram: (1) determinar o conforto térmico de vacas leiteiras a partir de dados de temperatura e umidade baseados em satélite e (2) estimar o declínio da produção de leite para vacas criadas na região de Botucatu/SP ao longo dos anos de 2018 a 2022.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e padrão climático

As informações meteorológicas foram obtidas para a cidade de Botucatu – SP (22°49'18.8"S; 48°24'54.8"W) durante o período de 2018 a 2022. A cidade de Botucatu está localizada a 804 m acima do nível do mar. De acordo com a classificação de Köeppen, o clima da região é considerado como Cfa, clima temperado quente (mesotérmico) úmido (10), com temperatura média de 22°C e com pluviosidade média anual de 1696 mm.

Microclima e indicadores bioclimáticos

As variáveis microclimáticas coletadas foram a temperatura do ar [(TA, °C) e a umidade relativa do ar (UR, %)]. Os dados microclimáticos foram obtidos pela plataforma *National Aeronautics and Space Administration Prediction of Worldwide Energy Resources* (NASA/POWER, <https://power.larc.nasa.gov/>). A plataforma NASA/POWER foi desenvolvida pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), no qual, todas as informações são coletadas via satélite e ficam armazenadas em nuvem para que possam ser acessadas gratuitamente a qualquer momento. Com os dados microclimáticos, determinamos o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). O ITU foi calculado conforme proposto por Thom -1951 (11), usando a equação 1.

$ITU = TA + 0,36 * (TA - (100 - UR) / 5) + 41,5$	(1)
--	-----

Para regiões de clima úmido (como é o caso deste estudo), é recomendado utilizar equação que pondere maior peso para a variável de umidade relativa (BOHMANOVA et al.; 2007). Para esse estudo, os valores foram categorizados em: conforto – ITU com valores < 68; alerta – ITU com valores entre 68 e 72; e perigo – ITU com valores > de 72.

Estimativa de declínio médio da produção de leite

O declínio de produção de leite (DPL) foi estimado a partir dos dados de ITU encontrados para a região estudada. A relação entre o ITU e o DML foi avaliado por meio da equação 2, proposta por Berry *et al.* – 1964 (12).

$DPL = 1,075 - 1,736 M + 0,02474 M * ITU$	(2)
---	-----

Onde: M = produção média de leite em condição termoneutra, kg/vaca-dia (utilizou-se 20 kg/vaca-dia como referência).

Desenho experimental e análise estatística

Todas as análises (descritiva (mínima, média, desvio padrão e máxima) e confirmatória) foram realizadas em R por meio do software RStudio. Um total de 44.652 dados meteorológicos foram obtidos e categorizados por data e hora. Inicialmente, realizamos uma triagem dos dados para identificar possíveis dados perdidos. Em seguida,

o ITU foi calculado para cada hora de todos os dias dentro do período de estudo. No primeiro estágio da análise foram calculadas as médias e desvio padrão (média \pm DP) para os valores de ITU mínimos, ITU médio e ITU máximo para todos os meses (janeiro a dezembro) em todos os anos (de 2018 a 2022). Esse procedimento proporcionou uma visão abrangente da variabilidade do ITU ao longo do período de estudo. Assim, conseguimos determinar a porcentagem de dias ao longo dos meses de estudo com maior incidência de condição e conforto, alerta e perigo térmico. A partir dessas informações, foi identificado os três meses (ao longo dos cinco anos) com maior número de dias com ITU na categoria conforto (meses do verão) e os três meses com maior número de dias com ITU na categoria perigo (meses do inverno). Por fim, foi feito o cálculo do declínio médio de produção de leite (DPL) a partir dos dados de Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para avaliar as variações ao longo do período de estudo submetidos ao teste comparativo de wilcoxon e pelo teste de comparação (95% de nível de confiança).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os meses que apresentaram maior percentual de dias na categoria de perigo foram dezembro (68%), janeiro (81%) e março (75%). Paralelo a isso, os meses com maior porcentagem de dias na categoria conforto foram junho (86%), julho (96%) e agosto (77%). Nesse contexto, ao longo dos meses com maior potencial de desafio térmico a maior porcentagem de dias foi classificada na categoria de perigo (74,3%) seguida das categorias de alerta (23%) e conforto (2,7%). Enquanto nos meses com menor potencial de desafio térmico a maior porcentagem de dias foi classificada na categoria de conforto (83,3%) e alerta (13,7%). Vale destacar que durante o período do estudo não houve dias na categoria perigo para os meses do inverno. Porém, para esses meses foi possível observar períodos que houve dias na categoria perigo. Assim, mesmo durante o inverno do clima subtropical é indispensável o fornecimento de recursos para abatimento de calor (13). Ao longo do período avaliado (2018 a 2022), foi calculado as médias dos valores de ITU e correlacionado com o declínio médio de produção de leite para cada respectivo ano (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de ITU (mínimo, médio e máximo) e declínio de produção de leite (DPL) ao longo dos cinco anos de estudo para os meses com maior potencial de proporcionar estresses em vacas de leite e maior potencial de causar estresse em vacas de leite.

Ano	Meses com maior potencial de proporcionar estresses em vacas de leite					
	ITU mín.	DPL	ITU méd.	DPL	ITU máx.	DPL
2018	68,48	-1,91	73,33	0,49	78,66	3,13
2019	68,61	-1,85	73,56	0,60	79,10	3,34
2020	67,55	-2,37	72,88	0,27	79,07	3,33
2021	67,80	-2,25	73,07	0,36	79,10	3,34
2022	67,92	-2,19	72,77	0,21	78,07	2,84

Ano	Meses com maior potencial de proporcionar estresses em vacas de leite					
	ITU mín.	DPL	ITU méd.	DPL	ITU máx.	DPL
2018	59,23	-6,49	65,34	-3,46	72,65	0,15
2019	58,58	-6,81	64,79	-3,74	72,26	-0,04
2020	59,49	-6,36	66,66	-2,81	73,15	0,40
2021	57,26	-7,46	63,59	-4,33	71,38	-0,48
2022	58,86	-6,67	64,81	-3,73	72,17	-0,09

Os valores médios de ITU variaram em função das horas do dia (Figura 2). Para os meses mais quentes houve desafio térmico desde as primeiras horas do dia e essa tendência, mante-se ao longo das 24 horas. No período vespertino (13 às 17h) foram registrados os maiores valores de ITU para os meses mais quentes. Para os meses mais frios, os valores de ITU começam na categoria conforto nas primeiras horas do dia e após às 10h os valores ficam acima do limiar de conforto térmico. Em média, os animais permaneceram 8h em um ambiente com valores de ITU acima do limiar térmico superior (ITU = 68) durante os meses mais frios.

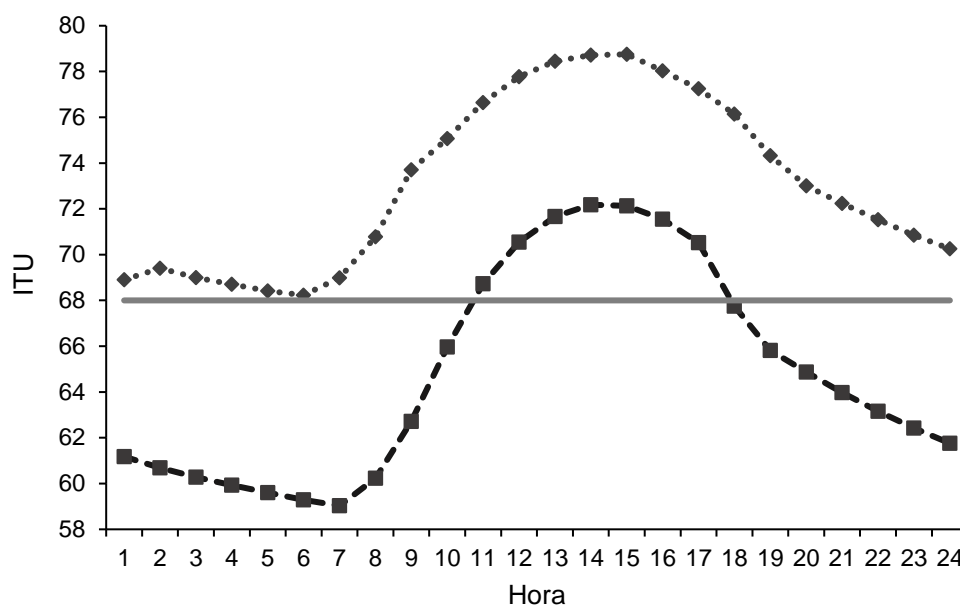


Figura 1 – Valores médios de Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ao longo de 24 horas. Linha pontilhada representa os meses (janeiro, março e dezembro) com maior potencial de proporcionar estresses em vacas de leite, linha tracejada representa os meses (junho, julho e agosto) com menor potencial de proporcionar estresses em vacas de leite e linha cinza representa o limiar de conforto (ITU = 68 unidades) para vacas leiteiras.

Para os meses com maior potencial de proporcionar estresse por calor em vacas os valores (média \pm DP) de ITU ($73 \pm 2,0$; variação: 67 – 78) permaneceram acima do limiar de conforto (68 unidades de ITU, para vacas em lactação). Para os meses com menor potencial de proporcionar estresse por calor em vacas, os valores de ITU ($65 \pm 3,5$; variação: 50 – 72) foram menores ($p < 0,001$) em relação aos meses mais quentes. Com isso é possível estimar que o ambiente térmico foi menos desafiador. Entretanto, mesmo nos meses mais frios houve momentos no dia em que o ambiente térmico esteve acima do limiar de conforto para vacas leiteiras. O índice de temperatura e umidade é um dos indicadores conforto térmico mais utilizados para animais de criação (2). A partir dos dados de ITU as estimativas de declínio médio de produção (DPL) e a comparação entre os meses mais quentes e mais frios dos anos avaliados demonstraram que durante os meses mais quentes ($DPL = 2 \pm 1,8$; variação: -0,7 – 4,6). Para os meses mais frios, os valores de DPL ($-0,22 \pm 1,7$; variação: -2,51 – 2,56) foram menores ($p < 0,001$). O declínio de produção de leite aumenta a partir do momento em que o ambiente começa a ficar mais desafiados. Isto justificado a necessidade de buscar por medidas de mitigação dos efeitos térmicos nos animais a fim de diminuir os impactos do ambiente térmico na produção de leite.

Como maneiras para minimizar o desconforto térmico aos animais, a disponibilidade de sombra é essencial na criação de vacas leiteiras criadas a pasto, a fim de proporcionar o conforto térmico (14). O sistema silvipastoril (SSP) proporciona um ambiente térmico favorável para as vacas mesmo em diferentes estações do ano (inverno e verão), pois o sombreamento proporcionado pelas árvores, dentro desse sistema, auxilia como uma barreira à radiação solar e diminuição na velocidade do vento (14). Além disso, esse sistema diminui as perdas do solo e das plantas por evaporação, o que ajuda a evitar as mudanças abruptas de temperatura entre o dia e a noite, evitando choques térmicos (15). Para animais em confinamento, o resfriamento pode ser feito por meio de sistemas convectivo (ventiladores; 16) e evaporativa (aspersores; 17).

CONCLUSÕES

Os dados históricos de temperatura e umidade do ar durante os anos de 2018 a 2022 na região de Botucatu/SP evidenciam que durante os meses mais quentes do ano é possível ocorrer um declínio de produção de leite maior do que nos meses mais frios. Porém, mesmo nos meses mais frios há momentos de desafio térmico, por conta disso, os produtores da região devem buscar formas de mitigação para evitar o declínio na produção.

REFERÊNCIAS

1. Silanikove N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*. 2000 Dec;67(1-2):1–18. DOI: 10.1016/s0301-6226(00)00162-7
2. Habeeb AA, M GAE and AA. Temperature-humidity indices as indicators to heat stress of climatic conditions with relation to production and reproduction of farm animals.

International Journal of Biotechnology and Recent Advances. 2018 Jul 25;1(1):35–40.
DOI: 10.18689/ijbr-1000107

3. Bernabucci U, Biffani S, Buggiotti L, Vitali A, Lacetera N, Nardone A. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2014 Jan;97(1):471–86. DOI: 10.3168/jds.2013-6611

4. Polsky L, von Keyserlingk MAG. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*. 2017 Nov;100(11):8645–57. DOI: 10.3168/jds.2017-12651

5. Dikmen S, Hansen PJ. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*. 2009 Jan;92(1):109–16. DOI: 10.3168/jds.2008-1370

6. Dal K, Kariane Donatti Kachinski, de N, Deniz M, Flávio Alves Damasceno, Barbari M, et al. Effects of Heat Stress in Dairy Cows Raised in the Confined System: A Scientometric Review. *Animals*. 2023 Jan 19;13(3):350–0. DOI: 10.3390/ani13030350

7. Wankar AK, Rindhe SN, Doijad NS. Heat stress in dairy animals and current milk production trends, economics, and future perspectives: the global scenario. *Tropical Animal Health and Production*. 2021 Jan 4;53(1). DOI: 10.1007/s11250-020-02541-x

8. Eula Regina Carrara, Petrini J, Mayara Salvian, Rojas H, Gregorí Alberto Rovadoscki, Helena, et al. Genetic parameters for milk yield and quality traits of Brazilian Holstein cows as a function of temperature and humidity index. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2021 Jun 29;138(6):643–54. DOI: 10.1111/jbg.12636

9. Mayara Salvian, Robson, Petrini J, Gregorí Alberto Rovadoscki, Helena, Ramírez-Díaz J, et al. Heat stress on breeding value prediction for milk yield and composition of a Brazilian Holstein cattle population. *International Journal of Biometeorology*. 2022 Dec 29;67(2):347–54. DOI: 10.1007/s00484-022-02413-z

10. Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, de Moraes Gonçalves JL, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 2013 Dec 1;22(6):711–28. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
11. Thom EC. The Discomfort Index. *Weatherwise*. 1959 Apr;12(2):57–61. DOI: 10.1080/00431672.1959.9926960
12. Berry, I.L, Shanklin, M.D, And H. D. Johnson. Production Decline as Affected by Temperature and Humidity. 1969 Jul 03;29(0):3313-59. DOI: 10.13031/2013.40772
13. de T, Deniz M, Ari J, João Ricardo Dittrich, María José Hötzel. Tree arrangements for silvopastoral system: livestock advisors' knowledge and attitudes. *Agroforestry Systems*. 2023 May 14;97(6):1143–56. DOI: 10.1007/s10457-023-00853-z
13. Deniz M, Karolini Tenffen De-Sousa, Frederico, Martinez M, João Ricardo Dittrich, Daros RR, et al. A systematic review of the effects of silvopastoral system on thermal environment and dairy cows' behavioral and physiological responses. 2023 Jan 21. DOI: doi.org/10.1007/s00484-023-02431-5
14. Nicodemo MLF, Silva VP da, Thiago LRL de S, Gontijo Neto MM, Laura VA. *Sistemas Silvopastoris - Introdução De Árvores Na Pecuária Do Centro-Oeste brasileiro*. [Internet]. www.infoteca.cnptia.embrapa.br. Campo Grande, MS: Embrapa Gado De Corte, 2004.; 2004 [cited 2023 Oct 30]. Available from: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/325202>
15. Frederico, Alessandro Augusto Soares, Piotr Herbut, Edgar, Dorota Godyń, Nardes A, et al. Spatio-Thermal Variability and Behaviour as Bio-Thermal Indicators of Heat Stress in Dairy Cows in a Compost Barn: A Case Study. *Animals*. 2021 Apr 21;11(5):1197–7. DOI: 10.3390/ani11051197
16. Tresoldi G, Schütz KE, Tucker CB. Cooling Cows with sprinklers: Spray Duration Affects Physiological Responses to Heat Load. *Journal of Dairy Science*. 2018 May;101(5):4412–23. DOI: 10.3168/jds.2017-13806

Capítulo 55

DOI: 10.53934/IIICBPAV-55

CONTROLE BIOLÓGICO DAS HELMINTOSES COM A UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS *Bacillus*: REVISÃO DE LITERATURA

Dayane Sarmiento Romão^{ID}; Fernanda Calazans Pagnozzi^{ID}; Maria Flávia Dias de Alencar^{ID}; Pedro Trevisan Tonelli^{ID}; Gabriel Jabismar Guelpa^{ID}; Tábata Alves do Carmo^{ID}; Ricardo Velludo Gomes de Soutello^{ID}

*Autor correspondente – Email: ds.romao@unesp.br

RESUMO: A ovinocultura é uma atividade desenvolvida praticamente em todo o mundo em virtude do grande grau de adaptabilidade da espécie. No Brasil com o passar dos anos, o número de cabeças vem aumentando e conseqüentemente sua importância na economia, onde o estado da Bahia apresenta maior representatividade dessa atividade no país. Doenças parasitárias impedem o desenvolvimento e conseqüentemente o crescimento deste setor, podendo ocasionar a perda de peso dos animais, queda na produtividade, e evoluir para o óbito, causando considerável impacto econômico no setor do agronegócio. Dentre os métodos de controle de parasitoses disponíveis no mercado, o mais utilizado continua sendo o químico. Com inúmeros relatos de resistência anti-helmíntica encontrados na literatura e a falta de eficácia de várias drogas disponíveis no mercado, tem-se a necessidade de encontrar formas eficientes para manter a utilização destes anti-helmínticos no controle de nematódeos em ruminantes. O controle biológico a partir de bactérias tem sido uma das alternativas para diminuição desses agentes patogênicos. Os *Bacillus* spp. são o grupo principal, já utilizados no controle de pragas urbanas e agrícolas, mas também já apresentam potencial nematicida.

Palavras-chave: Anti-helmíntico; nematódeos; ruminantes

Abstract: Sheep farming is an activity that has been developed for a long time throughout the world due to the species' great degree of adaptability. In Brazil, over the years, the number of heads has increased and consequently its importance in the economy, where the state of Bahia has the greatest representation of this activity in the country. Parasitic diseases impede the development and consequently the growth of this sector, which can cause animals to lose weight, reduce productivity, and lead to death, causing a specific economic impact on the agribusiness sector. Among the parasite control methods available on the market, the most used continues to be chemical. With several reports of anthelmintic resistance found in the literature and the lack of effectiveness of several drugs available on the market, there is a need to find efficient ways to maintain the use of anthelmintics in controlling nematodes in ruminants. Biological control of bacteria has been one of the alternatives to reduce these pathogens. *Bacillus* spp. are the main group, already used to control urban and agricultural pests, but they also have nematicidal potential.

Keywords: Anthelmintic; nematodes; ruminants

INTRODUÇÃO

O Brasil é o 18º produtor mundial de ovinos, a ovinocultura é uma atividade expressiva especialmente nas regiões Nordeste e Sul. É uma criação atrativa, principalmente para áreas de terra relativamente pequenas, pois apresentam alta capacidade de produção e há potencial para ampliação da produção de carne, leite e seus derivados (2). No cenário do agronegócio a ovinocultura está em crescimento e se estabilizando, porém, ainda há alguns problemas que impossibilitam um maior aumento desta atividade, sendo um desses, as helmintoses gastrintestinais, já que são animais mantidos em pastagens contaminadas, um fator que contribui com o aumento da infecção por nematóides gastrintestinais, devido ao ciclo de vida livre desses parasitos ao ocorrer no microclima das pastagens, em virtude da deposição das fezes do hospedeiro contendo ovos morulados no pasto. Desta forma, a presença das larvas infectantes (L3) na pastagem se torna frequente. (3).

Mas como em todo setor, há certos problemas que impedem o desenvolvimento e conseqüentemente o seu crescimento, alguns principais foram identificados, relacionados à produção animal, como doenças associadas, por exemplo, ao manejo desses animais. Algumas dessas doenças, são causadas por nematoides parasitas do trato gastrointestinal. Assim, o controle desses organismos deve sempre ser abordado, já que está diretamente relativo ao decréscimo da produção. E dentre todos os parasitas responsáveis por prejuízos, os nematoides gastrintestinais são os que mais se ressaltam (4).

As infecções causadas por nematoides gastrointestinais, leva a perda de peso dos animais e queda na produtividade, podendo evoluir para o óbito, causando considerável impacto econômico no setor do agronegócio (5,6,7).

E dentre as classes de parasitos que afetam os ovinos, o principal ocorrente nesse grupo no Brasil, são os *Haemonchus contortus*. Além destas, outras que normalmente são encontradas, podem ser os *Ostertagia (Teladorsagia) circumcincta*, *Nematodirus* spp. e *Oesophagostomum venulosum* (8).

As parasitoses são controladas a partir de anti-helmínticos, para impedir a infecção, e para controlar a reinfecção são utilizadas certas técnicas de manejo. O problema é que o uso incorreto dessas drogas anti-helmínticas, ocasionou o surgimento de cepas de helmintos resistentes aos principais anti-helmínticos ativos disponíveis comercialmente (9).

Para tentar cessar as parasitoses ocorrentes, usos intensivos de anti-helmínticos, diversas vezes em subdoses, associados até com problemas de manejo, acaba selecionando estirpes resistentes a diversos fármacos, e dentre os helmintos mais ocorrentes desta situação, se encontra o *Haemonchus* spp., *Trichostrongylus* spp. e *Ostertagia* spp. de origem ovina (10).

No Brasil, no Rio Grande do Sul, onde se encontra a segunda maior parte do rebanho de ovinos no país (11), estudos constataram a ocorrência de espécies de *H. contortus* resistentes ao Thiabendazole. Assim como posteriormente, outros trabalhos

mencionaram a resistência deste mesmo helminto e de *T. colubriformis* para o Levamisole (12,13).

Dentre os principais fármacos no Brasil, se encontra a Ivermectina, que foi lançada no mercado brasileiro na década de 80. Esta classe de anti-helmínticos apresentava alta eficácia contra a grande maioria de nematódeos, inclusive contra alguns parasitos externos. O problema é que o uso frequente desse medicamento acabou resultando em resistência (10). Atualmente a Ivermectina ainda é muito utilizada pelos setores da agropecuária, sem realmente saber sobre a ineficácia da droga. Diversos trabalhos já trazem a insuficiência da droga em combater parasitoses. Sobre esta droga, em diversos estudos, relataram a eficácia abaixo do mínimo de 95% (14,15).

Assim, já que a ineficácia de fármacos só vem aumentando durante os anos, por diversos fatores, o controle não químico, está sendo uma área altamente estudada para combater parasitoses ocorrentes e resistentes.

CONTROLE BIOLÓGICO

As abordagens não químicas incluem diferentes meios de controle e alguns ainda estão em fase de pesquisa de aplicação. Podemos dizer que são uma opção de controle não químico: Acasalamento de animais que são capazes de resistir ou tolerar infecções por vermes; Fornecimento de fungos nematófagos capazes de aprisionar larvas nas fezes e, desse modo, reduzir a contaminação da pastagem; Plantas taniníferas bioativas também apresentam atividade anti-helmíntica direta contra alguns nematódeos gastrintestinais de pequenos ruminantes; Aplicação de novas vacinas moleculares (16). O controle biológico também pode ser feito por meio de fungos, vírus e bactérias (17,18,19).

Então, meios de controle são estudados, para suprir essa ineficácia de anti-helmínticos. O controle biológico, a partir de fungos e bactérias, para redução de cargas parasitárias tem sido uma das alternativas para diminuição desses agentes patogênicos. E em relação às bactérias, os *Bacillus* spp. são o grupo principal pesquisado em relação ao biocontrole. Estes já são utilizados como inseticidas para equilíbrio de pragas urbanas e agrícolas, mas também já apresentam potencial nematicida (20).

Os biopesticidas são grandes exemplos dentro do mercado mundial de pesticidas químicos. E dentre os produtos, os compostos a base de bactérias *Bacillus thuringiensis* são os mais comercializados, atingindo cerca de 80% de todo o volume de vendas de pesticidas químicos e de biopesticidas (20).

Vários trabalhos encontraram eficácia de *Bacillus* sp. contra diferentes pragas da produção agrícola, além de insetos de importância sanitária e alguns parasitos de importância médico-veterinária (21; 22, 23).

Então dentre as espécies de *Bacillus*, os *B. thuringiensis* foram inicialmente isolados da traça da farinha, dentre suas características, é um formador de esporos e apresenta cristais proteicos. Esse apresenta subespécies, tais como *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti), *B. thuringiensis* var. *osvaldocruzi* (Bto) e *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Btk) (24).

Os *Bacillus thuringiensis* e suas toxinas produzidas, já são trabalhadas para controle de diversas pragas de importância agrícola, tais como lagartas, traças, besouros, mariposas e cigarrinhas (21, 25). Atualmente, *B. thuringiensis* também tem sido utilizado para controle de larvas de vetores de doenças de importância médico sanitária, tais como dengue, malária, elefantíase e leishmaniose (26).

Os *Bacillus thuringiensis*, são amplamente analisados para controle de nematoides de importância agrícola e veterinária. A ação dessas bactérias está relacionada a produção de glicoproteínas ou cristais δ -endotoxina, sintetizadas na esporulação, que afetam e diminuem a concentração de larvas de helmintos, tornando estes, suscetíveis à ação da toxina, que atinge o sistema digestivo, causando a morte de parasitas por septicemia (27). Tais toxinas liberadas por essas cepas bacterianas agem nos estágios iniciais dos tricostrongilídeos e sua atividade larvicida depende da carga bacteriana e tempo de exposição (24).

Esses microrganismos para serem concorrentes efetivos aos anti-helmínticos, devem ser eficientes no combate ao patógeno, sobreviver no ambiente em condições adversas, ser de fácil manipulação, fácil de produzir em massas; baixo custo de produção e alto tempo de sobrevivência em formulações comerciais. Além disso, as formulações comerciais também devem oferecer segurança para os produtores, consumidores e animais tratados (28). Em ruminantes, a mesma espécie de bactérias, apresentaram redução na concentração de larvas de terceiro estágio de *Cooperia punctata*, *Cooperia oncophora*, e *Ostertagia ostertagi*. (29) assim como em ovos e larvas de zooparasitas (*Haemonchus contortus*, *Ostertagia ostertagi*, *Trichostrongylus colubriformis*) e nematódeos de vida livre (*Caenorhabditis briggsae*) eram suscetíveis à ação das toxinas de *Bacillus thuringiensis* (29,30).

PRODUÇÃO DE BACTÉRIAS: EFEITO ANTI-HELMÍNTICO

Para que as bactérias sejam produzidas para fins de controle parasitário, é necessário que ela passe pelo processo de esporulação, para liberação de cristais de toxinas que irão agir sobre os agentes patogênicos. As células bacterianas dormentes são capazes de resistir ao calor, dessecação e radiação. Os esporos possuem material genético, citoplasma e todas as composições necessárias para a sobrevivência da bactéria; além disso, permanecem encapsulados no interior de cristais, que podem facilitar a infecção. Após serem digeridos por larvas suscetíveis, os cristais se dissolvem, liberando proteínas tóxicas que danificam o sistema digestório e permitem a proliferação das células bacterianas. São microrganismos oportunistas que acabam causando a morte por um processo de infecção generalizada (septicemia). Ao final da infecção, quando o corpo do hospedeiro se torna inabitável, as bactérias entram novamente em fase de esporulação, reiniciando o ciclo de infecção em um novo hospedeiro (31).

As cepas bacterianas, da espécie *Bacillus*, precisam partir de um repique, para o preparo dessas bactérias, as mesmas precisam ser cultivadas em meio ágar NYSM (32), muito utilizado para proliferação de bactérias para controle de vetores. Posteriormente

incubadas à temperatura 30°C por 24h. Para confirmar a pureza após a incubação, assim seria interessante a coloração de Gram e posteriormente a incubação em um balão volumétrico com capacidade de 1L, contendo cerca de 200ml de NYSM, para irem ao agitador rotativo em 30°C, a uma velocidade de 150 rpm, por um período de 48h, para permitir a produção de esporos (esporulação). As culturas precisam passar por banho-maria a 80°C por 15 minutos para eliminar estruturas vegetativas (27); Produzindo assim, cepas populações de bactérias em esporulação que entrarão em ação contra agentes parasitológicos.

UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS: OVINOS

Em experimentos realizados *in vitro*, todas as bactérias demonstraram efeitos nematicida, com exceção do *Bacillus thuringiensis var. morrisoni* e do *Bacillus sphaerius*, os quais não apresentaram redução do número de larvas em relação ao grupo controle. A bactéria que se mostrou mais eficiente na redução do número de larvas foi o *B. circulans*, chegando a um percentual de 83,3% de redução larval. As outras bactérias se comportaram da seguinte forma: *B. thuringiensis var. israelensis* reduziu 80,6%, *B. thuringiensis var. osvaldocruzi* reduziu 78,2%, *B. thuringiensis var. kurstaki* reduziu 65,7% (27).

Nos experimentos realizados *in vivo*, os resultados mostraram que nas primeiras 24 horas de administração já foi observada redução na contagem de larvas, a qual aumentou gradativamente com o passar dos dias, atingindo o percentual de 77,8% de redução de larvas no sétimo dia de tratamento, indicam que os esporos sobreviveram no trato gastrointestinal e atingiram quantidades significativas nas fezes. Também se pôde observar que larvas obtidas de fezes inoculadas com a bactéria apresentavam lesões no seu trato intestinal e que se obtiveram culturas puras de *B. circulans* a partir de macerado de larvas oriundas de fezes tratadas com o agente. (27).

CONCLUSÕES

As alternativas de controles são formas inovadoras de conter certos parasitas que afetam diretamente na produção animal, assim podemos concluir que a utilização de bactérias *Bacillus*, pode atuar sobre as fases de desenvolvimentos de helmintos, auxiliando na redução da infecção e reinfecção de ruminantes.

Estudos sobre a liberação desses microrganismos se faz interessante, já que a há uma grande busca por alternativas menos prejudiciais ao meio ambiente, como a substituição de fármacos químicos por agentes de controle biológicos, tais como as inovadoras e potencialmente bactérias, que ainda são pouco empregadas e estudadas, saber mais sobre suas características favoráveis e desfavoráveis sobre o ambiente e se houver, sobre o animal, ou ainda, relacionada a sua eficácia de controle é fundamental.

Além do controle biológico com bactérias, já ser também utilizado para a redução de populações de ectoparasitas, reduzir os helmintos sobre sua fase de vida parasitária, podem atuar também sobre a desinfestação das pastagens, uma vez que as nematotoxinas liberadas na esporulação do agente atuam nas formas jovens das larvas, fazendo com que o ciclo do nematóide não seja completado, podendo ser microrganismos promissores para atuarem como anti-parasitários, em helmintos de importância zootécnica.

REFERÊNCIAS

1. BRANDÃO, A.; NÓBREGA, A. Ciência abre novas oportunidades na produção de caprinos e ovinos [Internet]. 2023 [acesso em 2023 Jun 29]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/80764456/ciencia-abre-novas-oportunidades-na-producao-de-caprinos-e-ovinos>
2. QUADROS, D. G.. Cadeia Produtiva da Ovinocultura e da Caprinocultura. Indaial: Uniasselv; 2018.
3. ROBERTO, F. F. S. et al. Nematoides gastrintestinais na ovinocultura de corte sob regime de pastejo. **Pubvet**, v. 12, p. 147, 2018.
4. AMARANTE, A. F. T.; SALES, R. O.; Controle de Endoparasitoses dos Ovinos: Uma Revisão. Departamento de Parasitologia Unesp. Botucatu, SP, v. 01. n. 02, p. 14 – 36, 2007.
5. IDRIS, A.; MOORS, E.; SOHNREY, B.; GAULY, M. Gastrointestinal nematode infections in German sheep. *Parasitology research*, [S.l.], v. 110, n. 4, p. 1453-1459, 2012.
6. CHAGAS, A. C. S.; KATIKI, L. M.; SILVA, I. C.; GIGLIOTI, R.; ESTEVES, S. N.; OLIVEIRA, M. C.; JÚNIOR, W. B. *Haemonchus contortus*: a multiple-resistant Brazilian isolate and the costs for its characterization and maintenance for researchuse. *Parasitology International*, [S.l.], v. 62, n. 1, p. 1-6, 2013.
7. TOSCANO, J. H. B.; LOPES, L. G.; GIRALDELO, L. A.; SILVA, M. H.; OKINO, S. H.; CHAGAS, A. C. S. Identification of appropriate reference genes for local immunerelated studies in Morada Nova sheep infected with *Haemonchus contortus*. *Molecular biology reports*, [S.l.], v. 45, n. 5, p. 1253-1262, 2018.
8. AMARANTE, A. F. T. Os parasitas de ovino. São Paulo: Editora UNESP, 263 p, 2014.
9. MOLENTO, M. B.; TASCA, C.; GALLO, A.; FERREIRA, M.; BONONI, R.; STECCA, E. Método FAMACHA como parâmetro clínico individual de infecção por *Haemonchus contortus* em pequenos ruminantes. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, p. 1139-1145, 2004.
10. RAMOS, C. I.; BELLATO, V et al. Resistência de Parasitos Gastrintestinais de Ovinos a alguns Anti-Helmínticos no Estado de Santa Catarina, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.3, p.473-477, 2002.







11. ANUALPEC. Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP Consultoria/Agros Comunicação, 2021. p. 218.
12. SOARES, S. C. P., REIS, A. C., CASTRO, R. L. P. C., FILHO, P. C. S. P., CABRAL, C. S. M. Resistência de nematoides gastrintestinais de caprinos e ovinos aos anti-helmínticos levamisol, ivermectina e albendazol. *Ciência Animal Brasileira*. v. 24, 2023.
13. SILVA, J. F. C., FERREIRA, O. C., ALMEIDA, L. E. M., SANTOS, M. H. B., GOMES, A. L., VASCONCELOS, A. B., QUINTAL, A. P. N. Resistência a doramectina e alternativas diagnósticas para o controle seletivo de helmintos gastrintestinais em ovinos. *PubVet*. v.14, n.9, p.1-8, 2020
14. JABLONSKI, B. M.; SOBRINHO, P. A. M. Avaliação da Eficácia do Albendazole e Ivermectina contra Helmintos Gastrintestinais em rebanhos de Ovinos e caprinos na Microrregião de Palmas – TO. *Jornada de iniciação Científica – UNITINS*, 2010.
15. SOARES, S C P, REIS, A C, CASTRO, R L P, PIRES FILHO, P C S, CABRAL, C S M, DINIZ JÚNIOR, D O, et al. Resistência de nematoides gastrintestinais de caprinos e ovinos aos anti-helmínticos levamisol, ivermectina e albendazol. *Ciência Animal Brasileira*. 2023; 24, e-75316E.
16. Apostila de Parasitologia Veterinária. Biblioteca APGTEA, 2019. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/sanidade/livros/APOSTILA%20DE%20PARASITOLOGIA%20VETERINARIA.pdf>
17. ABD-ALLA; A.M.M.; MEKI, I.K.; DEMIRBAS-UZEL, G. Insect Viruses as Biocontrol Agents: Challenges and Opportunities. *Cottage Industry of Biocontrol Agents and Their Applications*. In: El-Wakeil N., Saleh M., Abu-hashim M. (eds) *Cottage Industry of Biocontrol Agents and Their Applications*. Springer, Cham. 2019.
18. ARAÚJO, J.V. et al. Recent Advances in the Control of Helminths of Domestic Animals by Helminthophagous Fungi. *Parasitologia*. v. 1, n. 168-176, 2021.
19. WANG, X. et al. Biocontrol of Two Bacterial Inoculant Strains and Their Effects on the Rhizosphere Microbial Community of Field-Grown Wheat. *BioMed Research International*, 2021.
20. MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. *Controle Biológico*. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 388p, 2000.

21. CHANDRASENA, D. et al. Characterization of field-evolved resistance to *Bacillus thuringiensis*-derived Cry1F δ -endotoxin in *Spodoptera frugiperda* populations from Argentina. *Pest Management Science*. v. 74, n. 3, p. 746-754. 2018.
22. PINEDA, A. V. et al. Uso de productos derivados de *Bacillus thuringiensis* como alternativa de control en nematodos de importancia veterinaria. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuária*. v. 3, n.1, p. 77-88, 2012.
23. RITCHIE, S.A.; RAPLEY, L.P.; BENJAMIN, S. *Bacillus thuringiensis* var. israelensis (Bti) Provides Residual Control of *Aedes aegypti* in Small Containers. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. v. 82, n. 6, p. 1053–1059, 2010.
24. BERNE, P. N.; Controle integrado de nematódeos de ruminantes com a utilização de bactérias e fitoterápicos. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2017, 66 f. ; il.
25. LIU Y, Wang Y, SHU C, LIN K, SONG F, BRAVO A, SOBERÓN M, ZHANG J. Cry64Ba and Cry64Ca, Two ETX/MTX2-Type *Bacillus thuringiensis* Insecticidal Proteins Active against Hemipteran Pests. *Appl Environ Microbiol*. 2018 Jan 17;84(3):e01996-17.
26. FERREIRA, V. M. Avaliação do Potencial Nematicida in vitro de Formulações Comerciais á base de *Bacillus* spp. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Veterinária, 2021.
27. SINOTT, M. C.; GALINNA, T.; LEITE, L. P. F. Efeito nematicida de *Bacillus* spp. em nematóides de ovinos. *Conhecimento sem fronteiras*. Pelotas, RS, 2008.
28. MOTA, M. A.; CAMPOS, A. K.; ARAÚJO, J. V.; Controle biológico de helmintos parasitos de animais: estágio atual e perspectivas futuras. *Pesq. Vet. Brás*. v.23, n.3, p.93-100, jul./set. 2003.
29. BOTTJER, K. P., BONE, W. L., and GILL, S. S. Nematoda: Susceptibility of the egg to *Bacillus thuringiensis israelensis* toxin. *Experimental Parasitology*, v. 60, p. 239-244, 1985.
30. BONE, W. L., BOTTJER, K. P., and GILL, S. S. *Trichonstrongylus colubriformis*: Isolation and characterization of ovicidal activity from *Bacillus thuringiensis israelensis*. *Experimental Parasitology*, v. 62, p. 247-253, 1986.
31. MAIS SOJA, 2021. Como funcionam os inseticidas à base de Bt e baculovírus. Disponível em: <https://maissoja.com.br/como-funcionam-os-inseticidas-a-base-de-bt-e-baculovirus/>. Acesso em: 25/10/2023
32. VIANA, J. L., LOBO, K. S., VIEIRA N. M. R. A., DUARTE, I. C. S., DELFORNO, T. P., SILVA, J. S., PINHEIRO, V. C. S., ROQUE, R. A., TADEI, W. P. Identification techniques and culture media for the growth of *Bacillus thuringiensis* used to control vector mosquitoes: Mini review. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, p. e51510716916, 2021.

Capítulo 56

DOI: 10.53934/IIICBPAV-56

PRINCIPAIS PARASITOSSES DE PEIXES NA AQUICULTURA DO BRASIL

Gabriel Jabismar Guelpa *; Gilberto de Sousa Júnior² ; Dayane Sarmento Romão¹ ; Fernanda Calazans Pagnozzi¹ ; Vinicius Santos Silva¹ ; Bianca Cristine Duarte de Mattos¹ ; Maria Flávia Dias de Alencar 

¹Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp-Câmpus de Dracena

²Unicesumar-Campus de Maringá

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: gabriel.guelpa@unesp.com.br

Resumo: Diversas espécies de parasitas podem ser encontradas em peixes, sejam eles frescos ou processados, representando um potencial risco para os consumidores. O crescente hábito de consumir alimentos crus tem contribuído para o aumento da incidência de contaminação parasitária. Além disso, a importação de espécies de peixes não nativas tem introduzido doenças previamente ausentes em muitos países. Embora muitas infecções sejam endêmicas e resultem em sintomas leves, algumas podem ser fatais sem intervenção médica adequada. Essas infecções também indicam a má qualidade do ambiente de criação dos peixes e a presença de microrganismos patogênicos na matéria-prima. A prevenção dessas infecções parasitárias pode ser alcançada por meio de cuidados durante a captura em águas certificadas, como estuários, para peixes de vida livre, bem como o manejo controlado em tanques e gaiolas na piscicultura. A investigação dos parasitas em peixes desempenha um papel crucial, fornecendo informações valiosas sobre os hábitos e habitats dos hospedeiros, bem como insights sobre distribuição, prevalência e especificidade, permitindo a implementação de medidas profiláticas para minimizar perdas econômicas e reduzir o risco à saúde dos consumidores. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica abordando as principais parasitoses encontradas em peixes de produção no Brasil.

Palavras-chave: parasitismo; piscicultura; sanidade.

Abstract: Several species of parasites can be found in fish, whether they are fresh or processed, representing a potential risk to consumers. The growing habit of consuming raw food has contributed to an increase in parasitic contamination. Additionally, the importation of non-native fish species has introduced diseases previously absent in many countries. While many infections are endemic and result in mild symptoms, some can be fatal without adequate medical intervention. These infections also indicate poor fish farming conditions and the presence of pathogenic microorganisms in the raw material. Preventing these parasitic infections can be achieved through careful handling during capture in certified waters, such as estuaries, for free-living fish, as well as controlled

management in tanks and cages in aquaculture. Investigating fish parasites plays a crucial role in providing valuable information about host habits and habitats, as well as insights into distribution, prevalence, and specificity, enabling the implementation of prophylactic measures to minimize economic losses and reduce health risks to consumers. In this context, the present study aimed to conduct a literature review focusing on the main parasitic infections found in commercially produced fish in Brazil.

Key Word: Parasitism; aquaculture; sanitation.

INTRODUÇÃO

A piscicultura desempenha um papel significativo no cenário econômico e alimentar do Brasil, sendo uma importante fonte de proteínas para a população e uma atividade que impulsiona o desenvolvimento regional. No entanto, o sucesso da piscicultura enfrenta desafios, e um dos mais prementes é o impacto do parasitismo nos peixes cultivados. O parasitismo é uma questão complexa e multifacetada que pode afetar tanto a saúde dos peixes quanto a produtividade dos empreendimentos aquícolas. Comparada às outras atividades agropecuárias, a aquicultura desempenha um papel significativo na produção mundial de alimentos. Especificamente, a piscicultura, que envolve a criação de peixes em ambientes controlados, tem se mostrado uma atividade promissora e altamente bem-sucedida. Além de gerar renda, ela contribui para a produção de proteína animal de alta qualidade. O Brasil destaca-se na produção de peixes, devido às suas características que favorecem a implantação de pisciculturas, como a disponibilidade abundante de água e a presença de espécies de peixes nativas que demonstraram alto potencial para a produção em cativeiro.

A piscicultura, ao cultivar uma grande quantidade de peixes em ambiente reduzido, pode contribuir para a disseminação de doenças causadas por fatores ambientais ou agentes como bactérias, vírus, fungos e endoparasitas, destacando os cestóides, nematóides e acantocéfalos, responsáveis por significativas perdas econômicas na produção de pescado. No contexto científico e tecnológico, a compreensão aprofundada do parasitismo na piscicultura é essencial para a implementação de práticas de manejo sustentáveis e eficazes. O conhecimento das espécies de parasitas presentes, suas interações com os hospedeiros e os fatores ambientais que influenciam suas prevalências são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de controle e prevenção. Além disso, o estudo do parasitismo permite avaliar a qualidade da água e do ambiente de criação, identificando possíveis fatores de risco e adotando medidas preventivas para garantir a sanidade dos estoques.

Esta revisão busca abordar a importância do estudo do parasitismo na piscicultura no Brasil, destacando os avanços científicos e tecnológicos que têm contribuído para a compreensão dessa questão. Serão explorados aspectos como a diversidade de parasitas encontrados em peixes cultivados, as consequências do parasitismo para a saúde e o desempenho dos peixes, bem como as estratégias de controle adotadas pela indústria aquícola. Ademais, serão discutidos os desafios enfrentados e as oportunidades para futuras pesquisas, visando aprimorar a sanidade e a sustentabilidade da piscicultura no país.

TÓPICOS

Principais espécies de peixes cultivados no Brasil.

A piscicultura brasileira tem se destacado pela criação de diversas espécies de peixes em ambientes controlados, contribuindo significativamente para a produção de proteína animal no país. Dentre as espécies de maior destaque, encontramos: Tilápia (*Oreochromis spp.*) uma das espécies mais importantes para a piscicultura no Brasil, devido à sua rápida taxa de crescimento, adaptabilidade a diferentes condições de cultivo e alta demanda no mercado consumidor (1). Tambaqui (híbrido de tambaqui - *Colossoma macropomum*, e pacu - *Piaractus mesopotamicus*) amplamente cultivado no Brasil devido ao seu rápido crescimento, comportamento alimentar onívoro e adaptabilidade a diferentes sistemas de cultivo (2). Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) espécie de peixe de água doce muito valorizada na aquicultura brasileira devido ao seu tamanho impressionante, carne de qualidade e alta aceitação no mercado (3). Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) espécie nativa da América do Sul e uma das principais opções para a piscicultura no Brasil, devido à sua rusticidade, crescimento rápido e carne saborosa (4).

Essas espécies de peixes têm contribuído para o desenvolvimento da piscicultura no Brasil, atendendo às demandas do mercado consumidor e impulsionando a produção de proteína animal no país.

Boas práticas de manejo

O monitoramento regular dos parâmetros da água, como temperatura, oxigênio dissolvido, pH e amônia, é essencial para manter um ambiente adequado e saudável para os peixes em cultivo (5). Uma dieta balanceada e específica para cada espécie de peixe, contendo os nutrientes essenciais, é crucial para o crescimento saudável, a resistência a doenças e a otimização do desempenho produtivo (6). A implementação de práticas de biossegurança, como quarentena para novos peixes e controle de possíveis patógenos, é vital para evitar a propagação de doenças e minimizar perdas na produção (7). O manejo adequado do estoque, levando em consideração a densidade de estocagem adequada para cada espécie e tamanho dos peixes, evita o estresse e a competição por recursos, resultando em melhores taxas de crescimento e sobrevivência (8). Adoção de práticas sustentáveis, como a reutilização de água, o uso de energias renováveis e a reciclagem de resíduos, contribui para a preservação do meio ambiente e para a imagem positiva da piscicultura perante a sociedade (9). A implementação efetiva das boas práticas de manejo na piscicultura é essencial para o crescimento sustentável do setor, garantindo a produção de peixes saudáveis, de alta qualidade e em harmonia com o meio ambiente.

Falhas técnicas no manejo

A piscicultura no Brasil tem enfrentado desafios relacionados a falhas técnicas no manejo, que podem impactar negativamente a produção de peixes e a sustentabilidade da atividade. A qualidade inadequada da água, com altos níveis de amônia, baixo oxigênio dissolvido e pH desequilibrado, tem sido apontada como uma das principais falhas

técnicas na piscicultura brasileira (10). A oferta de dietas desbalanceadas, com deficiências de nutrientes essenciais ou excesso de certos componentes, pode resultar em crescimento lento, baixa taxa de conversão alimentar e aumento da incidência de doenças nos peixes (11).

A falta de práticas de biossegurança, como quarentena para novos peixes, controle de patógenos e manejo de resíduos, pode levar à disseminação de doenças e afetar negativamente a saúde dos estoques (12). O excesso de estoque e a alta densidade de estocagem podem levar ao estresse, à competição por alimentos e ao aumento das taxas de mortalidade nos peixes, prejudicando a produtividade e a rentabilidade dos empreendimentos aquícolas (13). A falta de adoção de práticas ambientalmente sustentáveis, como a não utilização de tecnologias de tratamento de efluentes e o descarte inadequado de resíduos, pode ter impactos negativos no ecossistema aquático circundante (14). A identificação e correção dessas falhas técnicas são fundamentais para garantir a eficiência produtiva, a saúde dos peixes e a preservação do meio ambiente na piscicultura brasileira.

Principais endoparasitos de peixes de água doce

Os endoparasitos são organismos que vivem no interior dos peixes, podendo causar doenças e impactar negativamente a saúde e a produção aquícola. Dentre os principais endoparasitos encontrados em peixes de água doce, destacam-se: Os *Myxozoa* são parasitos microscópicos que afetam diversos órgãos internos dos peixes, causando doenças como a mixomatose, comumente encontrada em espécies de carpas e tilápias (15). Os monogenea são endoparasitos que se fixam nas brânquias dos peixes, causando danos aos tecidos e reduzindo a eficiência respiratória. Espécies como *Dactylogyrus* e *Gyrodactylus* são comuns em espécies de peixes ornamentais (16). Os trematódeos são parasitos comuns em peixes de água doce, podendo afetar diversos órgãos internos. Exemplos incluem espécies de *Diplostomum*, que causam catarata em peixes e podem afetar a qualidade da carne para consumo humano (17). Os nematódeos são endoparasitos que afetam o trato digestório e outros órgãos internos dos peixes. Alguns representantes importantes são as espécies de *Contracaecum* e *Anisakis*, que podem ser transmitidas a humanos através do consumo de peixes crus ou mal-cozidos (18). A identificação precoce e o controle adequado dos principais endoparasitos em peixes de água doce são fundamentais para a saúde e o bem-estar dos peixes, bem como para a sustentabilidade da piscicultura.

Filo Platyhelminthes

Os platelmintos, também conhecidos como vermes achatados, são um filo de parasitas que podem afetar a saúde e a produtividade dos peixes em sistemas de aquicultura. Dentre as principais classes encontradas em peixes na aquicultura, os monogenea são parasitas que afetam as brânquias e a pele dos peixes, sendo amplamente encontrados em sistemas de cultivo de peixes de água doce e marinha. Espécies como *Dactylogyrus* e *Gyrodactylus* são de particular interesse na aquicultura (19). Os trematódeos são endoparasitas que infectam diversos órgãos internos dos peixes,

incluindo fígado, intestino e vesícula biliar. Espécies como *Diplostomum* e *Centrocestus* podem causar danos graves à saúde dos peixes em criações aquícolas (20). Os cestódeos são vermes segmentados que parasitam o trato digestório dos peixes. Algumas espécies como *Bothriocephalus acheilognathi* podem causar danos intestinais significativos e afetar a absorção de nutrientes pelos peixes em cultivo (21). Os acantocéfalos são vermes com uma probóscide espinhosa que se fixa no trato digestório dos peixes. Espécies como *Neoechinorhynchus salmonis* têm sido relatadas em salmões e podem causar distúrbios digestivos e impactar negativamente o crescimento dos peixes" (22). O conhecimento da biologia e do ciclo de vida desses parasitas é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de controle e prevenção em sistemas de aquicultura, visando a saúde e o bem-estar dos peixes criados.

Filo Acanthocephala

Acantocéfalos abrigam quase 1.100 espécies, sendo aproximadamente metade delas parasitas de peixes, sejam eles de criação ou selvagens (23). Esses helmintos são exclusivamente endoparasitas do intestino de vertebrados. Na região amazônica, foram identificadas nove espécies que afetam os peixes, incluindo duas espécies que parasitam o tambaqui: *Echinorhynchus jucundus*, da família *Echinorhynchidae*, e *Neoechinorhynchus buttnerae*, da família *Neoechinorhynchidae* (24). Os acantocéfalos adultos podem apresentar variações de coloração, que vão do branco ao creme, podendo ser influenciados pelo conteúdo intestinal do hospedeiro. Quanto ao tamanho, eles variam de menos de 1,0 mm a 60,0 mm, dependendo da espécie, apresentando um corpo cilíndrico alongado e coberto por cutículas espessas e pregueadas transversalmente (25).

Filo Nematoda

Os nematódeos são vermes cilíndricos pertencentes ao filo nematoda, sendo um grupo de parasitas que pode afetar a saúde e a produtividade dos peixes em sistemas de aquicultura. Diversas espécies de nematódeos parasitas de peixes foram descritas em diferentes espécies de peixes de água doce e marinhos em várias regiões do mundo. Alguns exemplos incluem as espécies do gênero *Contracaecum*, que são frequentemente encontradas em peixes criados em aquicultura (26). A infestação na luz do lúmen pode levar a problemas de saúde nos peixes, como inflamações intestinais, danos teciduais e, em casos mais graves, até mesmo a mortalidade dos peixes em criações aquícolas. Isso pode resultar em perdas econômicas significativas para os produtores (27).

Medidas preventivas e terapêuticas de peixes parasitados

Profilaxia é uma abordagem essencial na aquicultura, visando melhorar o bem-estar e aumentar a imunidade dos animais para proporcionar proteção contra futuras exposições a patógenos (28). Essa estratégia pode ser planejada através do controle adequado de patógenos e do manejo correto dos tanques. Monitorar continuamente a qualidade da água, pH, temperatura, quantidade de amônia e densidade populacional são medidas profiláticas eficazes no controle de diversas enfermidades (29). O transporte adequado de peixes é um fator importante para evitar a transmissão de patógenos. Caso um animal já esteja parasitado, a execução da quarentena em um tanque separado do

tanque de cultivo é essencial para realizar tratamentos e observações após o transporte (30).

As helmintoses apresentam um risco maior para peixes jovens, e uma forma profilática que tem mostrado bons resultados é o uso de vitaminas que melhoram a imunidade dos peixes, como as vitaminas C e E, que promovem a diminuição do estresse e, conseqüentemente, melhoram o sistema imunológico dos peixes, auxiliando na redução de parasitoses (31). É importante realizar o tratamento somente quando a presença de parasitas nos peixes é confirmada, evitando intervenções terapêuticas desnecessárias, que podem causar estresse nos animais e prejudicar sua saúde (32). As formas mais comuns de aplicar tratamentos em pisciculturas incluem o uso de produtos incorporados na ração, banhos de imersão, tratamentos tópicos e remanejamento. Uma vez confirmada a presença de parasitas em uma piscicultura, o tratamento deve ser realizado de forma emergencial para combater rapidamente esses agentes e evitar altas taxas de mortalidade dos peixes (33).

CONCLUSÕES

A conclusão desta revisão bibliográfica destaca a importância do estudo do parasitismo na piscicultura brasileira, ressaltando a necessidade de implementação de boas práticas de manejo e medidas profiláticas para prevenir e controlar doenças parasitárias. O conhecimento aprofundado sobre os principais endoparasitos, é fundamental para garantir a saúde dos peixes cultivados, bem como a sustentabilidade e o crescimento da atividade aquícola no país.

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp Campus de Dracena a qual concluí meu mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal.

Aos estudantes membros do E.E.P.P.A - Equipe de Extensão e Pesquisa a Parasitologia Animal-Unesp/FCAT.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal.

REFERÊNCIAS

1. Silva, J. M. et al. Cultivo de Tilápias: fundamentos e técnicas. Editora UFV, 2019.
2. Santos, A. R. et al. Cultivo de Tambacu: tecnologias e perspectivas. Editora ABC, 2020.
3. Lopes, C. R. et al. Pintado: uma promissora espécie para a piscicultura brasileira. Revista Aquacultura Brasil, v. 14, n. 2, p. 47-52, 2018.

4. Soares, M. S. et al. Pacu: produção, manejo e mercado. Editora AQUABRASIL, 2017.
5. Rodrigues, F. A. et al. Water quality monitoring in fish farming: a critical review. *Aquaculture*, v. 526, 735309, 2020.
6. Silva, J. M. et al. Fish nutrition and feeding management in aquaculture. Academic Press, 2019.
7. Carvalho, E. D. et al. Biosecurity measures to prevent the introduction and spread of pathogens in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, v. 10, n. 4, p. 890-907, 2018.
8. Alves, R. M. et al. Stocking density effects on growth, feed efficiency and body composition of Nile tilapia fingerlings. *Aquaculture Research*, v. 48, n. 2, p. 598-607, 2017.
9. Gonçalves, A. T. et al. Sustainability practices in fish farming: a review. *Reviews in Aquaculture*, v. 13, n. 3, p. 627-641, 2021.
10. Santos, J. M. et al. Water quality management and fish welfare in Brazilian fish farms: challenges and perspectives. *Reviews in Aquaculture*, v. 10, n. 1, p. 127-139, 2018.
11. Carvalho, E. D. et al. Feeding management and nutrition-related issues in Brazilian fish farming. *Reviews in Aquaculture*, v. 11, n. 4, p. 1100-1114, 2019.
12. Oliveira, M. R. et al. Health management and biosecurity measures in Brazilian fish farming: current status and future challenges. *Aquaculture International*, v. 28, n. 3, p. 961-975, 2020.
13. Silva, R. C. et al. Stocking density effects on fish farming: implications for growth, survival and health status of Nile tilapia. *Aquaculture*, v. 479, p. 129-136, 2017.
14. Ferreira, V. D. et al. Sustainable practices in Brazilian fish farming: a comprehensive review. *Reviews in Aquaculture*, v. 11, n. 2, p. 431-444, 2019.
15. Rajanala, S. R. et al. Myxozoan parasites of freshwater fish in India: a review. *Reviews in Aquaculture*, v. 10, n. 1, p. 58-76, 2018.
16. Singh, P. et al. Monogenean parasites in ornamental fish: a comprehensive review. *Reviews in Aquaculture*, v. 11, n. 2, p. 307-324, 2019.

17. Boiarskaia, E. et al. Trematode infections in freshwater fish: a review. *Journal of Fish Biology*, v. 98, n. 2, p. 279-298, 2021.
18. Luz, R. K. et al. Nematode parasites in freshwater fish: a review. *Aquaculture Research*, v. 51, n. 9, p. 3521-3530, 2020.
19. Rajanala, S. R. et al. Monogenean parasites in freshwater and marine fish in India: a comprehensive review. *Reviews in Aquaculture*, v. 10, n. 4, p. 947-958, 2018.
20. Boiarskaia, E. et al. Trematode infections in cultured and wild freshwater fish: a review. *Journal of Fish Diseases*, v. 44, n. 8, p. 1089-1104, 2021.
21. Ma, G. et al. Cestode parasites in farmed and wild freshwater fish: a review. *Aquaculture Research*, v. 51, n. 1, p. 255-266, 2020.
22. Sánchez-Mendoza, M. et al. Acanthocephalan parasites in fish: a comprehensive review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 29, n. 4, p. 1005-1023, 2019.
23. Dias, A. S.; Mariano, W. M. Ocorrência de Helminhos em Peixes no Brasil. *Revista de Patologia Tropical*, v. 44, n. 3, p. 320-343, 2015.
24. Malta, J. C. O. et al. Helminhos de peixes da Amazônia: II - Acantocéfalos do Tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818). *Acta Amazônica*, v. 31, n. 3, p. 457-460, 2001.
25. Rosar, K. Acantocéfalos. In: CARVALHO, J. C. T. et al. *Parasitologia na aquicultura*. Jaboticabal: Funep, p. 61-64, 2017.
26. Zhu, X. et al. A review of nematodes of fishes of the Yellow Sea, with descriptions of three new species. *Parasites & Vectors*, v. 11, n. 1, p. 269, 2018.
27. Deardorff, T. L. et al. Nematode parasitism alters host feeding physiology and lipid metabolism in farmed yellow perch. *Parasitology*, v. 147, n. 7, p. 825-837, 2020.
28. Pizzolatti, M. G. *Biologia, ecologia e controle de helmintos de peixes cultivados*. 2000. 123 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
29. Tavares-Dias, M. et al. Diseases in cultured freshwater fish in Brazil: diagnosis and control. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 22, n. 2, p. 227-236, 2013.

30. Rodrigues, E. L.; Azevedo, R. K. Parasitoses de peixes em sistemas de cultivo intensivo: uma revisão. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, n. 24, p. 1-14, 2017.
31. Campos, A. C. A. et al. Vitaminas C e E em dietas para tilápias-do-nilo: estresse e resposta imunológica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 10, p. 754-762, 2014.
32. Figueiredo, H. C. P.; Leal, A. T. M. Use of parasitocidal treatments in Brazilian fish farms: application methods, adverse effects, and biosecurity measures. *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n. 3, p. 871-876, 2008.
33. Viana, R. B. R. Relação parasito-hospedeiro de *Philometroides brasiliensis* (Nematoda: Philometridae) parasitando o peixe ornamental *Hyphessobrycon eques* (Teleostei: Characidae). 2004. 96 f. Tese (Doutorado em Biologia Animal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

Capítulo 57

DOI: 10.53934/IIICBPAV-57

CARACTERIZAÇÃO DE QUINTAIS PRODUTIVOS DE ASSENTAMENTO RURAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Jéssica Débora de Souza Davi ; Amanda Henrique da Costa Bento ; Catarine Santos da Silva 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: jessicadeboral@hotmail.com

Resumo: Com espaços localizados nos arredores das casas, os quintais produtivos surgem como uma alternativa utilizada por mulheres na geração de alimentos para a família, além de contribuir na geração de renda. São uma das formas de manejo de terra mais antigas utilizadas por famílias rurais, e consistem em uma combinação de espécies florestais, agrícolas, medicinais e ornamentais, associados, também, à criação de animais. O objetivo deste trabalho foi caracterizar os quintais produtivos, bem como o perfil das agricultoras que mantêm os locais no assentamento José Milanêz, município de Lagoa Nova, RN. O estudo é do tipo transversal e quantitativo, realizado entre os meses de abril a junho de 2022. A amostra foi por conveniência, onde foram incluídas 53 mulheres que possuíam quintais produtivos bem representativos. A metodologia utilizada para a coleta de dados foi entrevista domiciliar por meio de questionário semi-estruturado contendo questões que englobavam aspectos sociais, demográficos e sobre o processo de trabalho nos quintais produtivos. Foram identificados uma diversidade de espécies produzidas nos locais, sendo as frutíferas, os vegetais mais predominantes, além da criação de animais de pequeno porte. Tais produtos são utilizados para autoconsumo das famílias e seu excedente da produção é vendido localmente. Como foi observado, as áreas disponibilizam recursos direcionados à sobrevivência dessas famílias, e para a maioria das entrevistadas, os quintais contribuem para alimentação da família, além da geração de renda para elas.

Palavras-chave: agricultura familiar; mulheres agricultoras; quintais produtivos; sustentabilidade; sistemas agroflorestais

Abstract: With spaces located on the outskirts of the houses, the productive backyards emerge as an alternative used by women to generate food for the family, in addition to contributing to the generation of income. They are one of the oldest forms of land management used by rural families, and consist of a combination of forest, agricultural, medicinal and ornamental species, also associated with animal husbandry. The objective of this work was to characterize the productive backyards, as well as the profile of the female farmers who maintain them in the José Milanêz settlement, in the municipality of Lagoa Nova, RN. The study is cross-sectional and quantitative, carried out between April and June 2022. The sample was for convenience, which included 53 women who had very representative productive backyards. The methodology used for data collection was a home interview using a semi-structured questionnaire containing questions that encompassed social, demographic aspects and the work process in the productive

backyards. A diversity of species produced in the places were identified, being the fruit trees, the most predominant vegetables, in addition to the creation of small animals. Such products are used for self-consumption by families and their production surplus is sold locally. As noted, the areas provide resources aimed at the survival of these families, and for most of the interviewees, the backyards contribute to feeding the family, in addition to generating income for them.

Key Word: family farming; female farmers; productive backyards; sustainability; agroforestry systems

INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais são modelos produtivos que visam a interações entre diferentes componentes, sendo eles, os arbóreos, agrícolas e animais de maneira simultânea ou sequencial, contribuindo para o aumento da diversidade e produtos, diminuindo assim a necessidade de insumos externos, além da redução de impactos ambientais, por meio da otimização no uso das terras, conciliando a preservação ambiental com a produção de alimentos, conservando o solo e diminuindo a pressão pelo uso da terra para a produção agrícola (1).

Dentro deste enfoque, encontra-se a agricultura familiar, que atua de forma efetiva na produção de alimentos e na geração de renda em todas as regiões do país, promovendo mudanças socioeconômicas positivas para as famílias rurais. Os quintais produtivos surgem como uma das características da agricultura familiar, sendo uma das formas mais antigas de produção de alimentos e manejo de terras. De forma tradicional, o trabalho realizado nesses locais é principalmente atribuído às mulheres, assim como o processamento dos alimentos que são consumidos pela família, e que ao longo da história é possível perceber que vem contribuindo para a segurança alimentar e nutricional das famílias (2).

Os quintais produtivos encontram-se nos arredores das residências de famílias rurais e compreendem na agregação de uma diversidade de espécies vegetais, tais como, frutíferas, hortaliças, medicinais, ornamentais, além de animais de pequeno porte, e tendo como objetivo principal a complementação da produção obtida em outras áreas da propriedade (3).

No município de Lagoa Nova - RN, a agricultura familiar está como uma das principais fontes de renda. A cidade é conhecida como a terra do caju, que é amplamente produzido e comercializado, sendo fonte de matéria-prima para produção de outros alimentos. Além disso, também tem potencial na produção de grãos (ex: feijão, milho e fava), tubérculos e raízes (ex: batata, mandioca e macaxeira), frutos (maracujá, acerola, pinha e jaca), entre outros tipos de alimentos.

Com isso, o trabalho teve como objetivo realizar a caracterização de quintais produtivos de famílias agricultoras assentadas, de forma a avaliar a composição e uso de diferentes espécies que compõem esse tipo de sistema e seus indicativos de

sustentabilidade no assentamento José Milanêz, município de Lagoa Nova/RN. Assim como, avaliou-se o perfil de mulheres que gerenciam os quintais e sua percepção com relação à importância desses espaços para a autonomia financeira e alimentícia de suas famílias, além da composição e uso de espécies vegetais e animais presentes nesses locais.

MATERIAL E MÉTODOS

O assentamento José Milanês, que possui área de 744,35 m², está localizado na zona rural do município de Lagoa Nova/RN, a 156 km da capital Natal/RN. Às condições climáticas do município, apresentam temperaturas mínimas de 18° C e máximas de 30° C, com clima frio e semiúmido.

No dia 18 de setembro de 1997, famílias associadas ocuparam o local e, através do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), fizeram a aquisição das terras. Atualmente, o assentamento possui 132 famílias assentadas, das quais 95 já conseguiram adquirir o seu Título de Domínio, que garante que a terra pertence definitivamente a determinada família (4). Grande parte dos agricultores assentados se ocupam na agricultura familiar de autoconsumo, e os demais além de consumir, comercializam seus produtos.

O estudo é do tipo transversal e quantitativo, realizado entre os meses de abril a junho de 2022. A amostra foi por conveniência, onde foram incluídas 53 mulheres que possuíam quintais produtivos bem representativos. A metodologia utilizada para a coleta de dados foi entrevista domiciliar por meio de questionário semi-estruturado contendo questões que englobavam aspectos sociais, demográficos e sobre o processo de trabalho nos quintais produtivos.

Para análise dos dados foi utilizado o programa SPSS versão 20.0. Os dados foram descritos em frequência simples e percentual. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi - Universidade Federal do Rio Grande do Norte sob o parecer N° CAAE 55486722.3.0000.5568. Todas as participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Além da busca pela segurança alimentar, os quintais produtivos do assentamento José Milanêz representam espaços de valorização à cultura e preservação do conhecimento tradicional. Cada família possui uma forma individual de desenvolver suas atividades de cuidado na utilização de seus quintais. Foram obtidas informações socioeconômicas referentes aos núcleos familiares, e no que diz respeito a idade das entrevistadas, observou-se que varia de 18 a 80 anos. A escolaridade da maioria é baixa, pois mais de 60% das mulheres são analfabetas ou possuem até o fundamental completo.

Em relação à renda familiar, 71,7% sobrevivem apenas com um salário-mínimo e 54,7% referiram não receber benefício do até então Auxílio Brasil. A maioria das agricultoras, além dos trabalhos realizados nos quintais, também realizavam trabalhos

domésticos (50,9%), e outras 30,2% também realizavam trabalhos formais ou eram aposentadas. Provavelmente os quintais oferecem alimentos que complementam a dieta da família, quando a renda financeira não supre essa demanda necessária (Tabela 1).

Em relação à produção, observou-se que a maioria dos produtos dos quintais eram destinados ao autoconsumo. Algumas além de utilizarem sua produção no autoconsumo para a família, comercializam o excedente da produção para atravessadores, vizinhos e comunidades vizinhas. Esse dado revela a importância da presença destes quintais nas residências de famílias em vulnerabilidade financeira. A renda obtida por meio da venda dos produtos é insuficiente para sustentar a família, porém contribuem no custeio dos pequenos gastos (3). O produto mais rentável que sai dos quintais são os animais. Criações animais, como a de galinhas, bovinos e suínos foram constatadas na maioria dos quintais estudados.

Tabela 1 – Caracterização sociodemográficas das entrevistadas, Lagoa Nova/RN, 2023.

Características	N (53)	%
Idade (anos)		
18-59	39	73,6
≥60	14	26,4
Escolaridade		
Analfabeta	15	28,3
Até o ens. fun. completo	18	34,0
> Ens. fundamental completo	20	37,7
Renda familiar		
Até 1 salário-mínimo*	38	71,7
≥1 salário-mínimo	15	28,3
Beneficiária do Auxílio Brasil		
Sim	24	45,3
Não	29	54,7
Profissão		
Agricultora	10	18,9
Agricultora e dona de casa	27	50,9
Agricultora e trabalhadora formal ou aposentada**	16	30,2

*Salário-mínimo: R\$1.320. **n= 12 aposentadas.

A existência dos quintais está associada ao período de moradia dos agricultores no assentamento, que variou de 5 a 26 anos. Foi visto que quanto maior o tempo de moradia, mais desenvolvidos eram os quintais e, por consequência, um maior número de espécies. Observou-se que o espaço destinado a cada um dos quintais são planos e com localização estratégica, possuindo uma área total de em média 50 m² e 8 hectares para a lavoura anual, que precisa ser plantada todos os anos.

A composição dos quintais mostrou-se bastante variada, priorizando-se a produção de frutíferas, hortaliças, tubérculos e raízes e criação de animais. A maioria produz frutas (maracujá, pinha, caju, acerola, umbu, seriguela), cereais (milho, feijão e fava) e animais (caprinos, bovinos e suínos) (50,9%) (Figura 1). Normalmente construídos e geridos por mulheres, os quintais produtivos são ocupados por uma variedade de espécies animais e vegetais, gerando produtos e contribuindo na renda durante o ano inteiro. Além disso, foi visto que representam uma fonte de renda importante, contribuindo assim para a autonomia financeira das mesmas (5).

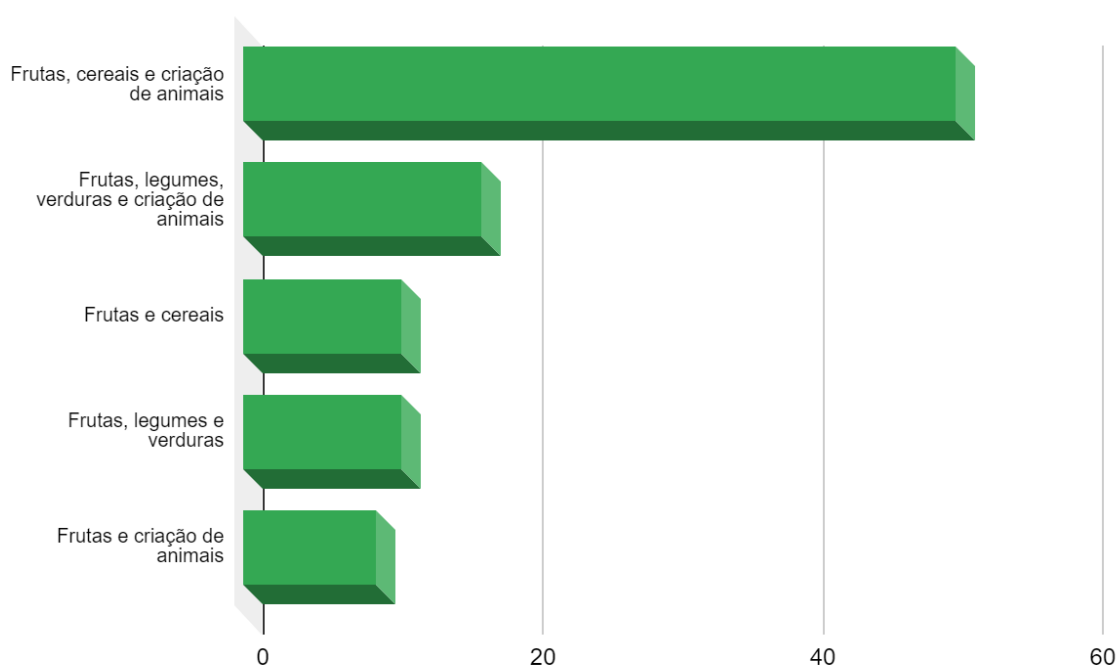


Figura 1. Diversidade produtiva no assentamento José Milanêz, Lagoa Nova/RN, 2023.

As estratégias de manejo utilizadas são baseadas na mão de obra familiar que está diretamente relacionada com o conhecimento e a prática de cada agricultora. Dentre as práticas de manejo agrícola mais utilizadas estão a utilização de sementes crioulas (75,5%), capinadeira animal (37,7%) e adubação agroecológica (28,3%). Nos locais, utiliza-se esterco bovino na adubação das plantas.

A respeito da utilização de agroquímicos, 96,2% não utilizam, optando por práticas agroecológicas, como os defensivos naturais em alternativa ao uso dos

agrotóxicos. Os defensivos naturais, também chamados de “alternativos”, são produtos preparados a partir de substâncias não prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, que favorecem a produção de alimentos mais saudáveis para o consumidor final. Dentre as suas principais características estão: baixa ou nenhuma toxicidade ao ser humano e a natureza; eficiência no combate de insetos e microrganismos nocivos; boa disponibilidade e baixo custo. São exemplos dessa categoria os agentes de biocontrole, biofertilizantes líquidos, caldas, feromônios, extratos de plantas e óleos (6).

CONCLUSÕES

A riqueza em diversidade de fauna e flora cultivadas e espontâneas (frutas, hortaliças e animais) nos quintais do assentamento José Milanêz suprime uma parte da necessidade alimentar das famílias, além de contribuir para aquisição de uma pequena renda extra, obtida através da comercialização da produção excedente.

Com isso, é possível perceber que a agricultura familiar por meio dos quintais é um importante segmento para gerar trabalho, mantendo a população no campo, garantindo alimentos para as famílias que produzem boa parte dos produtos vegetais e animais para serem consumidos e comercializados localmente. Embora muitos não tenham conhecimento, investir na agricultura familiar tem impactos positivos. Além de promover a produção agrícola, auxilia na redução da fome mundial, favorecendo também a sustentabilidade e respeito ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

1. Embrapa. Sistemas agrofloretais [Internet]. 2023. [acesso em 2023 Jun 13]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/sistemas-agrofloretais-safs>.
2. Strate MF, Costa SM. Quintais Produtivos: contribuição à segurança alimentar e ao desenvolvimento sustentável das mulheres rurais no RS-Brasil. *Bras Journ of Develop*. 2018;4(7):3732–3744.
3. Silva FJA, Carvalho VPC, Torres EJM. Caracterização de quintais produtivos do assentamento Santa Teresa, município de Uruçuí, PI. *Cad de Agroec*. 2020;15(2):1-6.
4. Bento AHC. Segurança alimentar e nutricional em famílias rurais do interior potiguar [trabalho de conclusão de curso]. Santa Cruz/RN: Faculdade de Ciências da Saúde do Trairí; 2023.
5. Aires JR. Quintais produtivos [Internet]. Belo Horizonte: Editora da Akssam; 2022 [acesso em 13 Jun 2023]. Disponível em: <https://11nq.com/YLQyV>.
6. Ayres MIC, Puente RJA, Neto JGF, Uguen K, Alfaia SS. Defensivos naturais: manejo alternativo para pragas e doenças [internet]. 2020. [acesso em 2023 Jun 13]. Disponível em: <https://encurtador.com.br/ehkGP>.

ISBN 978-658506214-5



9

786585

062145

