



Desafios globais, soluções locais: avanços em Ciências Agrárias e Ambientais

Jaily Kerller Batista de Andrade
(Org.)

LICURI



Desafios globais, soluções locais: avanços em Ciências Agrárias e Ambientais

Jaily Kerller Batista de Andrade
(Org.)

LICURI

© 2023 Editora Licuri
Rua Florianópolis, 800
CEP: 58417-240 - Campina Grande, Paraíba
E-mail: contato@editorallicuri.com.br
Site: editorallicuri.com.br

Produção Editorial

Editor Chefe: Dr. Jaily Kerller Batista de Andrade

Revisão: Os Autores

Diagramação e Capa: Aline Soares de Barros

Créditos da capa: Editora Licuri

Conselho Editorial:

Dra. Sandra Bezerra da Silva
Dr. Luiz Gustavo de Souza e Souza
Dr. Leandro Donizete Moraes
Dra. Priscila Bernardo Martins
Dr. João Paulo Laranjo Velho
Dra. Nádia Vilela Pereira
Msc. Aécio Dantas de Sousa Júnior
Msc. Jaqueline Rocha de Medeiros
Msc. Jéssica Grama Mesquita

A554 Andrade, Jaily Kerller Batista.
Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais / Jaily KerllerBatista de Andrade - Campina Grande: Licuri, 2023.

Livro digital (160 f.: il.)
ISBN 978-65-85562-17-1
DOI <https://doi.org/10.58203/Licuri.2096>

Modo de acesso: World Wide Web
1. Meio Ambiente - Brasil. 2. Ciências Florestais - Brasil. 3. Agrárias. I. Andrade, Jaily Kerller Batista, org, II. Título. Brasil. Meio ambiente. III. Título. Estudos em Ciências Florestais e Agrárias.

CDD - 363



O conteúdo deste livro está licenciado sob atribuição de licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

O conteúdo dessa obra e a sua revisão expressam estudos, opiniões e abordagens que são de responsabilidade exclusiva dos autores.

APRESENTAÇÃO

Neste livro, exploraremos um vasto horizonte de conhecimento que abrange desde o cultivo de plantas medicinais até questões cruciais relacionadas ao meio ambiente e à saúde. Cada capítulo é uma janela para um mundo de descobertas e investigações que têm impacto direto em nossas vidas.

No campo da botânica, é investigado a germinação e o crescimento de mudas de *Salvia officinalis* L. e *Pimenta Malagueta* em diferentes substratos. Analisaremos também a influência de diferentes substratos no crescimento do nabo e as complexas interações entre o cajueiro anão precoce, a pimenta e a traça da castanha.

Agricultura e sustentabilidade serão temas centrais à medida que exploramos a comparação entre ovos caipiras e convencionais na agricultura familiar e discutimos a precarização da agricultura familiar e a alimentação escolar após a pandemia da Covid-19. Além disso, examinaremos a resistência à polimixina em *Klebsiella pneumoniae* e a importância da análise cariotípica em sementes crioulas de *Phaseolus lunatus* L.

No campo da sustentabilidade ambiental, investigaremos a captação de água de chuva para uso na agricultura e o potencial de sistemas de tratamento de águas residuárias na produtividade da biomassa algal. A busca por alternativas ecologicamente corretas nos levará à secagem de proteína do soro do queijo em secadores de leite de jorro convencionais e à avaliação microbiológica da fibra de caju para produtos plant-based.

Por fim, exploraremos os impactos da poluição marinha por microplásticos em anêmonas do mar, refletindo sobre os desafios e perspectivas futuras para a conservação dos ecossistemas marinhos.

Este livro é uma porta de entrada para um mundo de pesquisa interdisciplinar e descobertas que moldam nosso entendimento do ambiente natural e da agricultura sustentável.

SOBRE OS ORGANIZADORES DA OBRA

Jaily Kerller Batista de Andrade

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande (2014); Complementação Pedagógica com habilitação em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (2019); Mestrado (2016) e Doutorado (2021) em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo.

SUMÁRIO

Germinação e crescimento de mudas de <i>Salvia officinalis</i> L. cultivadas com mistura de vermiculita	1
Ryan Rosa Teles; Camila Athanázio de Azevedo; Stefany de Souza Xavier; Julia Ramos de Oliveira; Nicole Pereira de Souza Rocha; Cristina Moll Hüther	
Germinação, vigor e crescimento de Pimenta Malagueta com diferentes substratos	12
Fernanda Macedo de Araujo Azeredo; Bruna de Carvalho Assunção; Sophia Helena Saldanha Bethencourt; Giulia Lima Zappa; Gabriela Martins Correa; Cristina Moll Hüther	
Análise de germinação e crescimento do nabo em diferentes substratos	23
Pedro Soares de Melo; Ana Carolina Ribeiro de Noronha; Daiana Florindo da Silva; Evelynn Teixeira Silva; Rebeca Parraga Abbate; Cristina Moll Hüther	
Infestação da traça da castanha (<i>Anacampsis phytomiella</i> Busck) em frutos do cajueiro anão precoce consorciado com pimenta	32
Mateus Wilson Oliveira Gonçalves; Antônio Lindemberg Martins Mesquita; Rita de Cássia Alves Pereira	
Comparação de macro e micronutrientes da casca de ovo caipira versus ovo convencional para uso em produção na agricultura familiar	46
Magda Beatriz de Almeida Matteucci; Reginaldo Santana Figueiredo; Rosângela Vera	
Mudanças climáticas, eventos climáticos extremos e movimentos de massa no Brasil: Uma revisão sistemática	52
Emanuele Santos Carvalho; Daíse Cardoso de Souza Bernardino	
Resistência à polimixina em isolado de <i>Klebsiella pneumoniae</i> produtor de carbapenemase	64
João Carlos Cavalcanti de Albuquerque Junior; Igor Vasconcelos Rocha; Carlos Alberto das Neves de Andrade	

Precarização da agricultura familiar e alimentação escolar após o cenário da pandemia da Covid-19: uma análise reflexiva sob a ótica sustentável	75
Taísa Kelly Pereira da Silva; Ana Luiza Mattos Braga; Cinthia Karla Rodrigues do Monte Guedes	
Secagem de proteína do soro do queijo em secador de leite de jorro convencional: uma alternativa de proteção ambiental	84
Taísa Kelly Pereira da Silva; Karina Lígia Pereira da Silva	
Obtenção e avaliação microbiológica da fibra de caju para uso na formulação de produtos plant-based	93
Antônio Calixto Lima; Joel Henrique Cardoso; Ênio Giuliano Girão; Helenira Hellery Marinho Vasconcelos; Arthur Claudio Rodrigues de Souza; Antônio Lindemberg Martins Mesquita	
Impactos da poluição marinha por microplásticos em anêmonas do mar: estado da arte e perspectivas futuras	104
Kamila Amanda da Silva Batista; Enelise Marcelle Amado	
Análise da água do primeiro milímetro de sistema de captação de água de chuva com foco na agricultura	118
Joelma Dias; Fabiane Rabelo da Costa Batista; Ailton Alves de Carvalho; Maria Virgínia da Conceição Albuquerque; Kaline Dantas Travassos; Maria das Graças Rodrigues	
Análise cariotípica em diferentes variedades de sementes crioulas de <i>Phaseolus lunatus</i> L. (Phaseoleae, Fabaceae)	128
Maria das Graças Rodrigues do Nascimento; Edna Ursulino Alves Joel Maciel Pereira Cordeiro; Maria Lúcia Maurício da Silva; Leonardo Pessoa Felix; Fabiane Rabelo da Costa Batista	
Produtividade da biomassa algal em sistemas de tratamentos de águas residuárias para reúso agrícola	140
Maria Virgínia da Conceição Albuquerque; Fabiane Rabelo da Costa Batista; Joelma Dias; Ailton Alves de Carvalho; Kaline Dantas Travassos; Maria das Graças Rodrigues do Nascimento	

Germinação e crescimento de mudas de *Salvia officinalis* L. cultivadas com mistura de vermiculita

Autores:

Ryan Rosa Teles

Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói-RJ

Camila Athanázio de Azevedo

Graduanda em Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - UFF, Niterói-RJ

Stefany de Souza Xavier

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFF, Niterói-RJ

Julia Ramos de Oliveira

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFF, Niterói-RJ

Nicole Pereira de Souza Rocha

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFF, Niterói-RJ

Cristina Moll Hüther

Doutorado em Fisiologia Vegetal.
Professora Adjunta no Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente - UFF, Niterói-RJ

DOI: 10.58203/Licuri.21711

Como citar este capítulo:

TELES, Ryan Rosa *et al.* Germinação e crescimento de mudas de *Salvia officinalis* L. cultivadas com mistura de vermiculita. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais.** Campina Grande: Licuri, 2023, p. 1-11.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

Salvia officinalis L., conhecida popularmente como sálvia ou sálvia-comum, é uma espécie de propriedades medicinais e condimentares, sendo que seus bioativos conferem ação fitoterápica. Devido às suas diferentes aplicabilidades, possui grande potencial econômico, aumentando a importância de estudos acerca de suas condições ideais de cultivo. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a germinação, vigor e crescimento de mudas de *Salvia officinalis* L., (sálvia) em dois substratos, um contendo 50% de vermiculita expandida misturada com terra vegetal e outro somente terra vegetal, a fim de verificar a melhor condição fornecida pelos substratos para o crescimento e desenvolvimento das mudas. Para isso, utilizou-se duas composições de substrato, uma contendo apenas terra vegetal e outra combinando terra vegetal + vermiculita na mesma proporção. Foram utilizadas duas bandejas de 200 células, uma por tratamento e alocadas em casa de vegetação com 70% de sombreamento e cobertura plástica. A germinação iniciou primeiro no substrato contendo apenas terra vegetal, porém ambos se estabilizaram quatro dias após a primeira germinação. As sementes expostas somente à terra vegetal apresentaram uma baixa taxa de germinação e morte precoce das plântulas. O substrato contendo vermiculita proporcionou uma melhor condição de cultivo, facilitando a emergência da plântula, bem como no crescimento do sistema radicular e o desenvolvimento da muda.

Palavras-chave: Sálvia. Fitoterápico. Substratos. desenvolvimento.

INTRODUÇÃO

Salvia officinalis L., conhecida popularmente como sálvia ou sálvia-comum, é um subarbusto perene pertencente à família Lamiaceae, de propriedades medicinais e condimentares (PEREIRA e SANTOS, 2013). A sálvia está distribuída em todo o mundo, principalmente em zonas tropicais e temperadas das regiões mediterrâneas da Europa, Sudeste Asiático, América Central e do Sul (WALKER et al., 2004).

A *S. officinalis* pode expandir-se até 60-70 cm de altura e apresenta folhas alongadas e aveludadas, de cor esbranquiçada na face inferior e verde-grisácea na face superior (SHARMA, et al., 2019). Ademais, apresenta flores com néctar abundante que atraem abelhas melíferas (REALES et al., 2004). Sua ocorrência nas mais variadas condições climáticas deve-se à sua perenidade e resistência (PEREIRA e SANTOS, 2013).

As folhas desta cultura são utilizadas pelas indústrias farmacêutica, alimentar e de cosméticos (MARTINS et al., 2015). Recomendada na medicina tradicional, possui constituintes que desempenham propriedades antioxidantes, antimicrobianas, anti-inflamatórias, anticancerígenas, além de auxiliar no tratamento de doenças como a diabetes e Alzheimer (SHARMA et al., 2019).

Devido às suas mais diversas aplicações, a sálvia possui grande potencial econômico, o que incentiva o cultivo da espécie, sendo uma das principais etapas do sistema produtivo que impacta diretamente no desempenho das plantas em campo é a produção de mudas de qualidade (FILGUEIRA, 2003).

Tratando-se da produção de mudas, é importante analisar aspectos como germinação e crescimento das plântulas. A germinação baseia-se em uma sequência de atividades metabólicas que resulta na formação de uma plântula (BEWLEY E BLACK, 1994). Tal processo varia de acordo com as necessidades de cada espécie e sofre influência de fatores ambientais abióticos como a temperatura, disponibilidade hídrica, luz e oxigenação (BANDEIRA et al., 2019).

Dentre os fatores que afetam a germinação e desenvolvimento de plântulas, as características do solo também são de extrema importância, uma vez que diferentes texturas apresentam variação na capacidade de retenção de umidade, podendo variar em graus de densidade e porosidade (JORGE et al., 2020).

O déficit hídrico representa um dos fatores abióticos mais limitantes quando se diz respeito à germinação, visto que água em excesso pode causar lixiviação de nutrientes, diminuindo a absorção dos mesmos pela planta, que tem seu desenvolvimento afetado (COSTA et al., 2022). A falta de água, por outro lado, prejudica o metabolismo das plantas, induzindo o fechamento dos estômatos, para diminuir a perda de água por transpiração, limitando a ocorrência da fotossíntese e consequentemente pode reduzir a produção de biomassa (CRUZ et al., 2020).

O substrato ideal deve fornecer às sementes condições ideais de germinação e desenvolvimento do sistema radicular, possuindo baixa densidade e boas propriedades físico-químicas, apresentando equilíbrio entre umidade e aeração (RAMOS et al., 2002). Pesquisas relacionadas à germinação de sementes expostas a estresses são de grande relevância, pois permitem o estudo dos limites de tolerância e adaptação das plantas sujeitas a fatores estressantes (PAIVA et al., 2019).

A vermiculita é um mineral que, por meio de um processo térmico industrial, torna-se um material de baixa densidade, pH neutro e baixa condutividade elétrica. (MARTINS et al., 2011). Pode ser utilizada para cobrir as sementes após a semeadura em recipientes, facilitando a emergência da plântula devido à sua baixa densidade (JORGE et al., 2020). Além disso, possui diversas vantagens como a alta capacidade de retenção de água e porosidade (OLIVEIRA et al., 2014).

Tendo em vista a influência do substrato no crescimento e desenvolvimento das plantas, o presente estudo teve como objetivo avaliar a germinação, vigor e crescimento de mudas de *Salvia officinalis* L., (sálvia) em dois substratos, um contendo 50% de vermiculita expandida misturada com terra vegetal e outro somente terra vegetal, a fim de verificar a melhor condição fornecida pelos substratos para o crescimento e desenvolvimento das mudas.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em área experimental pertencente ao programa Fitoterápico Farmácia Viva, localizada no campus do Gragoatá, na Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ. A região possui coordenadas 22° 54' 00'' S, 43° 08' 00'' W e altitude de 8m. Segundo a classificação de Köppen, o local possui clima Aw,

correspondente a um clima tropical com inverno seco e verão chuvoso, temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual de 1200 mm.

Para os tratamentos, utilizou-se terra vegetal da marca Geolia® (Figura 1A) como substrato no tratamento controle e o segundo tratamento é resultante da combinação de terra vegetal e vermiculita expandida de grânulo fino Vitaplan® (Figura 1B) na mesma proporção volumétrica. Cada bandeja de 200 células foi preenchida com um dos tratamentos, totalizando duas bandejas ao final da semeadura.



Figura 1. Substratos utilizados na composição dos tratamentos. Terra vegetal Geolia® (A) e Terra vegetal Geolia® + vermiculita expandida (B).

Foram utilizadas sementes de *Salvia officinalis* da marca ISLA SEMENTES® para a semeadura. O processo de semeadura ocorreu de modo que cada célula da bandeja recebesse uma única semente. Posteriormente, as duas bandejas foram alocadas em casa de vegetação com 70% de sombreamento e cobertura plástica. Durante todo o experimento manteve-se irrigação diária de modo a manter a capacidade de campo.

A análise da germinação foi realizada diariamente até o décimo quarto dia após a semeadura (DAS). Os dados obtidos possibilitaram a determinação da porcentagem, calculada seguindo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e o índice de velocidade de germinação (IVG), calculado de acordo com a equação (EQ(1)) por MAGUIRE (1962) adaptado de MORAES et al. (2012).

$$IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn) \quad EQ(1)$$

Onde: G1, G2, Gn= número de sementes germinadas na primeira, segunda e última contagem; N1, N2, Nn= dias após a semeadura na primeira, segunda e última contagem.

Durante as análises diárias, também foram aferidas umidade relativa e temperatura com a utilização de um termo-higrômetro Akso® modelo AK28 new. Os dados coletados foram tratados no software EXCEL. As verificações dos parâmetros de crescimento foram iniciadas 17 DAS. Para as análises, foram selecionadas aleatoriamente seis plântulas por tratamento, aferindo número de folhas, altura, área foliar específica e diâmetro do colo.

A área foliar foi calculada através da fórmula $AF=0,642*C*L$, sendo C o comprimento correspondente ao da nervura central em centímetros e L a largura a máxima largura do limbo foliar (GOERGEN et al., 2018), ambas as medidas foram aferidas com o auxílio de régua, bem como a altura da plântula. O número de folhas foi obtido através da contagem direta, enumerando as folhas das amostras e o diâmetro do colo foi mensurado utilizando o paquímetro digital.

Encerrando-se o experimento com 45 DAS, e nesse mesmo dia também foram analisados o comprimento do sistema radicular, com a utilização de régua, e a massa seca das plantas. Para a análise de massa seca, o material vegetal foi secado em estufa com ventilação forçada a 65 °C por 72 horas e, posteriormente, pesado em balança analítica. Os parâmetros de crescimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com regressão polinomial, utilizando-se do software SISVAR, com seis repetições cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento compreendeu o período entre 05 de maio e 19 de junho de 2023, na estação outono. Durante o período experimental, o ambiente apresentou alta umidade relativa do ar com queda de temperatura, conforme dados climatológicos registrados internamente à casa de vegetação (Figura 2), mas a média da temperatura para esse período foi de 22,3 °C e a média da umidade relativa do ar 83,6%.

A germinação do tratamento contendo apenas terra vegetal ocorreu aos 5 DAS e estabilizou-se 9 DAS, enquanto o tratamento contendo vermiculita deu início à germinação 6 DAS estabilizando-se 10 DAS (Figura 3), assim, ambos os tratamentos totalizaram quatro dias de período germinativo, mas acompanhou-se a contagem até o décimo quarto dia após a sementeira a fim de verificar qualquer acréscimo.

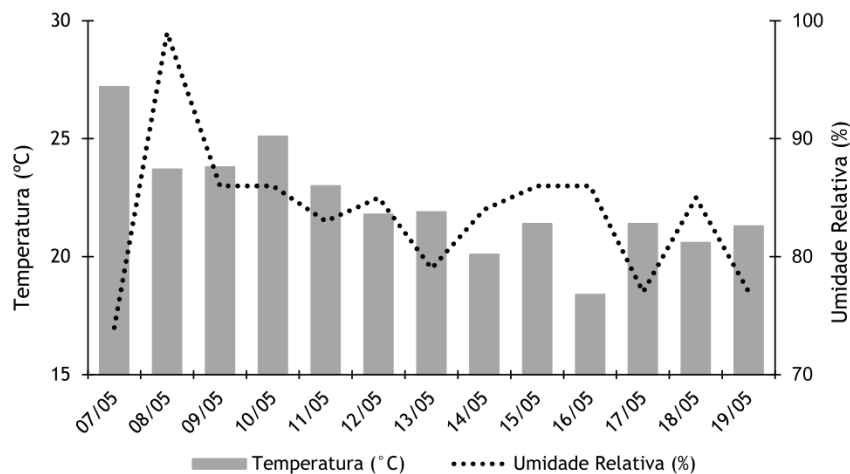


Figura 2. Dados climatológicos da área (casa de vegetação) de cultivo das plantas de sálvia (*S. officinalis*) no horário das análises.

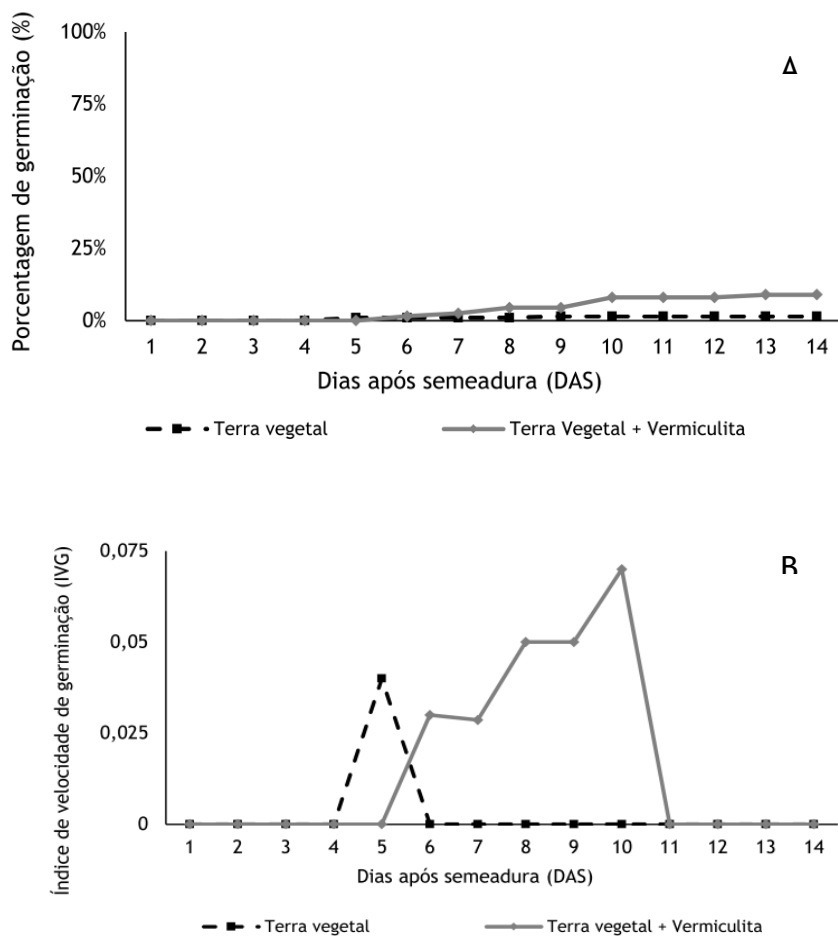


Figura 3. Percentagem de germinação (A) Índice de velocidade de germinação (B) da sálvia (*S. officinalis*) sob os diferentes substratos (A). Terra vegetal; terra vegetal + vermiculita.

A baixa porcentagem de germinação pode ter sido em relação a temperatura encontrada no período do experimento, pois a porcentagem de germinação pode ser drasticamente afetada quando há a associação de um baixo potencial hídrico e baixas temperaturas (GUEDES et al., 2013). Mesmo com a baixa taxa de germinação dos tratamentos, a presença da vermiculita proporcionou maior percentual de germinação quando comparado ao controle, resultado também observado por Moniz-Brito e Ayala-Osuña (2005) na produção de mudas de *Zizyphus joazeiro* Mart.

De modo geral, a maior porcentagem de germinação no substrato contendo vermiculita, pode ser explicado pela maior porosidade ocasionada pela vermiculita, possibilitando maior infiltração de água e melhor desenvolvimento radicular (Figura 4), pois o déficit hídrico provoca alterações no potencial germinativo das sementes, influenciando principalmente a porcentagem e a velocidade de germinação, podendo inibir algumas espécies (ÁVILA et al., 2007).



Figura 4. Bandejas de cultivo (A) de mudas de sálvia (*S. officinalis*) com substratos diferentes (terra vegetal, à esquerda e; terra vegetal + vermiculita, à direita) e sistema radicular (B) de sálvia (*S. officinalis*) cultivada em bandejas substrato terra vegetal + vermiculita ao final do experimento (45 dias após a semeadura).

O índice de velocidade de germinação (IVG), bem como a porcentagem de germinação, possivelmente foi afetado pelos fatores abióticos causadores de estresse, pois quando comparado ao controle, o IVG correspondente ao tratamento com vermiculita em sua composição mostra-se aproximadamente 52% superior (Figura 3).

Com relação aos parâmetros de crescimento, não foi possível obter dados acerca do tratamento controle, ou seja, contendo apenas terra vegetal, devido à baixa taxa de germinação somada à morte precoce das plantas (Figura 4). O processo de compactação observado neste tratamento gerou baixa aeração e maior resistência à penetração de água, prejudicando também o desenvolvimento do sistema radicular (HAKANSSON e VOORHEES, 1998).

O acompanhamento das análises dos parâmetros de crescimento em relação ao período analisado, por cinco semanas, somente no substrato contendo terra vegetal + vermiculita, avaliando semanalmente, do décimo sétimo dia após a semeadura até o final do experimento (45 DAS). A partir de análise estatística, observou-se que houve uma diferença significativa na altura e número de folhas ($p: 0,0000$), e na área foliar ($p: 0,001$) entre o período analisado (Figuras 5A, 5B e 5C). Não houve diferença estatística para o diâmetro do colo ($p: 0,4652$) entre as semanas de análise (Figura 7D)..

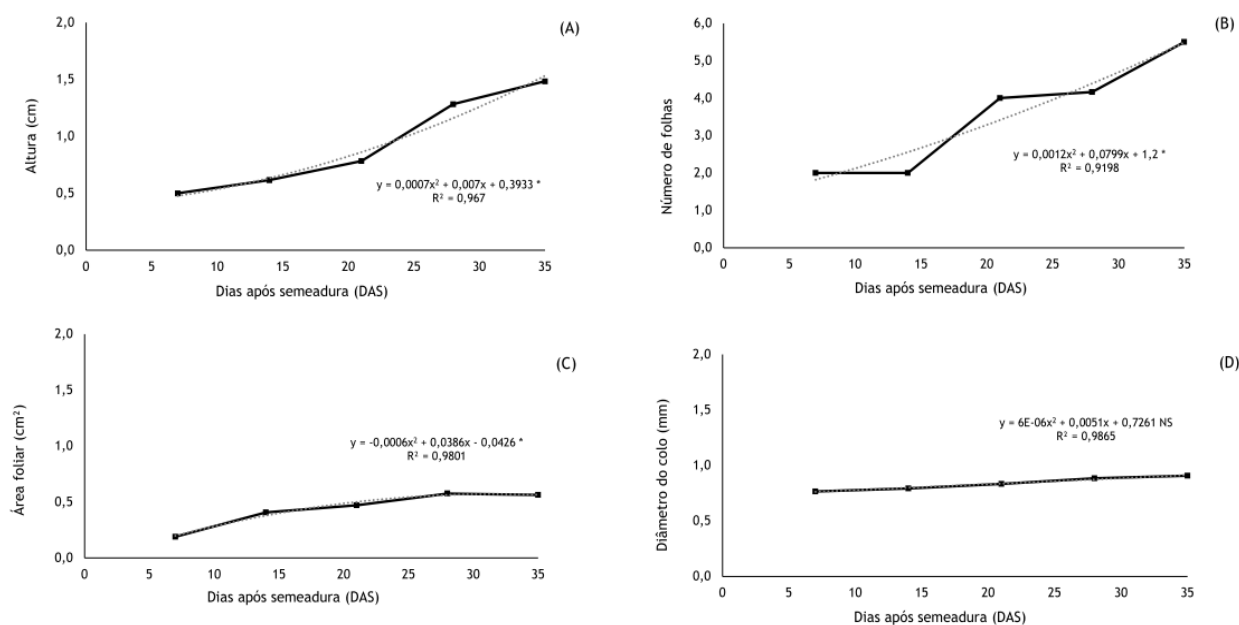


Figura 5. Parâmetros de crescimento de sálvia (*S. officinalis*) por dias após a semeadura. Altura (A); número de folhas (B); área foliar (C) e diâmetro do colo (D). *Diferença significativa e NS não significativa.

A respeito das medições realizadas no último dia do experimento, a análise de massa seca e comprimento da raiz foi representada com as médias e os desvios padrão. Observa-se maior desvio padrão no comprimento da raiz, indicando que o crescimento

radicular ocorreu de maneira mais heterogênea quando comparado ao incremento de biomassa representado pelo desvio padrão da massa seca total (Tabela 1).

Tabela 1. Média e desvio padrão do comprimento radicular e de massa seca da sálvia (*S. officinalis*) 45 DAS (dias após a semeadura) no tratamento contendo terra vegetal + vermiculita.

Parâmetro analisado	Nº	Média	DP*
Massa (g)	6	0,024675	0,00568
Comprimento da raiz (cm)	6	5,8	1,19108

*DP: desvio padrão e Nº: número de repetições

CONCLUSÕES

A presença de vermiculita no substrato proporcionou maior retenção de água, importante no processo germinativo, bem como no desenvolvimento das mudas de sálvia, de modo que sua baixa densidade de partículas e estruturação promoveram uma maior aeração, porosidade e capacidade retenção de água, facilitando a emergência da plântula, bem como no crescimento sistema radicular e o desenvolvimento da muda.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; FAGLIARI, J. R.; SANTOS, J. L. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.

BANDEIRA, S.; OLIVEIRA, A. S.; RAMOS, N. S.; DOTTO, M. Influência de fatores abióticos na resposta de sementes de *Mimosa pudica* a germinação. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 9, p. 78-86, 2019.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. 2ed. New York: Plenum Press, 1994.

BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, p. 395, 2009.

COSTA, A. A.; PAIVA, E. P.; TORRES, S. B.; NETA, M. L. S. Osmoprotection in *Salvia hispanica* L. seeds under water stress attenuators. *Brazilian Journal of Biology*, v. 82, 2022.

CRUZ, G. H. M.; CUNHA, F. F.; SOUZA, E. J.; SILVA, A. J. Frequências de irrigação e proporção de vermiculita em mudas de *Eucalyptus grandis*. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 41, n. 5, p. 1495-1506, 2020.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, C. R.; SANTOS, S. R. N. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. *Ciência Florestal*, v. 23, n. 1, p. 45-53, 2013.

GOERGEN, P.; SCHEFFEL, L. G.; SLIM, T.; NUNES, A. R.; SCHROTER, J. D.; & LAGO, I. Índice de área foliar e produtividade de grãos de chia em diferentes datas de semeadura. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v.10, n.2, 2018.

HAKANSSON, I.; VOORHEES, W. B. Soil compaction. *Methods for assessment of soil degradation*. Boca Raton: CRS Press, p. 167-179, 1998.

JORGE, M. H. A.; MELO, R. A. C.; RESENDE, F. V. ; COSTA, E.; SILVA, J.; GUEDES I. M. R. *Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2020.

MAGUIRE, J. D. Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, p. 176-177, 1962.

MARTINS, C. C.; MACHADO, C. G.; CALDAS, I. G. B.; VIEIRA, I. G. Vermiculita como substrato para o teste de germinação de sementes de barbatimão. *Ciência Florestal*, v. 21, n. 3, p. 421-427, 2011.

MARTINS, N.; BARROS, L.; SANTOS-BUELGA, C.; HENRIQUES, M.; SILVA, S.; FERREIRA, I. C.F.R. Evaluation of bioactive properties and phenolic compounds in different extracts prepared from *Salvia officinalis* L. *Food Chemistry*, v. 170, p. 378-385, 2015.

MONIZ-BRITO K. L.; AYALA-OSUÑA, J. T. Influência de diferentes substratos na germinação de sementes de *Ziziphus joazeiro* Mart., Rhamnaceae. *Sitientibus Série Ciências Biológicas*, v.5, n.2, p.63-67, 2005.

MORAES, D. M. et al. *Práticas laboratoriais em Fisiologia Vegetal*. Pelotas: Editora Copias Santa Cruz Ltda, v. 1, 162p, 2012.

OLIVEIRA, K. S.; OLIVEIRA, M. S.; PEREIRA, E. C.; LIMA, S. C.; ALOUFA, M. A. I. Efeito de diferentes meios de cultura na germinação in vitro de sementes de mangabeira (*Hancornia speciosa* gomes). *Revista Árvore*, v. 38, p. 601-607, 2014.

PAIVA, E.; TORRES, S.; OLIVEIRA, R. R. T.; SÁ, F.; LEITE, M.; ALVES, T. R. S.; OLIVEIRA, D. M. Germination and osmotic adjustment in *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) seedlings under water and thermal stress. *Bioscience Journal*, v. 35, n. 6, p. 1829-1838, 2019

PEREIRA, R. C. A.; SANTOS, O. G. *Plantas Condimentares: Cultivo e Utilização*. 1. ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013.

RAMOS, J.D.; CHLFUN, N.N.J.; PASQUAL, M.; RUFINI, J.C.M. Produção de mudas de plantas frutíferas por sementes. *Informe agropecuário*, v. 23, n. 216, p. 64-72, 2002.

REALES, A.; RIVERA, D.; PALAZON, J. A.; OBON, C. Numerical taxonomy study of *Salvia* sect. *Salvia* Labiatae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 145, p. 353-371, 2004.

SHARMA, Y.; FAGAN, J.; SCHAEFER, J. Ethnobotany, phytochemistry, cultivation and medicinal properties of Garden sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 8, n. 3, p. 3139-3148, 2019.

WALKER, J. B.; SYTSMA, K. J.; TREUTLEIN, J.; WINK, M. *Salvia* (Lamiaceae) is not monophyletic: Implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe Mentheae. *American Journal of Botany*, v. 91, p. 1115-1125, 2004

Germinação, vigor e crescimento de Pimenta Malagueta com diferentes substratos

Autores:

Fernanda Macedo de Araujo Azeredo

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental. Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói - RJ

Bruna de Carvalho Assunção

Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói - RJ

Sophia Helena Saldanha Bethencourt

Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói - RJ

Giulia Lima Zappa

Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói - RJ

Gabriela Martins Correa

Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói - RJ

Cristina Moll Hüther

Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói - RJ

DOI: 10.58203/Licuri.21712

Como citar este capítulo:

AZEREDO, Fernanda Macedo de Araujo *et al.* Germinação, vigor e crescimento de Pimenta Malagueta com diferentes substratos. cultivadas com mistura de vermiculita. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais.** Campina Grande: Licuri, 2023, p. 12-22.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

A Pimenta Malagueta (*Capsicum frutescens*) é muito utilizada na culinária brasileira. Ela é de grande importância socioeconômica no Brasil, pois representa a principal fonte de renda de algumas famílias de pequenos produtores, além de ter um amplo mercado consumidor interno. O objetivo do trabalho foi avaliar a germinação, vigor e crescimento de mudas de *Capsicum frutescens* (pimenta malagueta) em dois substratos, um contendo 50% de vermiculita expandida misturada com terra vegetal e outro somente terra vegetal, a fim de verificar a melhor condição fornecida pelos substratos para o crescimento e desenvolvimento das mudas. Para isso, utilizou-se semente de *Capsicum frutescens* Isla® e dois substrato: terra vegetal Geolia® (controle) e uma mistura (proporção volume/volume) de terra vegetal Geolia® + granulado de vermiculita expandida de grânulo fino Vitaplan®. Foram avaliadas: porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, área foliar específica, número de folhas, altura, diâmetro do colo, comprimento da raiz e massa seca. O tratamento com vermiculita germinou de forma mais expressiva do que o tratamento com substrato contendo somente terra vegetal, sendo que inclusive houve a morte prematura das plântulas cultivadas em substrato contendo 100% terra vegetal. Sobre as análises de crescimento, no tratamento das plantas cultivadas com substrato composto, somente a altura do caule não obteve diferença estatística significativa entre os períodos analisados.

Palavras-chave: Terra vegetal. Vermiculita. *Capsicum frutescens*.

INTRODUÇÃO

Na germinação, o metabolismo vegetal é ativado pela presença da água e dos nutrientes minerais que são trazidos por ela, permitindo o crescimento de novas estruturas e o estabelecimento da plântula após determinado período (WHATLEY et al., 1982). Assim, a escassez de água no solo resulta na diminuição da abertura dos estômatos, afetando negativamente a transpiração, fotossíntese e temperatura foliar, o que acarreta danos consideráveis e, em situações de secas extremas, pode levar ao fracasso da produção agrícola (MENDES et al., 2007; SANTOS et al., 2009; PEIXOTO, 2011).

Complementando a questão hídrica em solo-planta-atmosfera, a textura do solo é o parâmetro mais intimamente relacionado à capacidade de retenção de água (MAROUELLI et al., 1996). As diferentes texturas ocorrem devido a utilização de diferentes materiais que podem conter em sua composição (JORGE et al., 2020). Dentre os substratos usados, a terra vegetal, tem como características marcantes, a baixa porosidade de aeração e a alta retenção de água, o que pode ser prejudicial para a muda (FABRI et al., 2005), enquanto a vermiculita possui capacidade de se expandir e reter água (UGARTE et al., 2008), permitindo um melhor desenvolvimento para a planta.

A germinação é uma etapa importante para o desenvolvimento e produtividade, pois seu desempenho está diretamente relacionado à disponibilidade hídrica e observa-se que o estresse hídrico retarda tanto o processo germinativo, como o crescimento vegetativo (SILVA, 2013). Sementes expostas a fatores estressantes costumam registrar uma diminuição média de 17,5% na taxa de germinação (VIRTUOSO, 2018). Além disso, realizar testes em condições de campo geralmente não é satisfatório devido à variação das condições ambientais, o que impede a reprodução fidedigna dos resultados (LAS, 2023). O desempenho fisiológico varia conforme o tipo de semente e as diferentes adversidades enfrentadas devido ao estresse, o que influenciará a produção de biomassa (VIRTUOSO, 2018).

A *Capsicum frutescens*, também conhecida como pimenta malagueta, é a espécie mais encontrada no Brasil e pertence à família Solanaceae (CASCAES et al., 2021). É majoritariamente utilizada como planta ornamental e tempero na culinária brasileira,

realçando o sabor da comida; além disso, possui propriedades fitoterápicas antioxidantes por ter em sua composição altos teores de carotenoides e vitaminas C e E (REIFSCHNEIDER, 2000). Tal espécie pode chegar a cerca de 2 metros de altura, apresentando frutos de 3 centímetros de comprimento e 0,5 centímetros de diâmetro com formato cônico; coloração vermelha e superfície levemente enrugada de pouco brilho (YAMAMOTO et al., 2005; LANA et al., 2021). Sua produção ocorre em toda a extensão territorial, porém seu habitat natural é nos domínios da Amazônia e da Mata Atlântica (FLORA DO BRASIL, 2017).

Devido a sua ampla produção, a *Capsicum frutescens* tem uma grande importância econômica, pois, por exemplo, em 2017, foram produzidas 28.270 toneladas de pimenta, movimentando cerca de 98.561 mil reais na economia brasileira (IBGE, 2017). O produto em questão apresenta um significativo impacto socioeconômico em famílias de baixa renda, devido sua facilidade de cultivo e processamento por pequenos produtores (NASCIMENTO, 2014). Assim, é importante a disseminação de informações acerca da produção deste produto visando a contribuição para a economia e sociedade, pois o melhor rendimento na produção de pimenta, um abastecimento de água adequado é necessário durante todo o período de crescimento (PANDEY et al., 2013).

Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a germinação, vigor e crescimento de mudas de *Capsicum frutescens* (pimenta malagueta) em dois substratos, um contendo 50% de vermiculita expandida misturada com terra vegetal e outro somente terra vegetal, a fim de verificar a melhor condição fornecida pelos substratos para o crescimento e desenvolvimento das mudas.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação localizada no Campus Gragoatá da Universidade Federal Fluminense, situada em Niterói, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. A região possui clima Aw, segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical com inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual de 1200 mm. A umidade e temperatura do ar (interna à casa de vegetação) foram registradas para o período experimental com o Termo-higrômetro digital AK28 new da ASKO®. Os tratamentos permaneceram no local até que as análises fossem concluídas.

As sementes foram semeadas em dois tipos diferentes de substratos e o procedimento consistiu em utilizar duas bandejas de semeadura com capacidade para 200 mudas. Essas células foram preenchidas de forma uniforme, sendo que uma das bandejas com terra vegetal Geolia® e a outra com uma mistura (proporção volume/volume) de granulado de vermiculita expandida de grânulo fino Vitaplan® e terra vegetal Geolia®. Antes de prosseguir, os substratos foram umedecidos adequadamente. Em seguida, as sementes de *Capsicum frutescens* (Isla®) foram distribuídas nas células, sendo uma semente por célula.

Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em casa de vegetação com sombreamento de 70%, mantidas em uma local suspenso (bancada). A taxa de germinação foi aferida diariamente e no décimo dia após o início do seu desenvolvimento, os tratamentos começaram a estabilizar. Determinou-se a porcentagem e o índice de velocidade de germinação (IVG). A porcentagem foi calculada pela fórmula seguindo a Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e o IVG de acordo com a equação (EQ(1)) por Maguire (1962) adaptado de Moraes et al. (2012).

$$IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn) \quad EQ(1)$$

Onde: G1, ..., Gn = número de sementes germinadas na primeira e seguintes contagens; N1, ..., Nn = dias após a semeadura na primeira e seguintes contagens.

As verificações dos parâmetros de crescimento foram realizadas a partir do décimo sétimo dia após a semeadura (DAS). Sobretudo, para as análises, foram selecionadas seis plântulas aleatoriamente. A altura da parte aérea foi medida com o auxílio de uma régua, assim como o comprimento da raiz, com os resultados em centímetros (cm). O diâmetro do caule foi obtido utilizando o paquímetro digital no colo da planta e expressos em milímetros (mm).

Para o cálculo da área foliar (AF) utilizou-se a equação $AF = (0,5979 * X)$, proposta por Rezende et al. (2002), para calcular a área foliar (AF) da cultura do pimentão, hortícola da mesma família da pimenta (Solanaceae), em que X é o produto do comprimento médio da folha pela largura média da folha (cm²).

Já a massa seca total foi determinada pela soma da massa das folhas, do caule e da raiz, realizada em balança analítica e expressos em miligramas, após secagem (em estufa com ventilação forçada a 65 °C, por 72 horas). A seguir, os dados foram tabulados e submetidos a análise de variância (ANOVA) com o auxílio do programa estatístico SISVAR®, por meio do teste de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a semeadura, a pimenta malagueta, em terra vegetal + vermiculita, começou o processo de germinação a partir do quinto dia. Já na terra vegetal, as sementes germinaram a partir do sexto dia. Entretanto, a partir do sétimo dia pôde-se notar que o tratamento com vermiculita passou a germinar de forma mais expressiva, apresentando 9% de porcentagem germinativa para apenas 1% da bandeja somente com terra vegetal. Contudo, ambos os cultivos estabilizaram próximos. Tais resultados são observados no Índice de Velocidade de Germinação (IVG), onde obteve-se 0,066% para o controle, e 0,124% para a vermiculita, e na porcentagem de germinação (Figura 1).

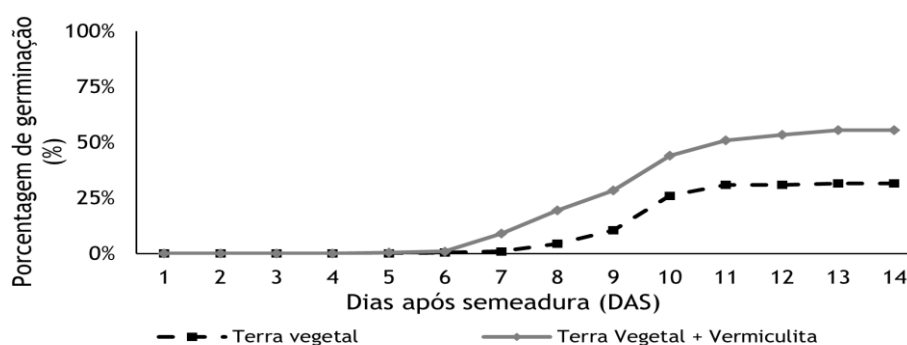


Figura 1. Porcentagem de germinação de *Capsicum frutescens* (pimenta malagueta) com terra vegetal (controle) e terra vegetal + vermiculita, em dias após a semeadura (DAS).

A germinação das sementes é dependente de numerosos fatores abióticos, como luz, temperatura, disponibilidade hídrica e concentração de oxigênio (MAYBER, 1989). Em relação aos dados de temperatura e umidade do ar, verificou-se que se obteve uma faixa de 20 a 30 °C (Figura 2) ideal para a espécie, como Borghetti (2005) já havia relatado em seus estudos.

Sobre os efeitos do grânulo de vermiculita, estudos apontam que depois de expandida, a vermiculita apresenta uma alta capacidade de retenção de água, ar e nutrientes transferíveis às plantas e constitui um dos minerais que possui uma alta capacidade de troca de cátions (CHOUDHURY, 1986). Assim, tendo em conta os efeitos

benéficos que podem ser obtidos ao incluir a vermiculita à terra vegetal, suas é importante verificar o crescimento das plantas, conforme descritos abaixo.

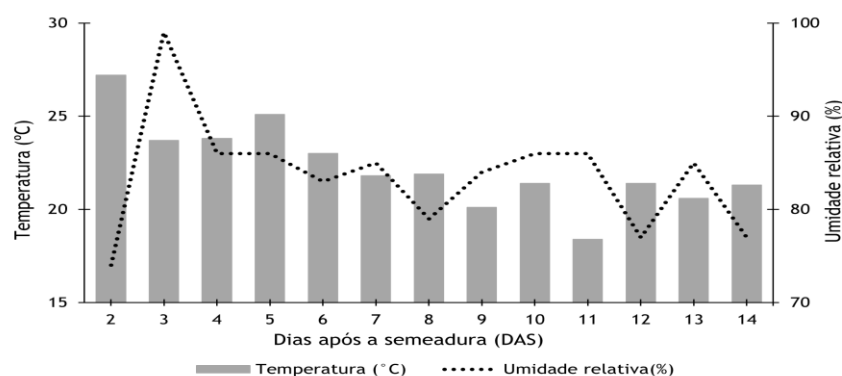


Figura 2. Dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar obtidos do dia 7 a 19 de maio de 2023 pelo Termo-higrômetro na Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

Em relação aos parâmetros de crescimento, não foi possível obter os dados de crescimento relacionados ao substrato terra vegetal (controle), pois houve a morte das plântulas precocemente, sendo assim, deu-se continuidade a análise somente no substrato terra vegetal + vermiculita, considerando a análise do seu crescimento semanalmente, durante 5 semanas (Figura 3).

Após a análise, observou-se que houve uma diferença estatística significativa, em relação aos dias analisados, em relação ao diâmetro do colo ($p: 0,0000$), número de folhas ($p: 0,0000$) e área foliar ($p:0,0001$), todos obtidos com uma variação menor do que 0,05. Já para a altura ($p: 0,2638$) não houve diferença estatística.

No que se refere às variáveis de massa seca e ao comprimento da raiz, efetuadas somente no último dia do experimento, obteve-se a média e o desvio padrão das amostras. Em relação ao parâmetro comprimento da raiz (Figura 4), o maior desvio padrão observado indica que o crescimento radicular respondeu de maneira mais heterogênea, ao contrário do que foi verificado no resultado encontrado para a massa seca (Tabela 1).

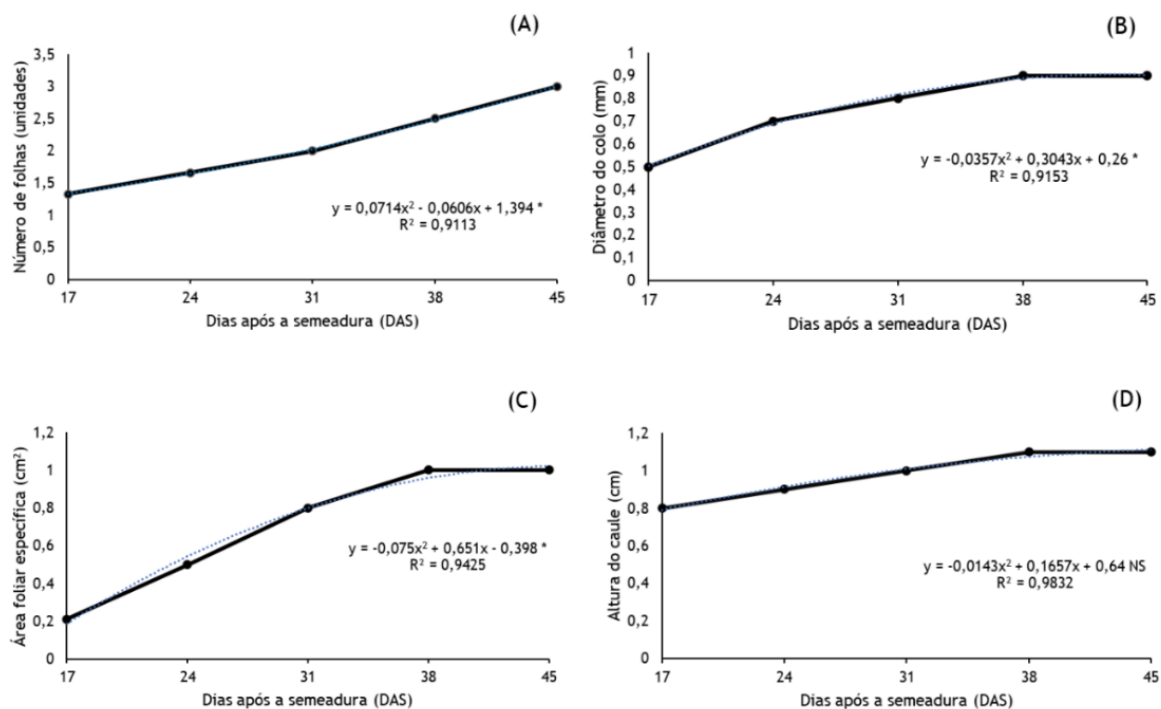


Figura 3. Parâmetros de crescimento da *Capsicum frutescens* (pimenta malagueta) em relação aos dias após a semeadura (DAS). Número de folhas (A), altura da parte aérea (B), diâmetro do colo (C) e área foliar específica (D). *Diferença significativa e NS não significativa com teste de regressão polinomial.



Figura 4. Comprimento da raiz de *Capsicum frutescens* (pimenta malagueta) cultivada com terra vegetal + vermiculita, ao final do experimento (45 dias após a semeadura).

Tabela 1. Média e desvio padrão do comprimento da raiz e da massa seca das repetições de plantas de *Capsicum frutescens* (pimenta malagueta), ao final do experimento, com 45 dias após a semeadura, no tratamento contendo terra vegetal + vermiculita.

Parâmetro analisado	Nº	Média	DP*
Massa (g)	6	0,01538	0,00467
Comprimento da raiz (cm)	6	4,71667	1,1669

*DP: desvio padrão e Nº: número de repetições.

Analisando os resultados, durante todo o processo, observou-se que a terra vegetal apresentou uma maior resistência à infiltração - formando lâminas d'água - em comparação ao outro substrato estudado, mostrando-se mais compactada, o que pode indicar a dificuldade no desenvolvimento e crescimento da raiz. A adição de vermiculita à terra vegetal pode ter auxiliado na melhor aeração, influenciando nos parâmetros analisados, conforme abordado anteriormente, podendo ser evidenciado pela análise visual dos tratamentos (Figura 5).



Figura 5. Plantas de *Capsicum frutescens* (pimenta malagueta) com 13 dias após a semeadura em que (A) tratamento contendo terra vegetal +vermiculita e (B) tratamento controle (terra vegetal).

CONCLUSÕES

No tratamento composto com grânulos de vermiculita a germinação iniciou primeiro e apresentou maior índice de velocidade de germinação, 0,124%, no tratamento controle foi de 0,066%. Em relação ao crescimento e desenvolvimento das mudas, conter vermiculita no substrato foi fundamental.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, p. 395, 2009.

BORGHETTI, F. Temperaturas extremas e a germinação das sementes. In: Nogueira RMC (Ed.) Estresses Ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Imprensa Universitária, p.207-218, 2005.

CASCAES, M. M.; ANDRADE, E. H. de A.; NASCIMENTO, L. D. do; POLTRONIERI, M. C. Plantas para o futuro - Região Norte: *Capsicum chinense* e *Capsicum frutescens*. Embrapa, 719p., 2022.

CHOUDHURY, F.A. Effect of waterlogging on isotopically exchangeable phosphate and iron in some soils. Thai J. Agric. Sci, 19: 321-325, 1986

FABRI, E. G., SALA, F. C., MINAMI, K., MELO, P. C. T. DE, FAVORETTO, P., DIAS, C. T. DOS S., & ABREU, M. F. DE. Terra vegetal como substrato para planta. Horticultura Brasileira, v. 23, n. 2, p. 375-376, 2005.

FLORA DO BRASIL. *Capsicum frutescens* L. Flora e Funga do Brasil, 2017. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB88047>. Acesso em: 16 jun. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção de Pimenta no Brasil. IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pimenta/br>. Acesso em: 16 jun. 2023.

JORGE, M. H. A.; MELO, R. A. de C. e; RESENDE, F. V.; COSTA, E.; SILVA, J. da; GUEDES, I. M. R. Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF., p. 30, 20 out. 2020.

- LANA, M. M.; CARVALHO, S. I. C. de.; CARVALHO, S. I. C. de. Hortalíça como comprar, conservar e consumir: pimenta malagueta. Embrapa Hortaliças. 2021.
- LAS - Laboratório de Análise de Sementes: Teste de Germinação. Departamento de Fitotecnia - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 2023. Disponível em: <https://www.ufsm.br/laboratorios/sementes/servicos/teste-de-germinacao#:~:text=O%20teste%20de%20germina%C3%A7%C3%A3o%20em,valor%20para%20semeadura%20em%20campo>. Acesso em: 11 jun. 2023.
- MAGUIRE, J. D. Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, p. 176-177, 1962.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. e; SILVA, H. R. da. Manejo da irrigação em hortaliças. Brasília: EMBRAPA-SPI. 5. ed. rev. Ampl. 1996.
- MAYER, A.M. & POLJAKOFF -MAYBER, A. The Germination of Seeds. Oxford, Pergamon Press, 1989.
- MENDES, R. M. DE S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, p.95-103, 2007.
- NASCIMENTO, W. M. Produção de Sementes de Hortaliças: Volume II. Brasília: Embrapa Hortaliças, 341p., 2014.
- PANDEY, A. K.; SINGH, A. K.; KUMAR, A.; SINGH, S. K. Effect of drip irrigation, spacing and nitrogen fertigation on productivity of Chilli (*Capsicum annum* L.). *Environment & Ecology*, v. 31, n. 1, p. 139-142, 2013.
- PEIXOTO, C. P. Curso de Fisiologia Vegetal. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 177 p., 2011.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B. Capsicum - pimentas e pimentões no Brasil. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Embrapa Hortaliças, ed. 1, p. 113, 2000.
- SANTOS, M. G., RIBEIRO, R. V., MACHADO, E. C., PIMENTEL, C. Photosynthetic parameters and leaf water potential of five common beans genotypes under mild water deficit. *Biologic Plantarum*, v. 53, n. 2, p. 229-236, 2009.
- SILVA, R. R. Relação entre precipitação pluviométrica da cultura de soja no município de Ibirubá -RS. 2013. 93f. Dissertação (Mestrado em Geografia) -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

UGARTE, J. F. O.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. Vermiculita. IN: Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, p. 865-887, 2008.

VIRTUOSO, M. C. S. da. Estresses abióticos na germinação de sementes e no crescimento de mudas de espécies híbridas de Eucalyptus. 2018. Dissertação de mestrado (Pós-graduação Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) - FCAV - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Jaboticabal - Unesp, 2018.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. A luz e a vida das plantas. São Paulo: Edusp, 102p.,1982.

YAMAMOTO, S.; NAWATA, E. Capsicum frutescens L.in southeast and east Asia, and its dispersal routes in Japan. Economic Botany, 2005

Análise de germinação e crescimento do nabo em diferentes substratos

Autores:

Pedro Soares de Melo

Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói - RJ

Ana Carolina Ribeiro de Noronha

Graduanda em Biologia na UFF, Niterói - RJ

Daiana Florindo da Silva

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFF, Niterói - RJ

Evelynn Teixeira Silva

Graduanda em Engenharia Agrícola e - UFF, Niterói - RJ

Rebeca Parraga Abbate

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental na - UFF, Niterói - RJ

Cristina Moll Hüther

Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói - RJ

DOI: 10.58203/Licuri.21713

Como citar este capítulo:

MELO, Pedro Soares *et al.* Análise de germinação e crescimento do nabo em diferentes substratos. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 23-31.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a germinação, vigor e crescimento de mudas de *Brassica rapa L.* (nabo) em dois substratos, um contendo 50% de vermiculita expandida misturada com terra vegetal e outro somente terra vegetal, a fim de verificar a melhor condição fornecida pelos substratos para o crescimento e desenvolvimento das mudas. Para isso, foi realizada a semeadura de 400 sementes de nabo em dois tratamentos (T1 e T2), um contendo como substrato somente terra vegetal Geolia® (T1) e outro contendo 50% de terra vegetal Geolia® + 50% vermiculita expandida de grânulo fino Vitaplan® (T2), que foram colocados em uma bandeja de 200 células cada, e posteriormente foi calculado a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, e acompanhado por cinco semanas os parâmetros de crescimento: área foliar específica, diâmetro do colo, número de folhas e altura. Ao final do experimento foi analisado o comprimento da raiz e massa seca. T1 apresentou um percentual de germinação 5% maior que T2, entretanto, o substrato terra vegetal apresentou sinais de compactação, impedindo uma irrigação eficiente e culminando na morte das mudas em poucos dias. Devido a isso, realizou-se a análise de crescimento das mudas somente para o T2. Neste caso, apenas os parâmetros de área foliar e número de folhas apresentaram diferenças significativas, entre os períodos analisados. Em relação aos dados de massa seca total a média foi de 0,032 gramas e para o comprimento da raiz uma média de 7,23 centímetros.

Palavras-chave: *Brassica rapa L.* Nabiça. Vermiculita. Terra Vegetal.

INTRODUÇÃO

Qualquer condição ambiental que impeça a planta de alcançar seu potencial genético pleno é definida como um estresse para o vegetal (TAIZ et al., 2017). Assim, avaliar o desempenho da planta diante dessas condições, como por exemplo o déficit hídrico é de extrema importância para a agricultura, isto porque interfere nas atividades fotossintéticas (CAIXETA, 1984; SEKHON & SINGH, 2007), diminui a velocidade e a porcentagem de germinação das semente (ADEGBUYI et al., 1981), reduz o crescimento devido ao decréscimo da turgescência (YASSEEN & ALOMARY, 1994) e compromete a absorção eficiente de nutrientes, que por sua vez está diretamente relacionada a qualidade final do produto (DIAS et al., 2008).

A quantidade adequada de água, em conjunto de temperatura, oxigênio, frequência de luz e nitrato são essenciais para a germinação das sementes (TAIZ et al., 2017), e quando esses recursos são otimizados, as sementes expressam seu potencial máximo de germinação, o que é crucial para alcançar um estabelecimento rápido e uniforme das plântulas no campo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

O processo da germinação, por exemplo, é uma sequência organizada de eventos metabólicos para resultar na formação da plântula (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000), que por sua vez é consequente da absorção da água que ajuda a intensificar a respiração e todas as demais atividades metabólicas que culminam com o fornecimento de energia e de nutrientes necessários para a retomada do crescimento do eixo embrionário (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Outro destaque é que o desenvolvimento de uma planta está relacionado a uma série de eventos bioquímicos e fisiológicos, que determinam respostas diferenciadas da semente durante a germinação e aumento inicial das plântulas (KRZYZANOWSKI et al., 2022).

Potenciais hídricos mais negativos, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água, podendo inviabilizar a sequência dos eventos relacionados ao processo germinativo das sementes (BANSAL et al., 1980). Estes pontos enfatizam que dentre os parâmetros mais importantes para o desenvolvimento de um vegetal a água é o fator mais crucial (TAIZ et al., 2017). Assim é necessário o desenvolvimento de técnicas para melhorar a qualidade do solo em relação a disponibilidade de água, como é o caso da incorporação de matéria orgânica no solo que

favorece a porosidade e, por consequência, a aeração e a capacidade de retenção de água (AMACI et al., 2020).

Alguns materiais usados para a formulação de substratos mais eficientes, e podendo-se classificá-los em três categorias: vegetais, minerais e sintéticos (DE SOUZA, 2001). Dentre os materiais vegetais estão: turfa de esfagno, compostos orgânicos, compostos de farelos, húmus de minhoca, esterco curtido, casca de arroz carbonizada, fibras de casca de coco e folhas de carnaúba (FERMINO & BELLÉ, 2008). Dentre os materiais minerais estão: calcário, gesso agrícola, fertilizantes, carvão vegetal triturado, pó de rocha, vermiculita, perlita (AMACI, 2020).

Dentre os minerais, destaca-se a vermiculita, um mineral micáceo insolúvel em água, com capacidade de troca de cátions e uma capacidade de retenção de umidade eficiente, podendo absorver entre 40 e 54 litros de água por metro cúbico. Vale destacar que também contém nutrientes essenciais como magnésio e potássio, que são importantes para atender às necessidades das plantas (DE SOUZA, 2001). Além disso; não toxicidade; isolante térmico; alta porosidade, auxiliando a aeração do solo (FRANÇA et al., 2016).

Um exemplo de espécie que necessita desse cuidado em relação ao substrato e tem certa dependência hídrica é a *Brassica rapa L.* popularmente conhecida como nabo, isto porque a disponibilidade de água é importante para o engrossamento de suas raízes (ALVES, 2017). Nativa do continente Asiático e pertencente à família Brassicaceae (LANA, 2010), é uma planta angiosperma, que contém raízes tuberosas e folhas comestíveis, herbácea, caule ereto, hispido, tendo altura de 30 - 140 cm, porte baixo, não possui muitas restrições referentes à adubação, e o solo argiloso é beneficiado pela cultura, tem preferência por climas de amenos a frio (LIMA et al., 2020).

O Nabo possui diversa importância econômica, sendo popular na medicina chinesa e esteve entre as principais culturas alimentares em áreas de frio rigoroso na Europa antes do surgimento da batata (LIMA et al., 2020). Sua raiz tuberosa é comumente utilizada na culinária (ALVES, 2017), sendo um alimento versátil que pode ser consumido de muitas formas (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2022). Além disso, suas folhas e o talo também são comestíveis e ricas em vitaminas e minerais.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação, vigor e crescimento de mudas de *Brassica rapa L.* (nabo) em dois substratos, um contendo 50% de vermiculita expandida misturada com terra vegetal e outro somente terra vegetal, a

fim de verificar a melhor condição fornecida pelos substratos para o crescimento e desenvolvimento das mudas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma casa de vegetação, com sombrite de 70%, na Universidade Federal Fluminense, no Campus do Gragoatá, em Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. Ao longo de todo o período de execução deste trabalho os dados referentes de temperatura e umidade relativa do ar foram aferidos dentro da casa de vegetação, onde se encontravam as bandejas de sementeira, sendo anotados diariamente.

Primeiramente avaliou-se a porcentagem de germinação, e para isto foi realizada a sementeira das sementes em duas bandejas de sementeira de poliestireno, de 200 células, com uma semente por célula. Para isso, utilizou-se dois tratamentos, o controle, com substrato somente a terra vegetal Geolia® (T1), enquanto para o outro tratamento usou uma mistura contendo vermiculita expandida de grânulo fino Vitaplan® e terra vegetal (T2) na proporção de volume por volume, de igual modo.

A taxa de germinação foi aferida contando-se todos os dias após sementeira, no período entre 7 horas e 8 horas da manhã e a contagem se encerrou no momento de estabilização da contagem das germinações. As análises propostas foram o percentual de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG), a partir da equação:

$$(IVG) = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn)$$

Onde as variáveis de germinação (G) representam o número de sementes germinadas na primeira, segunda, terceira assim por diante até a última contagem. E as variáveis N são os dias após a sementeira da primeira, segunda, terceira, assim por diante até última contagem.

Para as análises dos parâmetros de crescimento, somente foi realizado no T2, pois no tratamento contendo somente substrato terra vegetal as plantas não sobreviveram. Para isso, foi realizada a análise por intermédio da seleção de seis plantas aleatoriamente e acompanhado ao longo de 5 semanas. Foram avaliadas: suas medidas de altura (cm), área foliar específica (cm), medidos com régua de acrílico de 30 cm, o diâmetro do colo (mm) com um paquímetro digital, além de também ser realizada a

contagem de número de folhas. Por fim, obteve-se o comprimento da raiz e a massa seca, ao final do experimento.

Para a área foliar foram coletados dados do comprimento e largura das folhas e a partir disto, com auxílio do fator de correção de uma espécie pertencente à mesma família de valor igual 0,72087, com acurácia de 0,9893 (MARCOLINI et al., 2005) foi possível estimar a área foliar da muda.

Para a obtenção dos valores da massa seca total foram utilizadas 8 repetições e secas em estufa de ventilação forçada, com uma temperatura de 65 °C, durante 72 horas. Por fim, foi realizada a análise de Variância no software estatístico SISVAR, dos dados de crescimento, a partir do método de regressão linear e quadrática com 5% de margem de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos apresentam um valor médio da temperatura em torno de 22,28°C e a média da umidade relativa do ar foi de 83,61%. Para fins de consideração, pesquisa realizada por Zhang et al. (2022), indicou que o nabo é uma espécie que costuma ser produzida em períodos de frio, como o outono, com uma temperatura entre 15°C e 20°C, próximo do que foi atingido neste estudo.

Em relação aos dados de germinação, a contagem da germinação foi encerrada no décimo quarto dia após a sementeira, com a estabilização na contagem de sementes germinadas nos dois tratamentos. A porcentagem de germinação no tratamento que consistia em somente utilizar a terra vegetal como substrato se sobressaiu, atingindo um valor de 94% de germinação, enquanto a mistura contendo vermiculita e terra vegetal resultou em 89% (Figura 1). Porém, em relação ao Índice de Velocidade de Germinação (IVG) o tratamento com vermiculita se sobressaiu com um valor de 0,604 em relação a velocidade de 0,599 atingida pelo tratamento sem ela.

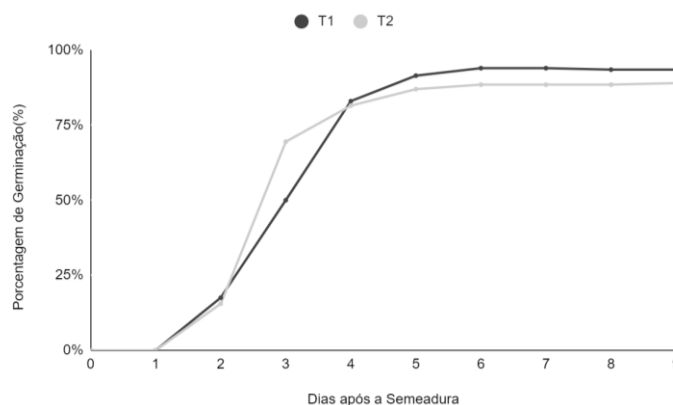


Figura 1: Porcentagem de germinação de sementes de Nabo (*Brassica rapa L.*) nos diferentes substratos: T1: substrato terra vegetal Geolia® e T2: substrato contendo 50% de terra vegetal Geolia® + e 50% vermiculita expandida de grânulo fino Vitaplan®.

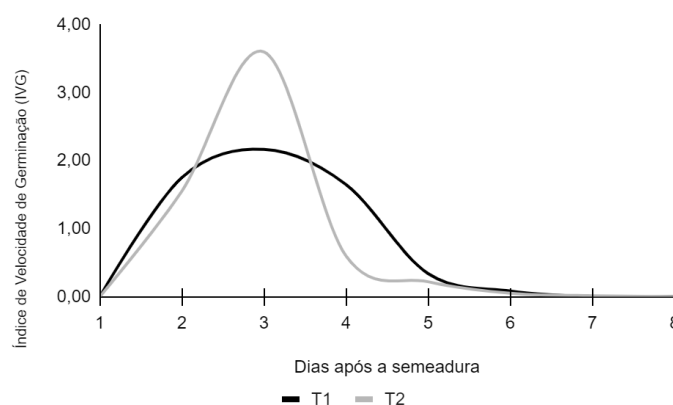


Figura 2: Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de Nabo (*Brassica rapa L.*) nos tratamentos. T1: substrato terra vegetal Geolia® e T2: substrato contendo 50% de terra vegetal Geolia® + e 50% vermiculita expandida de grânulo fino Vitaplan®.

Em relação às análises de crescimento, as bandejas com o tratamento com somente terra vegetal apresentaram sinal de compactação no substrato, impedindo a percolação da água o que afetou o crescimento e desenvolvimento das plantas, assim, as plantas desse tratamento morreram pouco tempo após geminadas. Assim, somente foi realizado o acompanhamento do crescimento das plantas do T2, para avaliar entre o primeiro dia de análise até o quinto dia. Assim, foi considerada diferença estatística para valores de significância ($Pr > Fc$) menores que 0,05. Assim observou-se que houve

uma diferença estatística para área foliar com valor de significância igual a 0,0214. Inclusive, essa diferença também pode ser verificada na Figura 3A.

Para o número de folhas, ocorreu o mesmo que resultou em uma diferença significativa com valor igual a 0,0029 (Figura 3B). Já nas análises de diâmetro de colo e altura do caule não ocorrem diferenças estatísticas significativas (Figura 3 C e D). Além disso, dos dados acima abordados, também se obteve uma média de 0,032 gramas para o valor da massa seca e um comprimento de raiz médio de 7,23 cm (Tabela 1).

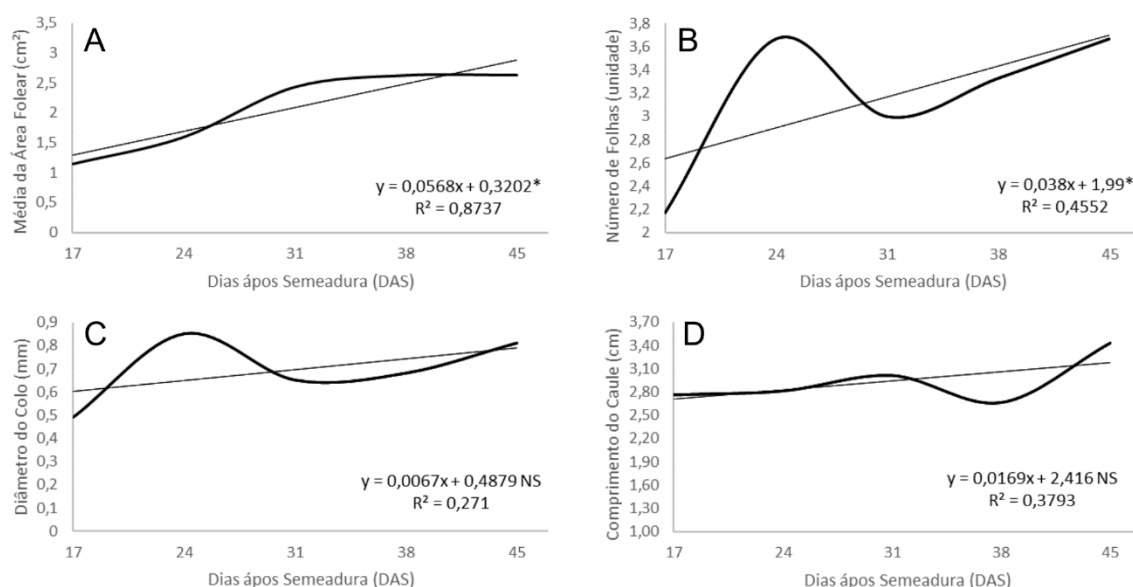


Figura 3: Análises de crescimento do nabo (*Brassica rapa* L.). Legenda: Área Foliar Específica (A), Número de folhas (B), Diâmetro de colo (C) e Comprimento do Caule (D) no tratamento mistura contendo vermiculita e terra vegetal (T2) 50% de terra vegetal Geolia® + e 50% vermiculita expandida de grânulo fino Vitaplan®. *Diferença significativa e não significativa (NS) com teste de Tukey 5%.

Tabela 1. Média e desvio padrão do comprimento da raiz e da massa seca total das repetições de plantas de Nabo (*Brassica rapa* L.), ao final do experimento, com 45 DAS em substrato contendo terra vegetal + vermiculita.

Parâmetro analisado	Nº	Média	DP*
Massa (g)	6	0,0317	0,00498
Comprimento da raiz (cm)	6	7,23	0,7989

*DP: desvio padrão e Nº: número de repetições.

CONCLUSÃO

O substrato composto que contém somente terra vegetal é melhor para a germinação, porém no tratamento contendo vermiculita o índice de velocidade de germinação é maior, assim como foi mais adequado na produção das mudas, pois somente sobreviveram as mudas nesse substrato. O tratamento com a terra vegetal apresentou sinais de compactação do solo, trazendo problemas de crescimento e desenvolvimento da espécie.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. A. Produção de Nabo japonês fertirrigado com nitrogênio na região de Dourados. Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD. Mato Grosso do Sul. p. 36, 2017.
- CAIXETA, T. J. Irrigação nas culturas de pimentão e pimenta. Informe Agropecuário, v. 10, n. 113, p. 35-7, 1984.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes ciência, tecnologia e produção. Campinas: Fundação Cargill, 1980.
- DE SOUZA, F. X. Materiais para formulação de substratos na produção de mudas e no cultivo de plantas envasadas. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001.
- DIAS, M. A.; LOPES, J. C.; CORRÊA, N. B.; DIAS, D. C. F. D. S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plantas de pimenta malagueta em função do substrato e da lâmina de água. Revista brasileira de sementes, v. 30, p. 115-121, 2008.
- FERRI, M. G. Fisiologia Vegetal. São Paulo: EPU, 1985.
- FONSECA, E. L. D.; ROSA, L. M. G.; FONTANA, D. C. Caracterização espectral de *Paspalum notatum* (grama forquilha) em diferentes níveis de adubação nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 3, p. 365-371, 2002.
- FRANÇA, S. C.; BRAGA, P. F.; COUTO, H. J.; GONÇALVES, C. C. Vermiculita, mais que um mineral termo acústico. IV SIMPÓSIO DE MINERAIS INDUSTRIAIS DO NORDESTE. João Pessoa, p. 126-136, 2016.

JORGE, M. H. A.; MELO, R. D. C.; RESENDE, F. V.; COSTA, E.; SILVA, J. D.; GUEDES, I. M. R. Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; DIAS, D. Deterioração e vigor da semente. *Revista Seeds News*, v. 25, p. 1-19, 2022.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. 50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

LIMA, L. F. P.; SALVADOR, R. B.; SEGRETTI, E.; DETTKE, G. A. *Brassicaceae in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020.

MARCOLINI, M. W.; CECÍLIO FILHO, A. B.; BARBOSA, J. C. Equações de regressão para a estimativa da área foliar de couve-folha. *Científica*, v. 33, n. 2, p. 192-198, 2005.

PETRY, C. Plantas ornamentais: aspectos para a produção. Passo Fundo: Editora UPF, 2008.

SEKHON, H. S.; SINGH, G. Irrigation management in chickpea. In: *Chickpea breeding and management*. Wallingford UK: CABI, p. 246-267, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ZHANG, L.; DAI, Y.; YUE, L.; CHEN, G.; YUAN, L.; ZHANG, S.; LI, F.; ZHANG, H.; LI, G.; ZUH, S.; HOU, J.; TANG, X.; ZHANG, S.; WANG, C. Heat stress response in Chinese cabbage (*Brassica rapa L.*) revealed by transcriptome and physiological analysis. *PeerJ*, v. 10, p. e13427, 2022.

Infestação da traça da castanha (*Anacampsis phytomiella* Busck) em frutos do cajueiro anão precoce consorciado com pimenta

Autores:

Mateus Wilson Oliveira Gonçalves

Graduando em Agronomia pela
Universidade Federal do Ceará, Fortaleza

Antônio Lindemberg Martins Mesquita

Doutor em Entomologia, pesquisador da
Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza

Rita de Cássia Alves Pereira

Doutor em Entomologia, pesquisador da
Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza

DOI: 10.58203/Licuri.21714

Como citar este capítulo:

GONÇALVES, Mateus Wilson Oliveira; MESQUITA, Antônio Lindemberg Martins; PEREIRA, Rita de Cássia Alves. Infestação da traça da castanha (*Anacampsis phytomiella* Busck) em frutos do cajueiro anão precoce consorciado com pimenta. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 32-45.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

A importância social e econômica da produção de castanha de caju se deve à geração de emprego e renda para a população rural, uma vez que grande parte dos plantios é explorada pelos pequenos e médios produtores. O clone de cajueiro BRS 226 é cultivado em sequeiro, com sua produção de castanha comercializada no mercado de amêndoa. É um clone muito produtivo, podendo em um plantio de três anos fornecer 470 kg de castanha. Dentre as pragas do cajueiro (*Anacardium occidentale*.), responsáveis por grandes perdas na produção destaca-se a *Anacampsis phytomiella* Busck, (Lepidoptera: Gelechiidae) devido ao seu hábito alimentar destrói totalmente a amêndoa inviabilizando a comercialização. Nesse sentido, este trabalho objetivou avaliar o percentual de perda causado pela traça-da-castanha em função de duas safras de cajueiro anão precoce BRS 226 consorciado e não consorciado com pimenta BRS Avaí. A avaliação constou da análise e contagem das castanhas furadas em relação as castanhas sadias por ocasião da colheita dos frutos de cajueiro. Desse modo, pode-se observar que o percentual de castanhas perfuradas por *A. phytomiella* tanto no primeiro como no segundo ano teve redução significativa no plantio consorciado, sendo portanto viável para o período de formação do pomar.

Palavras-chave: Traça das castanhas. Qualidade dos frutos. Alternativa de renda.

INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma planta tropical, nativa do nordeste brasileiro, de onde se disseminou para o resto do mundo (RIBEIRO et al., 2009). Cultivado em todas as regiões tropicais do planeta, com destaque para o Vietnã, Brasil, Países Africanos (Tanzânia, Gana, Costa do Marfim, Nigéria e Guiné Bissau) e Índia. (JERÔNIMO, 2010; PESSOA; LEITE, 2013).

No Brasil, a maior concentração de cultivo está nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (RIBEIRO et al., 2009). É uma das frutas de maior importância socioeconômica por produzir empregos diretos no campo e na indústria de processamento, principalmente no período de estiagem e entressafra das culturas tradicionais de sequeiro (PESSOA et al., 2000). A importância econômica e social da cajucultura, se destaca pela produção de castanha de caju gerando emprego e renda para a população rural, uma vez que grande parte dos plantios é explorada pelos pequenos e médios produtores. Estima-se que o agronegócio do caju, para os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, gere no campo um emprego permanente para cada seis hectares plantados e mais dois temporários durante os meses de colheita (FROTA JÚNIOR et al., 2012).

O pedúnculo do cajueiro tem elevado teor de vitamina C, fibras e compostos fenólicos (SUCUPIRA, 2012). É consumido como fruta fresca (caju de mesa) e como principal ingrediente no preparo de sucos, sorvetes e doces (RIBEIRO et al., 2009). Entretanto, a importância socioeconômica da cajucultura tem sua maior expressão na cadeia produtiva da amêndoa de castanha de caju, a noz mais comercializada no mundo (ARAÚJO, 2013).

Apesar do cajueiro-anão iniciar a produção já no segundo ano de cultivo, as plantas cobrem menos de 50% da superfície do solo até o terceiro ano de cultivo, permitindo o cultivo consorciado com outras culturas (MIRANDA, 2013). Dentre as vantagens do cultivo consorciado do cajueiro, citam-se a geração de renda, o aproveitamento de resíduos de fertilizantes e das culturas consorciadas, a redução da incidência de ervas daninhas e a ocupação da mão de obra ao longo do ano.

A baixa produtividade dos pomares de caju se deve ao baixo uso de clones selecionados, a processos inadequados de manejo fitossanitário tanto para planta como

para o solo. As pragas e doenças do cajueiro, além de causarem mais de 30% de perdas na produção e danos à qualidade dos produtos (amêndoas e pedúnculos), reduzem também a vida útil dos pomares (CARDOSO et al. 2013; MESQUITA; BRAGA SOBRINHO, 2013).

A traça-da-castanha *Anacampsis phytomiella* Busck (Lepidoptera: Gelechiidae) é considerada a principal praga em pomares de caju em função dos graves danos econômicos que causa, visto que sua ação resulta na destruição da amêndoa. Nesse sentido, este trabalho objetivou estabelecer o percentual de perda causado pela traça-da-castanha em função de duas épocas de colheita em cajueiro anão precoce BRS 226 consorciado e não consorciado com pimenta BRS Avai.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécies cultivadas no consórcio

Clone de cajueiro BRS 226

Dentre os clones de cajueiro anão precoce, destaca-se o Clone BRS 226 popularmente denominado Planalto lançado em 2002, pela Embrapa Agroindústria Tropical, como parte do Programa de melhoramento genético, sendo destinado para a região semiárida do Piauí e similares (PAIVA et al., 2002). A origem desse clone foi obtida da planta matriz MAP-42, por meio de seleção fenotípica massal, na fazenda Caucaia Agroindustrial S.A. (CAPISA), no Município de Pio IX, Piauí, seguida de avaliação clonal dos genótipos selecionados na mesma região (PAIVA et al., 2009). O porte da planta é baixo menor que 3 metros, apresenta resistência a resinose-do-cajueiro (CARDOSO et al., 2007), bem como resistência à broca-do-tronco, e menor severidade ao Oídio (NETO et al., 2021).

Paiva *et al.* (2008), afirmam que em condições de sequeiro no segundo ano, o BRS 226 alcançou 192 Kg de castanhas por hectare. O que ainda de acordo com Paiva *et al.* (2002), um hectare de BRS 226 com três anos de idade pode fornecer 470 kg de castanha por ano (Figura 1A). Os indicadores industriais para a castanha de caju do BRS 226, são descritos por Paiva e Barros (2004) sendo: Peso da castanha (g) 9,75; Peso da amêndoa (g) 2,72; Relação amêndoa/castanha (%) 22,13; Amêndoas inteiras após a despeliculagem

(%) 86,69; Amêndoas quebradas no corte (%) 13,31; Porcentagem de bandas (%) 8,24. (Figura 1B) .



Figura 1. Plantas de cajueiro BRS 226 (A). Fruto do clone BRS 226, na fase de maturi (B). Paraipaba, CE. 2019. Fonte: Rita de Cássia Alves Pereira.

Pimenta BRS Avai

O cultivo da pimenta exerce importante função, no contexto social, ao contribuir para a fixação do homem na região de origem, diminuindo os índices de êxodo rural. Esta atividade econômica produz a matéria-prima que pode ser utilizada na indústria para a produção dos molhos (principal utilização), remédios, cosméticos, spray de pimenta, corantes, gomas de mascar, entre outros (PEREIRA, 2011).

O gênero *Capsicum* abrange todas as espécies e variedades de pimenta, de diferentes formatos, geralmente menores que os pimentões e frequentemente de paladar pungente, embora existam pimentas doces (CARVALHO et al., 2003). Dentre as diversas espécies de *Capsicum* encontradas e descritas, no Brasil, cultivam-se pimentas deste gênero, as famosas pimentas malaguetas, extremamente picantes (PEREIRA, 2011). As espécies domesticadas de *Capsicum*, em geral, apresentam-se como autógamas, ou seja, são autopolinizadas ocasionando produção de frutos iguais pois as sementes tendem a produzir plantas muito semelhantes (CARVALHO et al., 2003).



Figura 2. Frutificação da Pimenta BRS Avaí (A). Fruto de coloração vermelha (B) Paraipaba, CE. 2018. Fonte: Rita de Cássia Alves Pereira.

A cultivar de pimenta BRS Avaí, originou-se da seleção recorrente fenotípica, da população original Tabasco Macllhenny (TM) pertencente a espécie *Capsicum frutescens*, introduzida e cultivada no Ceará nos anos 2000 pela Embrapa Agroindústria Tropical. As plantas de pimenta da cultivar BRS Avaí (Figura 2A), possuem porte ereto, relação altura da planta/largura de 1,20 m, folha lanceolada e pubescência intermediária e coloração verde. O fruto possui forma alongada, coloração vermelha (Figura 2B), comprimento médio de 3,08cm, largura de 0,73cm, peso do fruto 0,76g e média de 42 sementes/fruto, teor de capsaicina: 26.969,1 (Scovilles) e porcentagem de polpa do fruto (%): 23,80. A produtividade média da BRS Avaí, foi em torno de 4.053 Kg/ha no período de 2009 a 2011, abrangendo os municípios de Sobral, Paraipaba e São Benedito.

Traça da castanha

Dentre as pragas-chave que afetam a produção do cajueiro, destaca-se a *Anacampsis phytomiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) popularmente conhecida como a traça da castanha, cujas injúrias interferem na produtividade e na qualidade dos frutos, reduzindo significativamente o retorno econômico da cultura (DUARTE et al., 2023). Seu hábito alimentar destrói totalmente a amêndoa e inviabiliza a castanha para comercialização (MELO E BLEICHER 2002; ARAÚJO, 2013). O sintoma de ataque da praga é a presença de um furo localizado na parte distal da castanha verde (MESQUITA et al., 2006). Esse inseto foi detectado pela primeira vez em 1982 no município de São Benedito, no Ceará (ARAÚJO et al., 1987) e possui hábito

alimentar endofítico. Trata-se de um microlepidóptero, apresenta coloração escura, com pequenas áreas claras nas asas. A postura é feita nos frutos e a pequena lagarta penetra na castanha, próximo da inserção com o pedúnculo, destruindo totalmente a amêndoa e tornando-a imprestável para a comercialização. Normalmente, encontra-se apenas uma lagarta por fruto (Figura 3).

O adulto da traça-da-castanha é uma mariposa de hábito noturno, que mede cerca de 13 mm de envergadura, apresenta coloração escura, com áreas claras nas asas. A larva mede em torno de 12 mm de comprimento, tem coloração avermelhada e cabeça preta. A pupa, também de coloração avermelhada, é encontrada no interior da castanha ainda verde ou cinza, dentro de um casulo de fios de seda, próximo a um orifício circular (MESQUITA et al., 2008). A lagarta recém-emergida penetra na castanha no estágio de maturi e destrói toda a amêndoa. Antes de se tornar pupa, abre um orifício circular na castanha, geralmente na parte distal, por onde sairá posteriormente o inseto adulto (pequena mariposa). Portanto, a presença da praga só é notada quando a parte inferior da castanha apresenta um pequeno orifício circular, denominado pelo produtor como castanhas furadas (OLIVEIRA et al., 2002). A traça-da-castanha também foi observada desenvolvendo-se no interior de brotações novas do cajueiro (MESQUITA et al., 2000).



Figura 3. Traça da castanha na amêndoa do cajueiro.

Fonte: Antônio Lindemberg Martins Mesquita (1998).

Local do estudo

O estudo foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, em Paraipaba, CE ($3^{\circ}29'19.8''S$, $39^{\circ}09'52.4''W$), nos anos agrícolas de 2017 a 2019, utilizando para o plantio cajueiro anão precoce BRS 226 e a pimenta BRS Avaí em

sistema consorciado e não consorciado. O espaçamento utilizado para o cajueiro foi 8m x 6m e 2m x 0,5m para a pimenta. No cultivo consorciado a pimenta foi instalada entre as linhas de 8m do cajueiro. Durante todo o ciclo das plantas, não foi efetuado nenhum tipo de trato fitossanitário, e os tratamentos culturais foram realizados de acordo com a recomendação para o plantio comercial de cajueiro-anão em cultivo de sequeiro (BARROS et al., 1993).

Os dados fenológicos avaliados das plantas do cajueiro foram: altura e envergadura. A produtividade (PROD) foi feita pelo peso médio de castanha (PMC) e a determinação do percentual da infestação da traça foi obtido pela percentagem de castanha furada (CF). Foram realizadas seis colheitas em cada ano agrícola (2018 e 2019), por meio da separação das castanhas furadas.

A quantificação de castanhas infestadas por *Anacampsis phytomiella* foi realizada com base na metodologia de DIAS-PINI et al. (2017), em que a porcentagem de castanhas furadas foi determinada usando a seguinte fórmula:

$$CF (\%) = \frac{\text{número de castanhas furadas}}{\text{número de castanhas total}} \times 100$$

Durante todo o ciclo das plantas, não foram efetuados nenhum tipo de tratamento fitossanitário. Foi verificado a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene's e as médias comparadas pelo teste t independente (com 5% de significância).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o ano de 2018, observou-se para o cajueiro consorciado altura média de 1,43m e envergadura de 2,25m com peso médio de castanhas de 8,87 (g), onde para o caju solteiro obteve-se altura média de 1,24m e envergadura de 1,88m com peso médio de castanhas de 10,05 (g). Em 2019 o caju consorciado apresentou altura média de 2,47m e envergadura de 4,9m com peso médio de castanhas de 10,29 (g) e para o caju solteiro altura média de 2,34m e envergadura de 4,32m e peso médio de castanha correspondendo a 9,30 (g). Paiva et al. (2002), descrevem que o BRS 226 apresenta em seu segundo ano de idade (1º safra) altura média de 1,01m e diâmetro da copa de 1,57m. Contudo Paiva e Barros (2004), relatam que o clone BRS 226, em cultivo de

sequeiro, apresenta plantas de porte baixo, altura média de 1,24m no terceiro ano de idade (2º safra), diâmetro da copa de 2,20m, no espaçamento de 8,0m x 6,0m. Estudos observados por Miranda et al. (2019), o cajueiro-anão irrigado e consorciado com mamão e melancia, aos dois anos de idade, apresenta altura média próxima de 2 (dois) metros, bem como quando consorciado com banana ou cultivo solteiro apresenta altura inferior. Com relação ao diâmetro da copa, os mesmos autores verificaram valores inferiores a 4 (quatro) metros para todas as situações observadas. Paiva et al. (2009), afirmam que o peso da amêndoa de 2,7(g), e a relação amêndoa/castanha de 22,1%, sendo o peso da castanha de 9,7 (g).

A normalidade dos dados para os valores médios do percentual de castanha danificada por *A. phytomiella* por planta, para o clone BRS 226, foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, onde assume-se que o pressuposto da normalidade foi atendido, a hipótese nula: distribuição dos dados segue distribuição normal, sendo o valor de $p > 0,05$ e hipótese alternativa: distribuição dos dados não segue distribuição normal, sendo $p \leq 0,05$ (Tabela 1).

Tabela 1. Teste de Shapiro-Wilk, para castanhas danificadas no cultivo de caju consorciado (CC) e solteiro (CS), no período 2018-2019.

Parâmetro	2018		2019	
	CC	CS	CC	CS
W-stat	0,966673	0,974818	0,976049	0,958142
p-valor	0,267306	0,695483	0,469192	0,15455
alpha	0,05	0,05	0,05	0,05
normal	Sim	Sim	Sim	Sim

A homogeneidade das variâncias foi verificada pelo teste de Levene's, calculado com base na média. Para a hipótese nula: as variâncias dos grupos são homogêneas, quando $p > 0,05$ e hipótese alternativa: as variâncias dos grupos não são homogêneas, quando $p \leq 0,05$. As variâncias são homogêneas, para os dois períodos (Tabela 2).

Tabela 2. Teste de Levene’s para as médias ao nível de 5% no período 2018-2019.

Teste de Levene’s		
	Tipo	p-valor
2018	Média	0,6864
2019	Média	0,9627

Com base na distribuição normal dos dados e da homogeneidade das variâncias estabelecida as médias foram comparadas pelo teste t de student independente com nível de 5% de significância ($\alpha = 0.05$).

Os valores médios do percentual de castanhas perfuradas por planta, para o clone BRS 226 em sistema consorciado e solteiro, para primeira e segunda safra (2018 e 2019) estão apresentados na Figura 4.

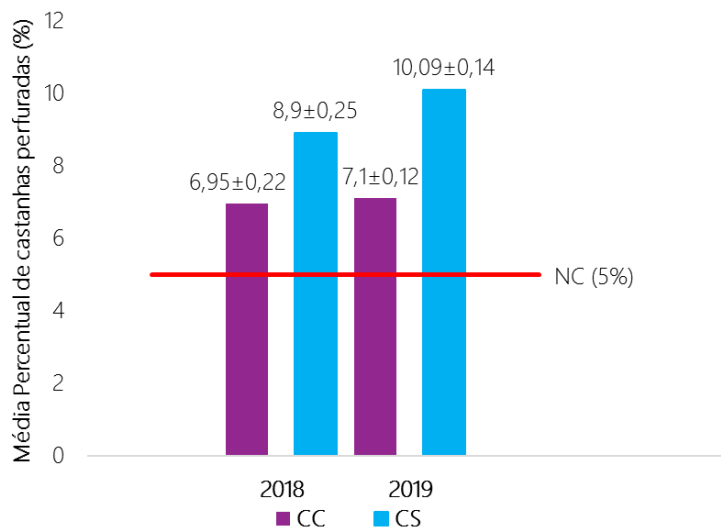


Figura 4. Média percentual de castanhas perfuradas para o caju consorciado (CC) e solteiro (CS), de seis colheitas, em dois períodos consecutivos. Barras de cor azul diferem significativamente das roxas em cada período pelo teste t-student ($\alpha = 0.05$).

Observa-se que o grau de infestação do consórcio para os períodos avaliados foi significativamente inferior, quando comparado ao caju solteiro.

Duarte *et al.* (2004), destacam que em condições de campo, em anos de maior precipitação pluviométrica, pode ocorrer um aumento no percentual de infestação de castanhas por *A. phytomiella*. Os mesmos relatam a susceptibilidade do clone BRS 226, o qual apresentou percentual acima de 25% para infestação por *A. phytomiella* durante três anos consecutivos de avaliação.

Mesquita *et al.* (2006), estabelecem que o nível de controle (NC) ou ação recomendado para a traça-da-castanha é de 5%, calculado por simples percentagem de castanha furada de uma amostra. Nas situações observadas deste trabalho, verifica-se que tanto para o ano de 2018 e 2019 seria portanto recomendado a utilização de medidas de controle, tendo em vista que o percentual de castanhas furadas superaram o limite de 5% da recomendação. Contudo, Torres e Marques (2000), afirmam que os níveis de ação e danos, devem levar em consideração a economia para o produtor, a preocupação com o meio ambiente, a sociedade, a preservação da atividade agrícola, bem como o uso racional das medidas de controle

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve redução significativa na incidência de castanhas furadas no consórcio de caju x pimenta, possivelmente pelo microambiente induzido pela consorciação. Essa abordagem integrada pode ser considerada uma estratégia promissora para a otimização da produção de castanhas, bem como aumentar a eficiência da área visto a produção da segunda cultura. A adoção do consórcio tem o potencial de promover a diversificação e a geração de renda adicional para a agricultura familiar, pequenos e médios produtores, fortalecendo assim o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Francisco Edson de; BARROS, Levi de Moura; SANTOS, Antônio Apoliano dos; ALMEIDA, José Inácio Lino de; CAVALCANTE, Maria Luzia Siqueira; TEIXEIRA, Liana Maria Saraiva. A traça da castanha nova praga do cajueiro no Estado do Ceará. *Inf. Soc. Bras. Frutic*, 4(11). 1987.

ARAUJO, João Prtagil Pereira de Agronegócio caju: práticas e inovações. Brasília: Embrapa. 532: 111-142. 2013.

BARROS, Levide Moura; PIMENTEL, Carlos Roberto Machado; CORRÊA, Maria Pinheiro Fernandes; MESQUITA, Antônio Lindemberg Martins. Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro-anão-precoce. Fortaleza: Embrapa CNPAT, Circular Técnica, p. 65, 1993. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/3153/1/Ci-001.pdf>. Acesso em 08 Jul. 2023.

CARDOSO, José Emilson; VIANA, Francisco Marto Pinto; CYSNE, Alex Queiroz; FARIAS, Fabio Costa; SOUSA, Raimundo Nonato Martins de. Clone Embrapa 51: uma alternativa para resistência à resinose-do-cajueiro. 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/424974/1/cot130.pdf>. Acesso em: 08 Jul. 2023.

CARDOSO, José Emilson; Viana Francisco Marto Pinto; FREIRE, Francisco das Chagas Oliveira; MARTINS, Marlon Vagner Valentim. Doenças do cajueiro. In: Araújo, J.P. de (Ed.). Agronegócio caju: práticas e inovações. Brasília, DF: Embrapa. p.217-238. 2013.

CARVALHO, Sabrina Isabel Costa de; BIANCHETTI, Luciano de Bem; BUSTAMANTE, Patrícia Goulart; SILVA, Dijalma Barbosa da. Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) da Embrapa Hortaliças. 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/774690>. Acesso em: 10 Jul. 2023.

DIAS PINI, Nívia da Silva; MACIEL, Gabriela Priscila de Sousa; ARAÚJO, Jackson de Lima; GOMES FILHO, Antônio Abelardo Herculano; SILVA, Dimitri Matos; VIDAL NETO, Francisco das Chagas; BARROS, Levi de Moura. Preferência da traça-da-castanha por genótipos de cajueiro-anão e metodologia de avaliação da infestação em campo. Embrapa Agroindústria Tropical, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161378/1/BPD17013.pdf>. Acesso em: 08 Jul. 2023.

DUARTE, Carla; MOLDÃO-MARTINS, Margarida; GOUVEIA, Ana F; COSTA, Sara Beirão da, LEITÃO, Antônio Eduardo; BERNARDO-GIL Maria Gabriela. Supercritical fluid extraction of red pepper (*Capsicum frutescens* L.). J. Of. Supercritical Fluids, v. 30, n. 2, p. 155-161, julho, 2004.

DUARTE, Poliana Martins; SOUZA, Antônio Gleidson Lopes; VIDAL NETO, Francisco das Chagas; PACHÚ, Jéssica Karina da Silva; MALAQUIAS, José Bruno; RODRIGUES, Sandra Maria Moraes; DIAS-PINI, Nívia da Silva. Resposta de genótipos de cajueiro-anão a *Anacampsis phytomiella* em campo. 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1154526/1/BP-241.pdf>. Acesso em: 12 Jul. 2023.

FROTA JÚNIOR, José Itamar. Divergência genética entre progênies de meios - irmãos de cajueiro anão precoce. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Biotecnologia (Rede), Fortaleza, 2012.

Disponível em:
https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/16974/1/2012_tese_jifrotajunior.pdf. Acesso em 09 Jul. 2023.

JERÔNIMO, Carlos Enrique de Medeiros. Estudo de técnicas para o tratamento alternativo de efluentes oleosos oriundos da industrialização da castanha de caju. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Departamento de Engenharia Química, UFRN, Natal, 148p. 2010.

MELO, Quelzia Maria Silva; BLEICHER, Erwino. Identificação e manejo das principais pragas. In: Melo, Q. M. S. Caju fitossanidade (Ed.). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, cap. 1, p. 9-34. 2002.

MESQUITA Antônio Lindemberg Martins; BRAGA SOBRINHO Raimundo; OLIVEIRA Vitor Hugo; ANDRADE Ana Paula da Silva. Monitoramento de pragas na cultura do cajueiro. Fortaleza: Embrapa. 34p. 2006.

MESQUITA, Antônio Lindemberg Martins; OLIVEIRA, Vitor Hugo; BRAGA SOBRINHO, Raimundo; ELOI, Waleska Martins; INNECCO, Renato; MATOS, Sergio Horta. Controle da traça-da-castanha com produtos à base de óleos essenciais e hidrolatos. Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico 135. 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/427301/1/Ct135.pdf>. Acesso em: 12 Jul. 2023.

MESQUITA, Antônio Lindemberg Martins; SILVA, Rodrigo Gregório da; BRAGA SOBRINHO, Raimundo. Ataque da traça-da-castanha (*Anacampsis cf. phytomiella*) em ramos ponteiros de cajueiro. Fortaleza: Embrapa. 4p. 2000.

MIRANDA, Fabio Rodrigues de; GONDIM, Rubens Sonsol; DE OLIVEIRA, Vitor Hugo. Irrigação em cajueiro-anão-precoce. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/981663/1/DOC13006.pdf>. Acesso em: 05 Jul. 2023.

MIRANDA, Fabio Rodrigues de; PESSOA, Pedro Felizardo A.P.; LUZ, Herbeson Ismael H.; ROCHA, Abel Bruno S.; GUIMARÃES Victor Beviláqua. Consórcio do cajueiro-anão irrigado com fruteiras tropicais na fase de implantação do pomar. Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico 258. 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1113768/1/CT258.pdf>. Acesso em: 07 Jul. 2023.

NETO, Francisco das Chagas Vidal; SERRANO, Luiz Augusto Lopes; MARTINS, Marlon Vagner Valentim; ROSSETTI, Adroaldo Guimarães; DIAS-PINI, Nivia da Silva; BARROS, Levi de Moura; MELO, Dheyne Silva; HOLANDA, José Simplício de; LIMA, João Maria Pinheiro de. Desempenho agrônômico de clones de cajueiro em Santana do Matos, RN. 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1131782/1/BP-217.pdf>. Acesso em: 08 Jul. 2023.

OLIVEIRA, Vitor Hugo *et al.* Cultivo do Cajueiro Anão Precoce. Sistemas de Produção 1. Embrapa Agroindústria Tropical, 2002, p 40. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/426705/1/Sp001.pdf>. Acesso em 12 Jul. 2023.

PAIVA, João Rodrigues de; BARROS, Levi de Moura Clones de cajueiro: obtenção, características e perspectivas-Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, v. 82, p. 26, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/7886/1/doc82.pdf>. Acesso em: 09 Jul. 2023.

PAIVA, João Rodrigues de; CARDOSO, José Emilson; BARROS, Levi de Moura; CRISÓSTOMO, João Ribeiro; CAVALCANTI, José Jaime Vasconcelos; ALENCAR, Eustáquio da Silva. Clone de cajueiro-anão precoce BRS 226 ou Planalto: nova alternativa para o plantio na região semiárida do Nordeste. 2002. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/7865/1/ct_78.pdf. Acesso em: 09 jul. 2023.

PAIVA, João Rodrigues de; OLIVEIRA, Vitor Hugo; BARROS, Levi de Moura; CAVALCANTI, Jose Jaime Vasconcelos. Clones de cajueiro: recomendação, plantio e irrigação na Região Nordeste. 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/574396/1/CL09003.pdf>. Acesso em 05 Jul. 2023.

PEREIRA, Rita de Cassia Alves; CRISÓSTOMO, João Ribeiro. Agronegócio Pimenta no Ceará. Hortic. bras, v. 29, n. 2, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45503/1/AB111009.pdf>. Acesso em 08 Jul. 2023.

PESSOA, Pedro Felizardo Adeodato de Paula; OLIVEIRA, Vitor Hugo de; SANTOS, Francisco José de Seixas; SEMRAU, Lígia Alves dos Santos. Análise da viabilidade econômica do cultivo do cajueiro irrigado e sob sequeiro. Revista Econômica do Nordeste, 31, 178-187. 2000.

PESSOA, Pedro Felizardo Adeodato de Paula; LEITE Lucas Antônio de Souza Desempenho do agronegócio caju brasileiro. Agronegócio caju: práticas e inovações. Brasília, DF: Embrapa, p. 19-39. 2013.

RIBEIRO, José Lopes; DO VAL, Aurinete Daienn Borges; ARAÚJO NETO, Pedro Rodrigues de. Implantação e manejo da cultura do cajueiro-anão-precoce na região Meio-Norte do Brasil. Embrapa Meio-Norte-Documents (INFOTECA-E). 2009.

SUCUPIRA, Natália Rocha. Avaliação da "carne" básica de caju submetida a diferentes métodos de cocção e aceitação sensorial de novos produtos. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

TORRES, Jorge Braz; MARQUES, Edmilson Jacinto. Tomada de decisão: um desafio para o manejo integrado de pragas. In: *Semana De Fitossanidade: Desafios do Manejo Integrado de Pragas e Doenças*, Recife. Palestras e minicursos. Recife: UFRPE, 2000. p. 152-173. 2000.

Comparação de macro e micronutrientes da casca de ovo caipira versus ovo convencional para uso em produção na agricultura familiar

Autores:

Magda Beatriz de Almeida Matteucci

Doutora em Desenvolvimento Sustentável-Gestão Ambiental, Universidade de Brasília/ CDS, professora da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás

Reginaldo Santana Figueiredo

Professor doutor da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás

Rosângela Vera

Professora doutora da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás

DOI: 10.58203/Licuri.21715

Como citar este capítulo:

MATTEUCCI, Magda Beatriz de Almeida; FIGUEIREDO, Reginaldo Santana; VERA, Rosângela. Comparação de macro e micronutrientes da casca de ovo caipira versus ovo convencional para uso em produção na agricultura familiar. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.).

Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais.

Campina Grande: Licuri, 2023, p. 46-51.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

O ovo é um alimento de consumo planetário em diversos segmentos. O resíduo resultante da utilização de ovos é a casca, que representa 10% do ovo. A casca de ovo é um recurso renovável localmente acessível ou de fácil obtenção, usada como adubo por agricultores tradicionais. No Brasil, adveio formas de produção de ovos com maior sustentabilidade, na busca do conforto das poedeiras e atender um mercado exigente com relação à qualidade do produto. O objetivo do estudo foi comparar o conteúdo de nutrientes das cascas de ovo caipira versus ovo de granja, convencional, visando seu emprego para aumentar a eficiência produtiva da propriedade familiar. As cascas de ovos de granja foram coletadas em lanchonetes e padarias e dos ovos caipiras com consumidores selecionados. A farinha foi produzida de modo tradicional, seca a sombra e triturada e analisada no Laboratório de Solos da Escola de Agronomia da UFG. Os dados foram comparados pelo teste de Mann-Whitney. O cálcio foi o elemento que apareceu em maior proporção em ambos tipos de ovos, com a média do caipira sendo estatisticamente maior que a do convencional. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas quanto ao N e P. Nos demais nutrientes a análise apresentou diferença maior estatisticamente significativa em favor do ovo convencional.

Palavras-chave: Cálcio. Fertilizante natural. Valores culturais.

INTRODUÇÃO

A produção mundial e nacional de ovos vem aumentando nos últimos anos e, modernamente, o mercado oferece opções de ovos em conformidade com o sistema de produção. São eles: ovos industriais, poedeiras criadas em sistemas de produção tradicionais; ovos orgânicos, galinhas criadas livres com alimentação orgânica e não recebem fármacos antibacterianos ou rações enriquecidas e balanceadas; ovos enriquecidos, galinhas criadas livres ou sistema convencional, recebendo ração enriquecida com vitamina E, selênio e ômega 3, e ovos caipiras, galináceo doméstico criado solto em quintais e fazendas, neste sistema, as galinhas são criadas em ambiente com uma instalação fechada, mas que tenha também uma área de abertura com acesso a pastagem, ou livres. Não recebem antibióticos ou promotores de crescimento (REIS *et al.*, 2021).

A criação de frango caipira é uma atividade comum na pequena propriedade que tem se mostrado lucrativa. A galinha é criada em sistemas extensivos, livres para o pastoreio, não sendo estimulada a botar mais ovos do que o normal, com postura média de cerca de 80/144 ovos por ano (BRASIL 2020; EMBRAPA, 2007). Uma situação distinta das aves de granja, que, confinadas em ambientes iluminados 24 horas por dia, são artificialmente induzidas a produzir mais ovos (BRASIL 2020; SANTOS *et al.*, 2009).

De acordo com o IBGE (2022), a produção de ovos de galinha convencional, no ano de 2022, atingiu 4 060 217 mil dúzias. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal, o consumo *per capita* no Brasil, em 2020, foi de 251 ovos por habitante (ABPA, 2021). Um volume considerável de cálcio para a agricultura pode ser obtido deste contingente favorecendo em particular o pequeno agricultor, especialmente aquele que se utiliza da agricultura com viés agroecológico.

O cálcio é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre constituindo as rochas. Naturalmente é encontrado na forma de carbonatos como o mármore, a calcita, o calcário e a dolomita e de sulfatos, o gipso e o alabastro. Na agricultura é empregado como fertilizante sob a forma de fosfato ou sulfato de cálcio, ou para a correção da acidez do solo, na forma de carbonato de cálcio, cuja denominação vulgar é calcário (PRIMAVESI, 1989; MALAVOLTA, 1976; SEÓ, 1993).

Em solos tropicais é fundamental a manutenção de um nível adequado de cálcio porque na ausência deste nutriente não se forma o húmus (PRIMAVESI, 1988). Nesse sentido, as cascas de ovos são utilizadas como corretoras de pH por possuírem carbonato de cálcio em sua composição, CaCO_3 . De acordo com Sousa *et al.* (2013), a adição de CaCO_3 elevou o pH de Argissolo Vermelho Amarelo distrófico em seu experimento.

Da casca de ovo pode-se obter o pó ou farinha, de fácil preparo sendo suficiente deixá-las secar à sombra e triturá-las em um liquidificador ou em um moinho para grãos. Esta farinha é empregada como fertilizante de plantas, sendo um recurso renovável, localmente acessível ou de fácil obtenção e de valor cultural agregado.

O objetivo do estudo foi comparar o conteúdo de nutrientes das cascas de ovo caipira versus ovo de granja visando seu emprego para aumentar a eficiência produtiva da propriedade agroecológica ou mesmo convencional.

METODOLOGIA

Foram coletadas cascas de ovos de granja em lanchonetes e padarias localizadas no município de Goiânia-GO e misturadas no momento do preparo da farinha. As cascas de ovos caipiras foram obtidas com consumidores pré-selecionados por habitualmente adquirirem seus ovos do mesmo fornecedor, no município de Goiânia-GO. No preparo elas foram misturadas a semelhança dos ovos convencionais. A farinha da casca com os dois tipos de ovos foi produzida da forma tradicional sendo as mesmas secas na sombra e trituradas em liquidificador.

A análise química foi realizada no Laboratório de Solos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, sendo determinados os teores de cálcio, nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, ferro, cobre, manganês e zinco pelo método.....

Foram realizadas cinco repetições de cada uma das misturas de cascas de ovos das duas origens.

Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Mann-Whitney em virtude do tamanho das amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de macro e micronutrientes em casca de ovos convencionais e em ovo caipira encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de N, P K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn encontrados em amostras de cascas de ovos convencionais e caipiras. Goiânia, 2022.

Elemento fertilizante	Ovo convencional	Ovo caipira	Unidade
	Quant/média	Quant/média	
N	1,05	1,06	dag/kg
P	0,26	0,19	dag/kg
K	0,06	0,04	dag/kg
Ca	30,25	33,20	dag/kg
Mg	0,31	0,23	dag/kg
Cu	14,55	13,71	mg/kg
Fe	153,20	143,80	mg/kg
Mn	10,55	9,00	mg/kg
Zn	11,11	11,04	mg/kg

O cálcio foi o elemento constituinte da casca de ovo que apareceu em maior proporção em ambos os tipos de ovos, com a média do ovo caipira sendo estatisticamente maior que a média do ovo convencional com nível de significância menor que 0,01 (valor- $p < 0,01$), pelo teste de Mann-Whitney.

Com relação aos teores de nitrogênio, fósforo, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nas duas farinhas. Quanto aos teores de potássio, magnésio, ferro, cobre, manganês e zinco, a análise apresentou diferença estatística significativamente maior em favor da farinha de ovo convencional.

Os micronutrientes estão presentes em quantidades insuficientes para corrigirem a deficiência desses elementos no solo, mas complementares na nutrição das plantas ou no equilíbrio nutricional do solo como nos casos de P/Fe, N/Cu, Ca/Mg (MALAVOLTA 1976; PRIMAVESI, 1988).

Os valores de cálcio, alcançadas neste estudo sinalizam para um desperdício de um recurso que corretamente utilizado, e observando-se as recomendações adequadas, é útil para fertilidade ou correção de solos. Assim como para ser empregado em enriquecimento de compostos e, para muitas outras finalidades, esse produto comum, de fácil obtenção e manejo que é a caca de ovo, poderia ser destinado.

Em proporções mais discretas tem-se o fósforo, nutriente limitante em solos de Cerrado e o nitrogênio. Oportuno destacar ainda a presença de micronutrientes essenciais como o zinco, outro elemento químico fundamental em solos de Cerrado e essencial no metabolismo dos

demais nutrientes das plantas (Primavesi 1988). Ademais, acrescenta-se a presença do cobre, do ferro e do manganês.

A sustentabilidade é uma conquista a longo prazo podendo ser construída com práticas simples e eficazes como o uso de resíduos como a casca de ovos não importando a origem destes.

CONCLUSÃO

A utilização da casca não é apenas um resgate e valorização dos saberes e da cultura rural, mas é um caminho para a baixa dependência de insumos comerciais na pequena propriedade familiar.

Neste sentido o ovo caipira é mais promissor, contudo não existem dados consistentes sobre a produção em escala que permita ampliar seu emprego. Diferentemente dos ovos convencionais profusamente produzidos.

Há de se considerar ainda que o emprego de casca de ovo constitui-se em uma prática capaz de contribuir para a longevidade da capacidade produtiva da propriedade ao equilibrar os nutrientes do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2022**. 2022. Disponível em: <http://abpa-br.org/abpa-lanca-relatorioanual-2021/>. Acesso em: 22 abr. 2022.

BRASIL, Ofício Circular Nº 73/2020, MAPA. Disponível em: http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2020/09/2020_73-Of-Circ-FRANGO-CAIPIRA_REVOGA-OF-CIRC-007-99.pdf. Acesso em: 15 fev. 2023.

BRASIL. Ofício-Circular nº69/2019/DIPOA/SDA/MAPA. Disponível em <http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2019/07/Oficio-Circular-no-69-2019-DIPOA-SDA-MAPA-ovos-caipiras.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2023.

BRASIL, Portaria nº 1 de 21 de fevereiro de 1990. MAPA, Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-%20animal/empresario/arquivos/Portaria11990ovos.pdf/view>. Acesso em: 15 fev. 2023.

EMBRAPA. **Criação de galinhas caipiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Meio-Norte. 2007. 73 p. (ABC da Agricultura Familiar, 20).

IBGE, **Pesquisa Pecuária Municipal-Ovos de galinha**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9216-pesquisa-trimestral-da-producao-de-ovos-de-galinha>. Acesso em: 15 fev. 2023.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola, nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo: Ceres, 1976.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo: A agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1988.

REIS, B. G. de B. I. dos, *et al.* **Ovo: produção e curiosidades sobre o ovo**. Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, 2021. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202112/17171709-livreto-curiosidades-sobre-o-ovo-ddpa-final.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2023.

SANTOS, M. W. dos; RIBEIRO, A. das G. P.; CARVALHO, L. S. **Criação de galinha caipira para produção de ovos em regime sem intensivo**. Niterói: Programa Rio Rural, 2009.

SEÓ, H. **Manual de Agricultura Natural: Unidade de Vida**. São Paulo: Cultrix, 1993.

SOUSA, L. F. R. de A. *et al.* **Determinação do pH de um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico incubado com aplicação de doses crescentes de CaCO₃ por diferentes métodos**. *Revista Agroecossistemas*, v. 5, n. 2, p. 58-63, 2013.

Mudanças climáticas, eventos climáticos extremos e movimentos de massa no Brasil: Uma revisão sistemática

Autoras:

Emanuele Santos Carvalho

Engenheira Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Daíse Cardoso de Souza Bernardino

Mestre em Ciência Florestal, Professora da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

DOI: 10.58203/Licuri.21716

Como citar este capítulo:

CARVALHO, Emanuele Santos; BERNADINO, Daíse Cardoso de Souza. Mudanças climáticas, eventos climáticos extremos e movimentos de massa no Brasil: Uma revisão sistemática. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 52-63.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

Movimentos de massa causam danos socioambientais e econômicos, exigindo compreensão científica, especialmente diante das mudanças climáticas. Nosso estudo visou criar um panorama científico dos estudos sobre eventos climáticos extremos e movimentos de massa no Brasil, abrangendo impactos socioambientais e econômicos decorrentes desses eventos no país. A metodologia utilizada foi baseada no *The PRISMA Statement* e resultou na seleção de 15 artigos científicos após revisão dos 27.781 resultados iniciais. Notavelmente, 93% dos artigos eram estudos de caso sem inferências temporais ou de magnitude para outras áreas. A pesquisa destacou uma concentração significativa de estudos na região Sudeste (53%) e Nordeste (20%), com 13% abordando o Brasil de forma mais generalizada. A análise dos artigos revelou que 47% deles foram considerados de influência mista, com causas relacionadas à atividade humana e à chuva como principais agentes. Além disso, 80% dos trabalhos foram publicados em 13 diferentes revistas, incluindo uma apenas de âmbito nacional. Nosso estudo enfatiza a importância de compreender o contexto científico desses fenômenos para a gestão de desastres no Brasil, destacando a necessidade de mais pesquisas abrangentes e de longo prazo sobre o assunto.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Socioambiental. Degradação ambiental.

INTRODUÇÃO

Os desastres ambientais podem ser definidos como eventos (de causa natural, humana ou mista) capazes de comprometer funções ambientais ou causar lesões a interesses humanos, mediados por alguma mudança ambiental (De Carvalho, 2013, p. 7). De maneira geral, são compostos por uma série de fatores ligados à degradação do meio ambiente e possuem causas que desobedecem aos pilares da sustentabilidade (Zamban e Latta, 2021, p. 253), no tocante as dimensões econômica, social e ambiental (Buarque, 2008, p. 25-26).

A análise do termo “Antropoceno” como época da dominação humana, onde o ser humano se tornou a força impulsionadora da degradação ambiental e vetor de ações que são catalisadoras de uma provável catástrofe ecológica (Crutzen e Stoermer, 2000, p. 17, tradução própria) exige que sejamos capazes de compreender melhor os efeitos de nossas ações sobre o planeta.

No contexto das mudanças climáticas, desde 2013 as previsões apontavam para o aumento dos eventos extremos, e conseqüente aumento nas incidências de desastres (IPCC, 2013, p.45). Eventos extremos podem ser compreendidos a partir de uma visão física/estatística, determinando-se limiares mais operacionais para que possam ser considerados extremos (Monteiro e Zanella, 2019, p. 154). Neste caso, os que se encontram nos limites superiores ganham mais notoriedade devido às ocorrências registradas (Monteiro e Zanella, 2019, p. 154) São desastres catastróficos que surpreendem por sua magnitude, frequência e intensidade e geram conseqüências graves quando ocorrem (Castro, 2009, p. 77).

É conveniente frisar que a mudança climática é injusta; afinal, aqueles que menos impactam o ambiente são os que mais sofrem – os mais vulnerabilizados, *os indígenas*, as populações ribeirinhas, os quilombolas, as mulheres e as crianças (Robinson, 2021, p. 17, grifo próprio). Outrossim, afetam comunidades de forma desigual cujos efeitos dependem das características do evento e da vulnerabilidade socioambiental do território, sendo fundamental a construção do conhecimento entre as comunidades vulneráveis, como cita Damacena (2015, p. 313).

Os movimentos de massa são movimentos descendentes do solo, rochas e outros materiais com conseqüente transporte e depósito de sedimentos de um local para outro.

Para Perez *et al.* (2020, p. 280) são os desastres com maior número de vítimas fatais no Brasil, seguidos de inundações, enxurradas e alagamentos.

Os condicionantes para movimentos de massa podem ser classificados em naturais e são separados em agentes predisponentes (o conjunto das características intrínsecas do meio físico natural) e os efetivos (elementos diretamente responsáveis pelo desencadeamento dos movimentos de massa) (Guidicini e Nieble, 1984, p. 50), além dos condicionantes antrópicos, gerados a partir de ações humanas.

Embora essa multidimensionalidade e abordagem dos conceitos envolvendo mudanças climáticas, eventos climáticos extremos e movimentos de massa no Brasil venha tendo destaque nas discussões nacionais e internacionais, a temática socioambiental ainda é recente na literatura científica e necessita de novas contribuições a fim de fomentar políticas públicas com o intuito de reduzir as tragédias sociais.

Isto posto, pretende-se neste trabalho construir um panorama atual da pesquisa brasileira a respeito da relação entre Eventos Climáticos Extremos e movimentos de massa no Brasil por meio de uma revisão sistemática da literatura sobre o tema nos últimos cinco anos.

METODOLOGIA

O presente estudo foi baseado integralmente no *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises): *The PRISMA Statement* (Moher *et al.*, 2009, p. 1, tradução própria). Conforme as recomendações do método PRISMA, a pesquisa foi dividida em quatro fases: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão, conforme Figura 1.

Os motores de busca utilizados foram *Web of Science* e o Google Acadêmico. Na fase de identificação, os resultados foram oriundos do cruzamento das palavras-chaves e indicadores booleanos na língua inglesa, sendo os seguintes: "Brazil AND ("extreme weather events" OR "extreme climate events") AND "environmental degradation" AND (landslides OR mudslides OR "mass movements" OR "mass movement")".

Os resultados foram filtrados pelo ano de publicação entre 2018 a 2022 e classificados por relevância, com o objetivo de apresentar os mais citados e com melhor

correspondência com as palavras chave utilizadas. A estratégia de busca nas plataformas foi feita de forma a respeitar as peculiaridades de cada base de dados e sem restrição de idiomas.

Na fase de seleção, adotou-se como critério inicial, a seleção dos 250 resultados iniciais de cada uma das bases de dados, totalizando então, 500 resultados iniciais selecionados. Os resultados foram submetidos a exame primário dos textos, realizado pela leitura do título, a fim de incluir aqueles que abordassem o tema pretendido, a saber: condicionantes para os movimentos de massa no Brasil. Prosseguiu-se com a seleção a partir da leitura dos resumos que seguissem o foco da pesquisa, seleção de apenas artigos científicos e por fim, remoção dos duplicados.

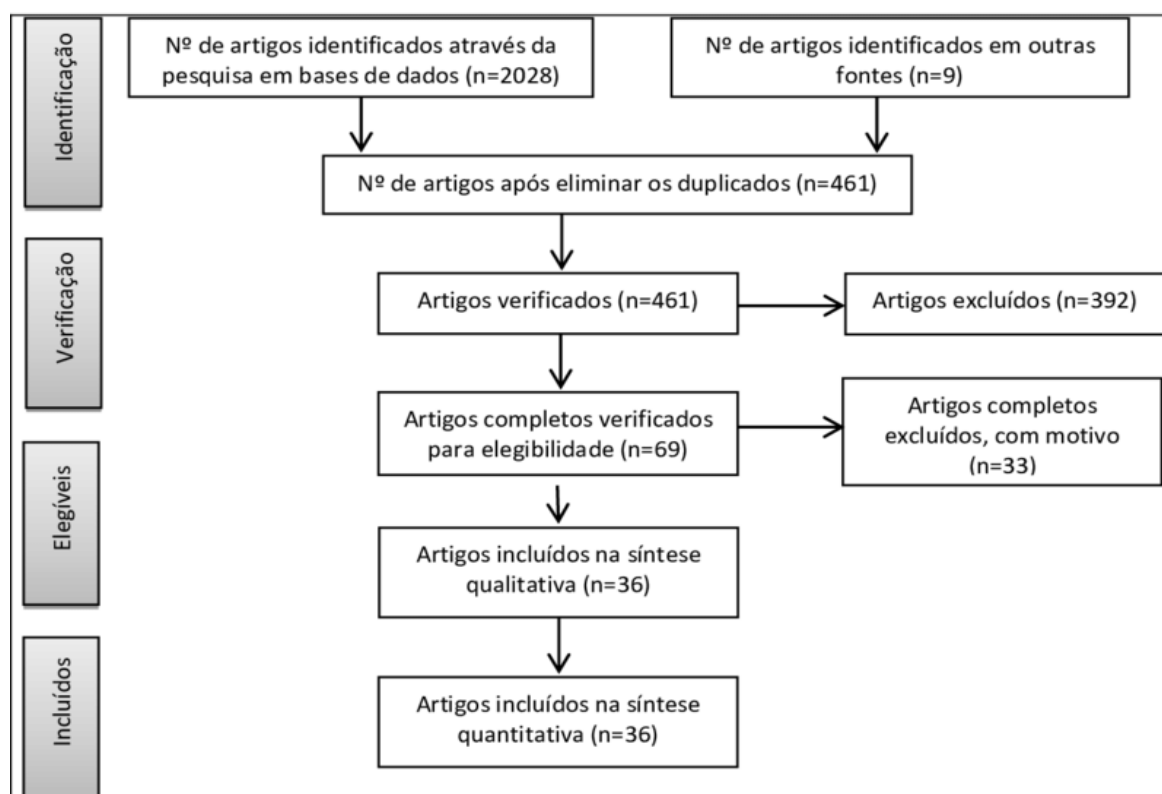


Figura 1. Fluxo da informação com as diferentes fases de uma revisão sistemática. Fonte: Adaptado Moher *et al.* (2009).

Nessa fase, os critérios de inclusão dos estudos foram artigos científicos publicados em revistas cujos títulos e resumos abordavam movimentos de massa no Brasil. Foram excluídos todos os estudos que desde o título não faziam menção ao tema abordado, não fossem no Brasil, os indisponíveis na íntegra, artigos de revisão, trabalhos

de conclusão de cursos, dissertações, teses, livros e outros que não contribuíssem para a pesquisa.

Na fase de elegibilidade, os artigos foram lidos integralmente, buscando ainda por estudos que pudessem contribuir para desenvolver um panorama dos movimentos de massa no Brasil. Os critérios para exclusão final, após leitura do texto completo dos artigos foi possuírem outro foco de estudo e/ou que não indicasse condicionantes para movimentos de massa no Brasil.

De posse das publicações incluídas na análise qualitativa, conforme o método *PRISMA* foi realizada a tabulação dos dados, seguindo as variáveis categóricas, a saber: o objetivo do estudo, se estudo de caso ou análise de eventos em geral, presença de condicionante dado à ocorrência de um evento, a produção de dados por região no Brasil, a relevância da revista, se nacional ou internacional e a nuvem de palavras-chave.

Ao final construiu-se uma nuvem de palavras com as palavras-chave presentes nos estudos incluídos traduzidas para o idioma predominante nos resultados obtidos por meio da plataforma Wordcloud Maker (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa inicial nas bases de dados *Web of Science* e Google Acadêmico apresentou, 298 e 27.483 retornos, respectivamente, totalizando 27.781 resultados, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Número de resultados encontrados na busca inicial.

Base de dados	Resultados identificados	Resultados iniciais selecionados	Resultados excluídos
<i>Web of Science</i>	27.483	250	27.233
Google acadêmico	298	250	48
Total	27.781	500	27.281

Após a leitura dos títulos dos 500 artigos iniciais foram selecionados 38 resultados da base de dados *Web of Science* e 27 resultados do Google Acadêmico, resultando na exclusão de 435 artigos como observado na Figura 2.

Ainda na fase de triagem e seleção dos resultados, observou-se que todos os 38 resultados oriundos da base de dados *Web of Science* eram artigos científicos, e diferentes dos resultados Google Acadêmico, que dos 27 resultados, selecionou-se apenas 16 artigos científicos. E entre os que foram excluídos seis eram livros, dois eram teses/dissertações e três eram artigos duplicados.

Ao final, apenas 54 artigos foram selecionados para a leitura dos resumos. Apenas 13 artigos aos critérios de inclusão no *Web of Science* e cinco no Google Acadêmico, totalizando 18 artigos em texto completo avaliados para elegibilidade. Dos 36 artigos excluídos, 33 possuíam outro foco de pesquisa e três não foram desenvolvidos no Brasil.

Na fase de elegibilidade, os critérios de inclusão foram mais restritivos, tendo como objetivo encontrar uma condicionante para a ocorrência de um evento de movimentos de massa no Brasil. Dentre os 18 artigos, três foram excluídos, dois por não indicar um condicionante e o outro por não ser no Brasil. Ao final, apenas 15 artigos científicos foram incluídos no estudo, tabulados e analisados quanto às variáveis categóricas.

O idioma da publicação dos artigos científicos selecionados, em sua totalidade foi o inglês. Acredita-se que em razão do uso de palavras-chaves e indicadores booleanos na língua inglesa. A partir da extração e análise dos dados, observa-se que 93% dos trabalhos são Estudos de Caso e não fazem inferências temporais ou de magnitude para outras áreas/situações.

Afirma-se que entre os estudos selecionados, 53% (oito artigos) concentram-se na região Sudeste, especificamente, no Rio de Janeiro com 63% dos estudos distribuídos em três com foco no estado do Rio de Janeiro, um no município de Rio de Janeiro e um em Petrópolis. No estado de Minas Gerais (25%), houve um artigo no município de Rio Piracicaba e outro englobando as cidades de Alto do Rio Doce, Lamim, Guaraciaba e Divinésia. O estado de São Paulo apresentou apenas um estudo na região da Baixada Santista.

Os trabalhos que enfatizaram a Região Nordeste representaram 20% do total (três artigos, sendo um analisando todo o estado do Nordeste, um realizado do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia e um no município de Salvador. Além disso, 13% (dois estudos) dos estudos foram mais generalistas e tiveram como foco o Brasil, um estudo no Paraná, e outro focando a Serra do Mar, localizada nas regiões Sul e Sudeste, respectivamente.

Ao avaliar a produção e predominância dos estudos de desastres no Brasil, Braga *et al.* (2018, p. 186) encontraram correlação semelhante. O que sugere que apesar desses eventos ocorrerem em menor quantidade no Sudeste, sua alta densidade demográfica resulta em um alto número de afetados (Brasil, 2014, p. 51).

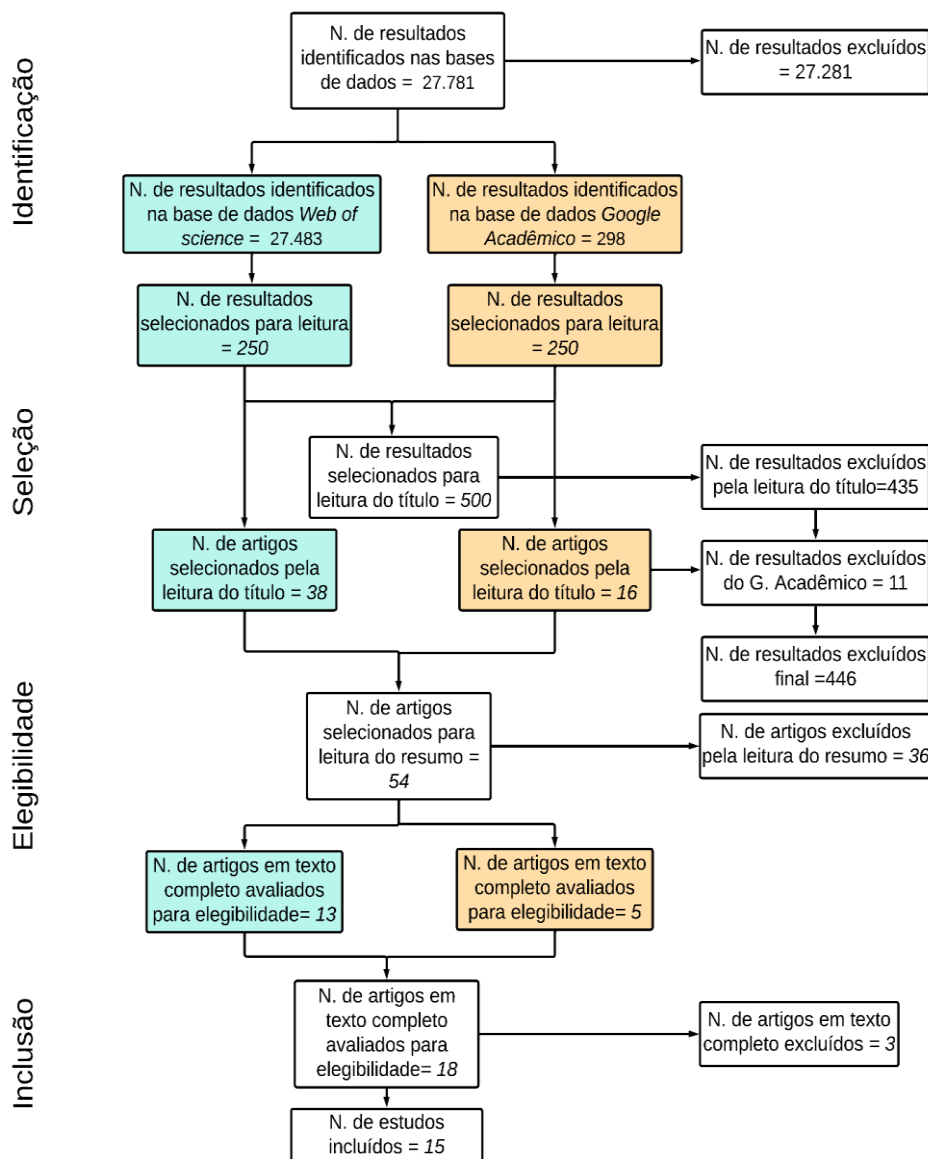


Figura 2. Aplicação do protocolo PRISMA na revisão sistemática.

Conquanto, em análise das decretações de desastres ambientais entre 2013 a 2022, 46,8% do total foram no Nordeste, seguido dos municípios do Sudeste (22,6%), Sul (16,1%), Centro Oeste (9,3%) e Norte (5,2%) (CNM, 2022, p. 5), observando-se, portanto, a ausência de produções que se aproximem da realidade vivida em cada região.

É imprescindível frisar que episódios envolvendo esses eventos são frequentes em centenas de cidades brasileiras, entretanto, observou-se uma escassez na literatura visitada de dados científicos referentes aos números de eventos de movimentos de massa e que contemple as especificidades de cada região do território nacional.

Mudanças climáticas impactam diferentemente as grandes regiões brasileiras, em função da densidade populacional e da baixa qualidade dos serviços de infraestrutura urbana (Perez *et al.*, 2020, p. 279). A ausência de dados recentes se configura como um desafio à gestão de desastres ambientais no Brasil visto que contribui para a subestimação de informações que são utilizadas para a elaboração e implementação de políticas públicas relacionadas à gestão de riscos, bem como, na proposição de medidas de mitigação e adaptação aos desastres.

A ausência de produção de dados recentes, visto que os dados oficiais mais atualizados sobre a ocorrência de desastres são do ano de 2013, presentes no Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (Brasil, 2014) e no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC, 2013), que mapeou os desastres ocorridos no Brasil entre 1991 e 2012 (Braga *et al.*, 2018, p. 180) é um ponto negativo a ser considerado. Não se pode afirmar que esses números representam o real aumento da ocorrência de desastres naturais devido à fragilidade e dificuldade que tais órgãos têm de manter atualizados seus registros (Braga *et al.*, 2018, p. 180).

A partir da análise dos condicionantes, sete artigos apontaram para agentes predisponentes, nove foram agentes efetivos e oito foram agentes antrópicos. Podemos inferir que sete dos quinze trabalhos (47%) analisados consideram os movimentos de massa avaliados como tendo influência mista, em grande parte abordam os impactos causados pela atividade antrópica e a chuva como agentes predominantes.

De forma correlata, analisando a ocorrência de deslizamentos induzidos no município de Belo Horizonte, Região Sudeste, comprovou-se estarem associados a condicionantes antrópicos, fatores que são, muitas vezes, mais importantes ao desencadeamento do processo do que a própria chuva (Parizzi *et al.*, 2010, p. 65). Apesar de não haver controle sobre a chuva, as condições ambientais são condicionadas pelo sistema, como por exemplo, a construção de moradias em local irregular e áreas passíveis de deslizamento (Santana e Farias, 2021, p. 19).

Quanto à relevância da publicação, 80% dos trabalhos apareceram em 12 diferentes revistas, publicadas em língua inglesa e com alcance internacional e os

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aponta-se como limitações desta pesquisa as poucas produções científicas analisadas capazes de estabelecer relações entre eventos climáticos extremos e desastres ambientais. Portanto, reforça-se a necessidade de estudos sobre a temática visto que esta discussão é contínua.

Sugere-se a realização de novas pesquisas científicas e a ampliação da área de estudo com foco nas demais regiões do país visando o desenvolvimento de ações de prevenção, preparação, mitigação e resposta a desastres ambientais adequadas a cada região do Brasil.

Ademais, há urgência no desenvolvimento de estudos prospectivos na área com foco na previsão e na prevenção de desastres visto que estes são fundamentais para a construção da cultura de gestão de desastres no país, contribuindo para o desenvolvimento de comunidades e cidades mais resilientes.

REFERÊNCIAS

BRAGA, Ana Paula de Araújo; MARTINS-SILVA, Priscilla de Oliveira; AVELLAR, Luziane Zacché; TRISTÃO, Kelly Guimarães; RIBEIRO NETO, Pedro Machado. Produção científica sobre psicologia dos desastres: Uma revisão da literatura nacional. **Estudos de Psicologia**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 179-188, abr./jun. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/1678-4669.20180018>.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013**. Brasília. CENAD. 2014, 106 p. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/386/1/Anuario-Brasileiro-de-Desastres-Naturais-2013.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

BUARQUE, Sergio José Cavalcanti. **Construindo o desenvolvimento local sustentável**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2008. 177 p.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. 5. ed. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2009. 283 p.

CNM - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. **Danos e Prejuízos Causados Por Desastres No Brasil Entre 2013 A 2022**. Estudo Técnico, Brasília: CNM, 2022. 18p. Disponível em:

https://www.cnm.org.br/Estudo_Tecnico_Danos_e_Prejuizos_Causados_por_Desastres.pdf. Acesso em: 01 nov. 2022.

CRUTZEN, Paul Josef; STOERMER, Eugene Filmore. The Anthropocene. **Global Change Newsletter**, v.41, p.17-18, mai. 2000. Disponível em: <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

DAMACENA, Fernanda Dalla Libera. A governança dos desastres ambientais no direito comparado norte-americano e europeu. 2015. **RIL**, v.52, n. 208, p. 303-319, out./dez. 2015. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/52/208/ril_v52_n208_p303. Acesso em: 26 out. 2022.

DE CARVALHO, Délton Winter. As mudanças climáticas e a formação do Direito dos desastres. **Novos Estudos Jurídicos**, v. 18, n. 3, p. 397-415, 2013. DOI: <https://doi.org/10.14210/nej.v18n3.p397-415>.

DI BITETTI, Mario Santiago.; FERRERAS, Julian. Publish (in English) or perish: the effect on citation rate of using languages other than English in scientific publications. **Ambio**, 46, p. 121-127, fev. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0820-7>.

GUIDICINI, Guido; NIEBLE, Carlos Manoel. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. 216 p.

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas, 2013: Resumo para Decisores. In: **Alterações Climáticas, 2013. A Base Científica. Parte da Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas** [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 210p. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/03/ar5_wg1_spm.pdf. Acesso em: 7 dez. 2022.

MOHER, David; LIBERATI, Alessandro; TETZLAFF, Jennifer; ALTMAN, Douglas. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **The BMJ**, 339: b2535, p. 1-8, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>.

MONTEIRO, Jander Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. Eventos extremos no estado do Ceará, Brasil: uma análise estatística de episódios pluviométricos no mês de março de 2019. **GeoTextos**, v. 15, n.2, dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.9771/geo.v15i2.32093>.

PARIZZI, Maria Giovana; Sebastião, Cristiane Silva; Viana, Claudia de Sanctis; Pflueger, Marcelo de Carvalho; Campos, Luciane de Castro; Cajazeiro, Joana Maria Drummond; Tomich, Rodolfo Sena; Guimarães, Roberta Nunes; Abreu, Magda Luzimar de; Sobreira, Frederico Garcia; Reis, Ruibran dos. Correlações entre chuvas e movimentos de massa no

município de Belo Horizonte, MG. **Geografias**, v. 6, n.2, p. 49-68, jul./dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-549X..13296>

PEREZ, Letícia Palazzi; RODRIGUES-FILHO, Saulo; MARENGO, José Antônio; SANTOS, Diogo Victor; MIKOSZ, Lucas. Mudanças climáticas e desastres: análise das desigualdades regionais no Brasil. **Sustainability in Debate**, v. 11, n.3, p. 278-296, dez. 2020. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f1da/bffb79b41fb5096d53e54b58b69318aa0153.pdf> Acesso em: 14 nov. 2022.

ROBINSON, Mary. **Justiça Climática: Esperança, resiliência e a luta por um futuro sustentável**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2021. 184 p.

SANTANA, Juliana Santos de; FARIAS, Ursula Pinto Lopes de. Racismo Ambiental: a divisão racial da cidade de Salvador e os impactos ambientais. **Educação Sem Distância**, v.1, n.4, p. 1-22, dez. 2021. Disponível em: <https://educacaoemdistancia.unyleya.edu.br/esd/article/view/120/42>. Acesso em: 24 mar. 2023.

SIQUEIRA, Antenora Maria da Mata; DUTRA, Adriana Soares; MENDES, Juliana Thimotéo Nazareno; VALENCIO, Norma. Olhares cruzados sobre riscos e desastres. **Vértices**, v. 23, n. 1, p. 4-15, jan-abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v23n12021p4-15>

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. (2013). **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012: volume Brasil**. Florianópolis: UFSC - CEPED. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>. Acesso em: 16 dez. 2022.

VALENCIO, Norma Felicidade Lopes da Silva. Desastres: tecnicismo e sofrimento social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 19, p. 3631-3644, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.06792014>

WORDCLOUD, MAKER, 2021. Free online word cloud maker. Disponível em: <https://makewordcloud.com/word-cloud-maker>.

ZAMBAN, Neuro; LATTA, Carla Della. Os desastres ambientais e os refugiados ambientais: parâmetros para um desenvolvimento humano sustentável. **Cadernos Zygmunt Bauman**, v. 11, n. 27, p. 247- 261, 2021. Disponível em: <https://periodicoeletronicos.ufma.br/index.php/bauman/article/view/18072/9734>. Acesso em: 29 out. 2022.

Resistência à polimixina em isolado de *Klebsiella pneumoniae* produtor de carbapenemase

Autores:

João Carlos Cavalcanti de Albuquerque Junior

Bacharel em Biomedicina pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife

Igor Vasconcelos Rocha

Doutor em Biociências e Biotecnologia em Saúde, Instituto Aggeu Magalhães - Fiocruz-PE, Recife

Carlos Alberto das Neves de Andrade

Mestre em Biociências e Biotecnologia em Saúde, Instituto Aggeu Magalhães - Fiocruz-PE, Recife

DOI: 10.58203/Licuri.21717

Como citar este capítulo:

ALBUQUERQUE JUNIO, João Carlos Cavalcanti; ROCHA, Igor Vasconcelos; ANDRADE, Carlos Alberto das Neves. Resistência à polimixina em isolado de *Klebsiella pneumoniae* produtor de carbapenemase. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 64-74.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

A terapia antimicrobiana é um dos componentes essenciais para a prática médica e o pilar para a intervenção clínica em pacientes acometidos por Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS). Isolados de *Klebsiella pneumoniae* fazem parte da microbiota, mas que podem provocar doenças em casos de imunossupressão do hospedeiro. O objetivo deste trabalho foi analisar o perfil de susceptibilidade antimicrobiana às polimixinas em isolado de *K. pneumoniae* produtor de carbapenemase proveniente de amostra clínica de paciente assistido em um hospital terciário de Recife-PE. Para determinar o perfil de sensibilidade aos antimicrobianos foram utilizadas as técnicas *Drop Test* e Polimixina NP. Os principais genes de resistência aos carbapenêmicos foram investigados pela técnica de PCR e identificados por sequenciamento de DNA. Os resultados revelaram fenótipo variável de resistência às polimixinas no isolado avaliado, indicando a presença de heterorresistência de baixo nível. O ensaio molecular de transferência interespecífica demonstrou a presença de elemento móvel no isolado. Os ensaios de PCR revelaram a presença do gene *bla_{KPC}*. A presença de isolados *K. pneumoniae* resistente aos carbapenêmicos e polimixinas em amostras clínicas de pacientes hospitalizados reforça a necessidade do desenvolvimento de novas estratégias para combater a ameaça da resistência aos antimicrobianos de última linha e também a necessidade de fomentar estudos de epidemiologia molecular para compreender esses mecanismos genéticos de resistência antimicrobiana com baixos níveis de expressão.

Palavras-chave: Resistência antimicrobiana. Infecções Relacionadas à Saúde Assistencial (IRAS). KPC-2. Antibioticoterapia. Heterorresistência.

INTRODUÇÃO

A notável adaptabilidade dos isolados bacterianos da família Enterobacteriaceae é equiparada apenas pela sua patogenicidade em humanos e animais. Embora essas bactérias tenham uma presença ampla na natureza e colonizem uma variedade de hospedeiros, também são agentes causadores de infecções graves. Entre as várias espécies pertencentes a essa família, a *K. pneumoniae* se destaca como a principal Enterobactéria multirresistente em âmbito global nos últimos anos (CONCEIÇÃO-NETO et al., 2022).

No âmbito das Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS), essa espécie se destaca devido à sua prevalência e habilidade em desenvolver resistência. Sua presença eleva os índices de mortalidade em aproximadamente 35% quando associada a Infecções de Corrente Sanguínea (ICS) (CONCEIÇÃO-NETO et al., 2022).

Nesse contexto, a propagação de isolados de *K. pneumoniae* com resistência concomitante a carbapenêmicos e polimixinas (PR-CRKP), duas classes primordiais de antimicrobianos na prática médica, se apresenta como uma ameaça substancial à saúde pública (MARR; RUSSO, 2019). Isso é particularmente preocupante em nações em desenvolvimento, onde o acesso a tratamentos inovadores ainda é restrito (AYANDELE et al., 2020).

O principal mecanismo de resistência aos carbapenêmicos nesses isolados é a produção de carbapenemases, enzimas que também desativam outras classes de antimicrobianos betalactâmicos (RUSSO, 2023). A resistência à polimixina, um antimicrobiano de reserva crucial para tratar infecções ocasionadas por isolados de *K. pneumoniae* resistentes aos carbapenêmicos (CR-KPN), está diretamente relacionada à incorporação de genes *mcr* (*mobile colistin resistance*) e mutações no material genético da bactéria, resultando no surgimento de padrões de resistência Extensiva (XDR) e Pan resistência (PDR) entre os isolados de *K. pneumoniae* (LI et al., 2023).

O aumento progressivo da ocorrência de isolados de *K. pneumoniae* resistentes tanto a carbapenêmicos quanto a polimixinas (PR-CRKP) está resultando em um aumento dos custos, prolongamento do tempo de internação, aumento da toxicidade e agravamento da gravidade das infecções relacionadas à assistência à saúde, tendo um impacto significativo na morbimortalidade (CORREA, 2022). Aliado a isto, a dificuldade

de diagnóstico desses isolados tem se mostrado um fator preocupante nos laboratórios de microbiologia, principalmente em casos de baixo nível de resistência às polimixinas (ou seja, 13 MIC entre 4-16 µg/mL), pois estes isolados estão sendo apontados como a causa principal de disseminação da resistência por mecanismos de plasmídeo e também por gene *mcr* (LAI et al, 2018). Diante disto, o escasso arsenal de métodos de detecção associado a falta de recursos para otimizar os métodos conhecidos torna o cenário ainda mais preocupante.

O presente trabalho foi conduzido para avaliar o perfil de susceptibilidade antimicrobiana à polimixina em isolado de *K. pneumoniae* produtor de carbapenemase obtido a partir de amostra clínica de paciente assistido em Hospital Terciário do Recife-PE. A análise desses perfis de resistência pode contribuir para aprimorar programas de vigilância epidemiológica e ajudar a estabelecer novos patógenos de prioridade crítica dentro de uma perspectiva de saúde pública.

METODOLOGIA

Isolado clínico

O isolado clínico de *K. pneumoniae* foi obtido a partir de amostra de urocultura de paciente assistido em um hospital terciário de Recife-PE em janeiro de 2023. A identificação das espécies bacterianas e o perfil de susceptibilidade antimicrobiana foram primariamente determinados no laboratório de Microbiologia Clínica do próprio hospital, através de provas bioquímicas fenotípicas de rotina e por meio de metodologia automatizada, Vitek® 2 (bioMérieux). O isolado clínico foi coletado da rotina do laboratório de Microbiologia Clínica do Hospital e armazenado em meio LB suplementado com 15% de glicerol à temperatura de 80 °C negativos. As subculturas foram posteriormente realizadas em meio de cultura LB (Luria-Bertani) e/ou Brain Heart Infusion (BHI) e incubadas a 35 ± 2 °C por 24 horas para seguimento das etapas subsequentes deste estudo.

Determinação do perfil de susceptibilidade aos antimicrobianos

A concentração inibitória mínima (CIM) para a polimixina B e meropenem foi avaliada por microdiluição em caldo de acordo com as recomendações do BrCAST

(*Brazilian Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing*). Para isto, o inóculo bacteriano foi preparado pela técnica de suspensão direta de colônias crescidas em placas contendo ágar Müller-Hinton (Himedia) em 1 mL de Caldo Müller-Hinton Cátion-ajustado (CA-MHB) estéril até uma densidade óptica (OD) 625_{nm} de 0,08 - 0,13 UA, determinada em espectrofotômetro UV 1101 Biotech Photometer (WPA), correspondente a 0,5 da escala de McFarland ou $1-5 \times 10^8$ UFC/mL. Essa suspensão foi subsequentemente diluída 1:1000 em CA-MHB em volume suficiente para inoculação dos poços da placa de microdiluição. Um volume de 50 µL desta última diluição foi inoculado simultaneamente com o auxílio de pipetador automático multicanal em cada poço da placa previamente confeccionada, de modo que, ao final dessa etapa, cada poço contivesse um volume final de 100 µL, contendo a concentração final desejada para cada antimicrobiano e uma densidade celular bacteriana de cerca de $1-5 \times 10^5$ UFC/mL. Para avaliar a possibilidade de interferência do plástico no resultado do ensaio de microdiluição em caldo, o experimento foi realizado em placa de 96 poços de Poliestireno não tratada (placa hidrofóbica) e tratada (placa hidrofílica).

Como controle positivo do crescimento bacteriano foram inoculados poços contendo CA-MHB livre de antimicrobianos e, como controle negativo de crescimento foram reservados poços contendo apenas CA-MHB, sem inoculação. Após inoculação, as placas de microdiluição foram incubadas por 18-24 horas, a 35 ± 2 °C e após esse período, inspecionadas visualmente após adição de resazurina para a determinação da concentração inibitória mínima (CIM). A resistência à colistina também foi avaliada por *Drop Test* e Polimixina NP. No primeiro, 10 µL de Colistina (16 µg/mL) foi adicionado ao meio ágar Muller Hinton previamente inoculado com o isolado clínico selecionado para este estudo (ajustado a uma densidade de 0,5 na escala nefelométrica de McFarland). A placa permaneceu em repouso a temperatura ambiente para secagem da gota de antimicrobiano e posteriormente incubada a 37°C por 24h para leitura visual para verificar a formação ou não de zona de clareamento (sensibilidade).

O teste de Polimixina NP foi conduzido conforme protocolo estabelecido por Nordmann, Jayol e Poirel (2016). Para isto, uma suspensão do isolado de *K. pneumoniae* foi ajustada em uma placa de 96 poços (poliestireno) a uma concentração de 10^8 CFU/mL em uma solução contendo glicose anidra a 1%, 0,005% de vermelho de fenol e 3,75 µg/mL de colistina, sendo incubado por duas 2h a 37°C. Após esse período, a placa

de 96 poços foi analisada para verificar a produção de ácido (coloração amarelada) pelo isolado avaliado (critério de resistência).

Os testes de sensibilidade a ampicilina-sulbactam, piperacilina-tazobactam, ceftriaxona, ceftazidima, cefepime, meropenem, amicacina, gentamicina, ertapenem, ciprofloxacina e trimetoprim-sulfametoxazol foram determinados por metodologia automatizada em Vitek® 2 Compact (bioMérieux), seguindo o fluxo de rotina do laboratório de Microbiologia Clínica do hospital, utilizando-se os painéis de ID/AST.

Teste fenotípico de detecção enzimática das principais carbapenemases de interesse clínico

O teste fenotípico de detecção enzimática foi realizado a partir da utilização do *NG-Test CARBA 5* (Laborclin), ao qual são imobilizados anticorpos monoclonais de ratos dirigidos contra KPC (K), OXA (O), VIM (V), IMP (I), e NDM (N) em zonas de teste de membrana de nitrocelulose designadas por K, O, V, I, e N. O ensaio foi realizado a partir da aplicação de uma suspensão do inóculo do isolado-teste no poço do cassete.

Resumidamente, a amostra migra através do bloco conjugado e caso estejam presentes, as carbapenemases reagem com os anticorpos monoclonais anti-carbapenemases marcados. O complexo migra através da membrana de nitrocelulose via capilaridade e interage com os anticorpos monoclonais anti-carbapenemases correspondentes, imobilizados na membrana. A linha de controle C, é formada por estreptavidina marcada e anticorpos monoclonais que reagem com biotina-BSA e anticorpos policlonais de cabra e anti-rato, imobilizados na membrana. Caso a amostra seja positiva para uma ou para várias carbapenemases, irá aparecer uma linha vermelha na(s) zona(s) de teste e na zona controle da membrana. Caso contrário, apenas irá aparecer uma linha vermelha na zona do controle.

Detecção dos principais determinantes genéticos de resistência aos carbapenêmicos.

Foram conduzidos testes para identificar os principais genes associados à resistência aos carbapenêmicos, visando confirmar os resultados dos testes fenotípicos que detectam as principais carbapenemases de relevância clínica. Além disso, a análise teve o objetivo de verificar a possível existência de genes que codificam outras betalactamases de importância clínica, que não são abordadas nos testes fenotípicos.

Para esse propósito, o DNA total foi extraído do isolado utilizando o kit comercial DNeasy Blood and Tissue Kit da Qiagen, de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante do kit.

O DNA foi quantificado através do equipamento *NanoDrop 2000C* e estocado a -20°C , sendo posteriormente diluído para concentração de uso. A pesquisa dos principais determinantes genéticos de resistência foi realizada por PCR, em reações individuais com volume final de 25 μL , contendo tampão para PCR (Invitrogen), MgCl_2 (Invitrogen), 1U Platinum Taq DNA Polimerase (Invitrogen), 2,5 mM de dNTP's (Invitrogen), além das sequências iniciadoras dos genes de *K. pneumoniae* carbapenemase KPC-F (5'-TCGCTAAACTCGAACAGG-3') e KPC-R (5'-TTACTGCCCGTTGACGCCCAATCC-3'); New Delhi metalobetalactamase NDM-F (5'-CTGAGCACCGCATTAGCC-3') e NDM-R (5'-GGGCCGTATGAGTGATTGC-3'); Brazilian *Klebsiella* carbapenemase BKC-F (5'-ACATAATCTCGCAACGGGCG-3') e BKC-R (5'-TCGCCGGTCTTGTTTCATCAC-3'); Imipenemase IMP-F (5'-GAATAGAATGGTAACTCTC-3') e IMP-R (5'-CCAAACCACTAGGTTATC-3'); São Paulo metalobetalactamase SPM-F (5'-CCTACAATCTAACGGCGACC-3') e SPM-R (5'-TCGCCGTGTCCAGGTATAAC-3'); e Verona imipenemase VIM-F (5'-GTTTGGTCGCATATCGCAAC-3') e VIM-R (5'-AATGCGCAGCACCAGGATAG-3'), a 10 mM cada. As reações foram realizadas em termociclador *GeneAmp 9700* (Applied Biosystems) iniciando a partir de uma etapa de desnaturação inicial a 94°C por 3 minutos, seguido de 35 ciclos de 94°C por 30 segundos, 55°C por 30 segundos e 72°C por 90 segundos, finalizando por um ciclo de extensão final a 72°C por 5 minutos. Os produtos de PCR foram submetidos à eletroforese em gel de agarose a 1%, por 45 minutos a 120V e posteriormente visualizados sob luz UV em transiluminador.

Os *amplicons* visualizados em gel de agarose foram então excisados com o auxílio de um bisturi estéril e purificados utilizando o *illustra™ GFX PCR DNA and Gel Band Purification Kit*, sendo posteriormente submetidos ao sequenciamento de DNA por metodologia de Sanger. As sequências de nucleotídeos foram visualizadas e tratadas utilizando o *software Chromas* (Technelysium Pty Ltd) e alinhados com sequências disponíveis no NCBI utilizando a ferramenta BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*), sendo visualizadas pelo *BioEdit 7.2* (Informer Technologies, Inc.).

Avaliação da capacidade de transferência interespecífica dos mecanismos de resistência às polimixinas

A avaliação da capacidade de transferência dos genes de resistência foi realizada com o intuito de determinar se o microrganismo era detentor de mecanismos móveis de resistência. Resumidamente, o DNA plasmidial da *K. pneumoniae* foi extraído a partir de uma cultura de 2 ml do isolado, utilizando o *Plasmid DNA Isolation kit* (Thermo Fisher Scientific), seguindo as recomendações do fabricante. O DNA obtido foi então transformado em células de *Escherichia coli* quimiocompetentes, em banho-maria a 42 °C por 30 segundos.

As células transformantes foram semeadas em placas de Petri contendo ágar cromogênico acrescido de 2 µg/mL de polimixinas B e/ou 16 µg/mL de meropenem, sendo incubadas a 37 °C por 16 horas para inspeção visual de crescimento microbiano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do perfil de sensibilidade do isolado de *K. pneumoniae* deste estudo demonstrou elevada resistência à ampicilina-sulbactam, piperacilina-tazobactam, ceftriaxona, ceftazidima, cefepime, meropenem, amicacina, gentamicina, ertapenem, ciprofloxacina e trimetoprim-sulfametoxazol, conforme evidenciado na Tabela 1.

Tabela 1. Teste fenotípico de resistência de *K. pneumoniae* aos antimicrobianos.

Concentração Inibitória Mínima (µg/mL)			
Ampicilina-Sulbactam	≥32	Amicacina	≥32
Piperacilina-Tazobactam	≥128	Gentamicina	≥16
ceftriaxona	≥64	Ertapenem	≥1
ceftazidima	≥64	Azitromicina	≥64
Cefepime	≥64	Ciprofloxacina	≥4
Meropenem	≥32	Trimetoprim-Sulfametoxazol	≥32

Todos os testes fenotípicos realizados foram capazes de detectar a resistência à polimixina B no isolado. No teste de microdiluição, o isolado demonstrou resistência com valores de CIM variando entre 2 e 8 µg/mL. Essa variação, que abrangeu tanto faixas de sensibilidade (2 µg/mL) quanto de resistência (8 µg/mL) ao fármaco, indica uma forma de resistência de baixo nível não consistente.

Os experimentos conduzidos em placas tratadas (hidrofílicas) e não tratadas (hidrofóbicas) exibiram resultados idênticos, sugerindo que não houve influência de uma possível interação entre o antimicrobiano e o material plástico das placas usadas nos ensaios.

Vale ressaltar que o teste também revelou a presença de padrões de "skipped wells", ou seja, poços nos quais não ocorreu crescimento bacteriano, contrastando com poços que continham concentrações mais elevadas de antimicrobianos, onde o crescimento foi observado (Figura 1, poços A5 e A7), indicando a presença de heterorresistência às polimixinas.

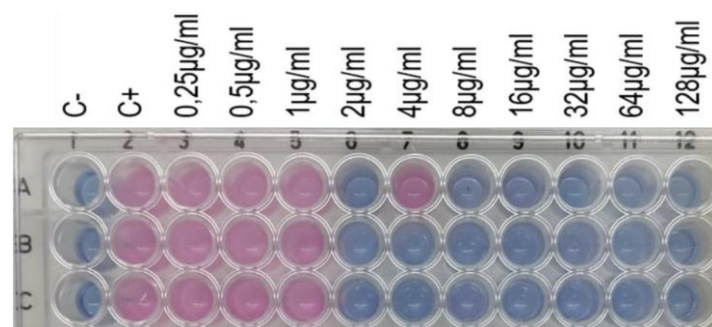


Figura 1. Teste de microdiluição em caldo realizado com diferentes concentrações de polimixina B. Legenda: Em azul, poços sem crescimento bacteriano, indicando susceptibilidade à polimixina. Em rosa, poços nos quais houve crescimento bacteriano, indicando resistência ao antimicrobiano testado.

Dentre os genes de resistência pesquisados no isolado desse estudo, foi detectado apenas o gene *bla*_{KPC} (Figura 2). Os demais genes para carbapenemases, incluindo os de metalobetalactamase pesquisados, não foram encontrados pela técnica utilizada. A análise do sequenciamento por metodologia de Sanger e alinhamento contra as sequências depositadas no NCBI revelou a presença da variante enzimática KPC-2.

O *NG-Test CARBA 5* evidenciou a produção da enzima KPC pelo isolado testado, apresentando resultado negativo para as demais enzimas investigadas, incluindo OXA (O), VIM (V), IMP (I) e NDM (N).

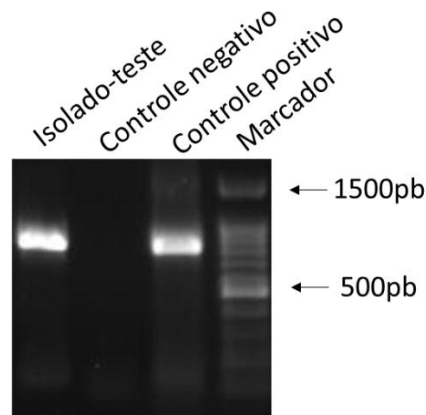


Figura 2. Eletroforese em gel de agarose do produto obtido após PCR utilizando os oligonucleotídeos iniciadores KPC-F e KPC-R.

Para investigar a presença de genes móveis no isolado de *K. pneumoniae* resistente à polimixina, foi adotada uma abordagem que utilizou uma cepa de *E. coli* suscetível à polimixina como a célula receptora. Após a realização dos ensaios de transferência, a observação dos resultados (Figura 3) revelou que a *E. coli* receptora foi capaz de crescer em um meio contendo polimixina B, indicando transferência bem-sucedida dos genes de resistência provenientes da *K. pneumoniae*.

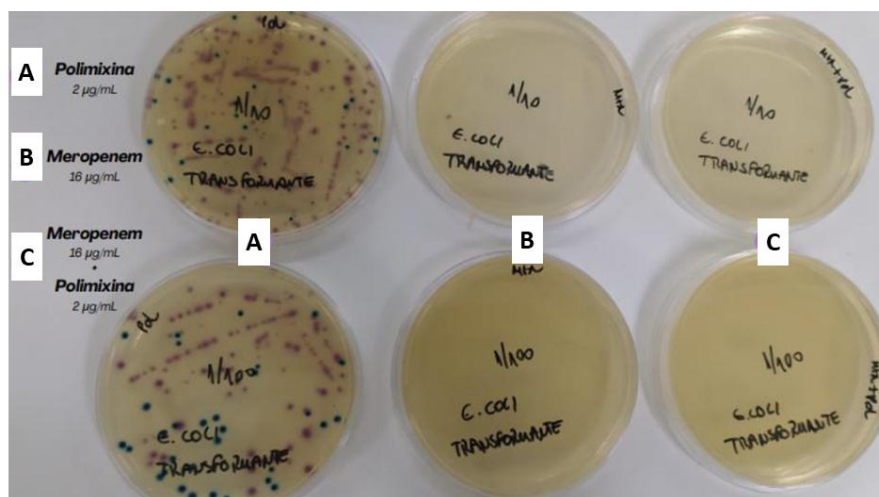


Figura 3. Ensaio de transferência para detecção da presença de elementos móveis relacionados à resistência à polimixina B e aos carbapenêmicos em isolado de *K. pneumoniae* testado. Legenda: A - Placas de *Chromagar* contendo 2 µg/mL de polimixina B. B - Placas de *Chromagar* contendo 16 µg/mL de meropenem. C - Placas de *Chromagar* contendo a combinação de ambos os antimicrobianos indicados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo enfatizou as limitações dos testes fenotípicos ao detectar resistência em níveis baixos, concordando com a literatura. A imprecisão desses testes destaca a necessidade da análise genética para identificação precisa, evidenciada pelo gene móvel de resistência detectado pelo ensaio de transferência. A falta de métodos confiáveis de diagnóstico em situações semelhantes é um desafio na prática clínica, ressaltando a urgência de ampliar o arsenal contra infecções multirresistentes.

A carência de novos antimicrobianos eficazes e a otimização dos tratamentos atuais sublinham a importância de soluções abrangentes. A pesquisa genética e o engajamento hospitalar são essenciais, assim como a educação sobre prevenção de infecções. O estudo reforça a necessidade de abordagens colaborativas para enfrentar a propagação de infecções multirresistentes, protegendo a saúde das gerações futuras.

REFERÊNCIAS

AYANDELE, A. et al. Prevalence of Multi-Antibiotic Resistant *Escherichia coli* and *Klebsiella* species obtained from a Tertiary Medical Institution in Oyo State, Nigeria. *Qatar Medical Journal*, v. 2020, n. 1, 2 mar. 2020.

CONCEIÇÃO-NETO, Orlando C. et al. Polymyxin resistance in clinical isolates of *K. pneumoniae* in Brazil: Update on molecular mechanisms, clonal dissemination and relationship with KPC-producing strains. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, p. 1012, 2022.

CORRÊA, Juliana Silva et al. Antimicrobial resistance in Brazil: an integrated research agenda. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 56, 2022.

LAI, Chih-Cheng et al. Clinical characteristics of patients with bacteraemia due to the emergence of mcr-1-harboursing Enterobacteriaceae in humans and pigs in Taiwan. *International journal of antimicrobial agents*, v. 52, n. 5, p. 651-657, 2018.

LI, Ziyao et al. Genetic Diversity of Polymyxin-Resistance Mechanisms in Clinical Isolates of Carbapenem-Resistant *K. pneumoniae*: a Multicenter Study in China. *Microbiology Spectrum*, p. e05231-22, 2023.

MARR, C. M.; RUSSO, T. A. Hypervirulent *Klebsiella pneumoniae*: a new public health threat. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, v. 17, n. 2, p. 71-73, fev. 2019.

RUSSO, A. *et al.* New advances in management and treatment of multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae*. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, v. 21, n. 1, p. 41-55, 2 jan. 2023.

Precarização da agricultura familiar e alimentação escolar após o cenário da pandemia da Covid-19: uma análise reflexiva sob a ótica sustentável

Autoras:

Táisa Kelly Pereira da Silva

Bacharela em Nutrição, especialista em Nutrição Clínica e Funcional. Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA - UFPB, João Pessoa

Ana Luiza Mattos Braga

Doutora, Mestre e Bacharela em Engenharia de Alimentos. Docente do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da UFPB

Cinthia Karla Rodrigues do Monte Guedes

Bacharela em Nutrição, especialista em Nutrição Clínica Doutora em Nutrição. Mestre em Bioquímica e Fisiologia. Docente Adjunta do Departamento de Nutrição da UFPB. Pesquisadora do Laboratório de Pesquisas em Saúde (LAPS/UFPB-CNPq)

DOI: 10.58203/Licuri.21718

Como citar este capítulo:

SILVA, Táisa Kelly Pereira; BRAGA, Ana Luiza Mattos; GUEDES, Cinthia Karla Rodrigues do Monte. Precarização da agricultura familiar e alimentação escolar após o cenário da pandemia da Covid-19: uma análise reflexiva sob a ótica sustentável. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.).

Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais.

Campina Grande: Licuri, 2023, p. 75-84.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

A crise na agricultura familiar, após a pandemia de Covid-19, se manifestou de diversas formas, com desafios econômicos, sociais e de saúde pública. Além disso, as medidas de distanciamento social e os protocolos de segurança estabelecidos nas instituições de ensino tornaram a alimentação escolar na rede pública de ensino no Brasil mais inacessível e sem a garantia da Segurança Alimentar às crianças. Desse modo, objetivo dessa pesquisa foi avaliar o impacto da pandemia da Covid-19 sobre a Agricultura Familiar e alimentação escolar na rede pública de ensino no contexto ambiental, social, econômico e de saúde pública, diante a potencialização da insegurança alimentar, subnutrição e fome. Na pesquisa pôde-se observar que a pandemia da Covid-19 impactou significativamente a segurança alimentar, a educação, a saúde e a renda familiar, afetando sobremaneira crianças e adolescentes, que se tornaram vítimas invisíveis da crise. Além disso, intensificou alguns problemas que já existiam nos sistemas alimentares, afetando de forma mais significativa certos grupos. Para enfrentar essa precarização, é essencial que os governos, instituições e comunidades locais se unam para implementar políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável da Agricultura Familiar. Além disso, é crucial que as escolas continuem a desempenhar um papel fundamental na promoção de uma alimentação saudável.

Palavras-chave: Segurança alimentar. Educação. Saúde pública. Comunidades.

INTRODUÇÃO

Com a eclosão da pandemia de Covid-19 no Brasil, a entrega de alimentos nas escolas para cerca de 42 milhões de estudantes da rede pública de ensino em todo o país se tornou um desafio especial, dada a interrupção das aulas e a vulnerabilidade do sistema (BRASIL, 2020). Mesmo após a promulgação da Lei 13.987, em 7 de abril de 2020, que modificou a Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009, o marco regulatório do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), permitindo uma distribuição de alimentos adquiridos por meio do programa aos pais ou responsáveis de alunos da rede pública de ensino matriculados na Educação Básica em situações de calamidade pública que exigissem a suspensão das aulas, como ocorreram durante a pandemia de Covid-19, houve uma fragilização das políticas de Segurança Alimentar (SA) e um impacto negativo na Agricultura Familiar do país (BRASIL, 2009; BRASIL, 2020a).

A grande maioria dos agricultores e empreendedores rurais familiares viu sua capacidade de venda afetada devido às medidas de permissão de distanciamento e isolamento social durante a pandemia de Covid-19. Além disso, as fontes de renda que dependem da venda de produtos fornecidos por meio do PNAE foram interrompidas. Isso agravou a vulnerabilidade à Insegurança Alimentar (IA), desnutrição e fome não apenas entre os alunos atendidos pelo programa, mas também entre grupos de agricultores que já se encontravam em situações de pobreza (SCHNEIDER, et al., 2020).

A pandemia de Covid-19 se configurou como uma crise de saúde e humanitária que afetou o mundo de maneira significativa, particularmente de forma desafiadora na região da América Latina, onde os investimentos em políticas públicas relacionadas à saúde, ciência e educação, bem como o paradigma socioeconômico, têm sido caracterizados por fragilidades e instabilidades, resultando em um aumento consequente da vulnerabilidade socioeconômica em face do crescente desemprego, desnutrição e fome entre os mais desfavorecidos. Além disso, o continente tem enfrentado desafios relacionados à sustentabilidade das políticas públicas devido a administrações políticas inconsistentes (LIMA; BUSS; PAES-SOUSA, 2020).

No que diz respeito à Agricultura Familiar do país e, conseqüentemente, à SA e ao Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA), a pandemia de Covid-19 destacou as desigualdades sociais existentes e contribuiu para um alto índice de Insegurança

Alimentar e Nutricional (InSAN). Isso ocorreu devido à precarização e interrupção dos investimentos por parte do Governo Federal em políticas públicas essenciais que desempenham um papel integrado na garantia de uma alimentação saudável, incluindo o atendimento aos alunos da rede pública de ensino por meio do PNAE (LEITE; LEITE, 2022).

Essa pesquisa trata-se de uma revisão integrativa da literatura, onde foi realizado um levantamento bibliográfico nas plataformas Periódicos CAPES, Science Direct, Scielo e Web of Science, na finalidade de reunir o conhecimento científico já produzido sobre as temáticas PNAE, DHAA, InSAN, Agricultura Familiar, alimentação sustentável, bem como realizar uma análise e posicionamento crítico sobre o assunto.

Com isso, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o impacto da pandemia da Covid-19 sobre a Agricultura Familiar e alimentação escolar na rede pública de ensino no contexto ambiental, social, econômico e de saúde pública, diante a potencialização da insegurança alimentar, subnutrição e fome.

VULNERABILIDADE DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES À InSAN

Apesar da criação e implementação de várias políticas públicas destinadas a garantir a alimentação e nutrição no Brasil, que é considerado o segundo maior exportador de alimentos do mundo, o país enfrenta paradoxalmente uma de suas piores fases em relação à IA, desnutrição e fome, especialmente desde o início da pandemia de Covid-19. Desde 2004, com o estabelecimento da Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA), o Brasil nunca havia testemunhado um cenário em que 33,1 milhões de pessoas sofrem com a fome - conforme revelado pela segunda edição do Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil (II VIGISAN) (SANTOS et al., 2021; AGUIAR; PADRÃO, 2022; II VIGISAN, 2022).

A crescente pobreza durante a pandemia de Covid-19, o crescimento lento do Produto Interno Bruto (PIB), a acentuada desigualdade de renda e a elevada inflação de alimentos estão tornando a obtenção de uma alimentação saudável cada vez mais difícil. É necessário que o governo tome medidas imediatas para melhorar o acesso à alimentação saudável, especialmente para os segmentos mais vulneráveis da população,

levando em consideração as soluções mais eficazes e economicamente viáveis, dadas as limitações de recursos disponíveis.

No ano de 2020, a UNICEF Brasil destacou que os efeitos da pandemia de Covid-19 impactaram significativamente a segurança alimentar, a educação, a saúde e a renda familiar, afetando sobremaneira crianças e adolescentes, que se tornaram vítimas invisíveis da crise. 61% da população brasileira compartilhava suas residências com crianças e adolescentes entre 0 e 17 anos de idade, sendo que 69% dessas casas possuíam apenas 1 salário-mínimo como fonte de renda familiar. 54% dessas famílias relataram um aumento no consumo de produtos industrializados. Além disso, a pesquisa constatou que, no mesmo ano, 13% das famílias deixaram de realizar refeições regulares, e 54% daqueles que compartilharam suas casas com crianças e adolescentes matriculados na rede pública de ensino não tiveram acesso à alimentação escolar durante o período de fechamento das escolas (UNICEF BRASIL, 2020).

Um estudo realizado por Ferreira et al. (2023) sobre a situação de Insegurança Alimentar (IA) após a pandemia de Covid-19, envolvendo todos os familiares de alunos do 1º ao 5º ano de uma escola municipal rural no estado do Paraná, constatou que, apesar de a mesorregião Centro-Sul do Estado apresentar o menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) - 0,682 -, apenas 9,4% dos familiares afirmaram não possuir qualquer fonte de renda. Os resultados da análise do inquérito realizado através da Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA) mostraram que a prevalência de SA (51%) foi maior do que a de IA (26,4%), sendo que a IA leve foi mais comum em lares com crianças e adolescentes, especialmente naqueles de pessoas brancas (76,9%). É importante notar que nenhum estudo identificou famílias em situação de IA grave, o que pode ser atribuído ao fato de a pesquisa ter sido realizada em uma instituição de ensino em tempo integral, onde os alunos têm acesso mais amplo à alimentação durante o período de permanência.

Um aspecto de relevância no estudo conduzido por Bueno et al. (2021), que abrangeu 157 crianças e adolescentes de sete escolas municipais localizadas na zona rural de Palmeira das Missões, no estado do Rio Grande do Sul, foi a identificação da prevalência de IA leve atingindo 46,3% das famílias dos alunos. Notavelmente, essa IA estava associada à obesidade, afetando 19,7% das crianças e 22,9% dos adolescentes, o que supera a média nacional para áreas rurais. , que é de 7,5% e 2,8%, respectivamente. Essa relação foi explicada pela diminuição dos recursos financeiros das famílias, o que

aumentou a probabilidade de consumo de alimentos altamente calóricos em detrimento dos alimentos frescos e naturais.

FRAGILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR E O DESEQUILÍBRIO DE SUAS ATRIBUIÇÕES À ALIMENTAÇÃO ESCOLAR

No Brasil, aproximadamente 5.073.324 pequenas propriedades rurais representam 80% da força de trabalho do campo, com cerca de 25 milhões de indivíduos engajados na Agricultura Familiar. É fundamental esclarecer que ao se mencionar agricultores e produtores familiares, está se referindo a pequenas propriedades. Além disso, a Agricultura Familiar desempenha um papel fundamental, contribuindo com quase 70% da produção de alimentos consumidos pela população e respondendo por 40% do valor total da produção agropecuária nacional (IBGE, 2019).

Portanto, existem diversos elementos cruciais que devem estar presentes para promover o desenvolvimento adequado da Agricultura Familiar. Estes incluem fatores como características territoriais, condições agroecológicas, acesso aos mercados, contexto político, recursos naturais, disponibilidade de terras, acesso a serviços técnicos de extensão, financiamento acessível, disponibilidade de educação especializada, acesso à tecnologia, e considerações relacionadas às condições socioculturais, demográficas e econômicas, entre outros (PASQUALOTTO; KAUFMANN; WIZNIEWSKY, 2019; IBGE, 2019).

A pandemia da Covid-19 teve um impacto significativo na Agricultura Familiar em todo o mundo, contribuindo para a precarização desse setor em muitas regiões. A Agricultura Familiar já enfrentava desafios antes da pandemia, mas a crise de saúde global agravou ainda mais a situação. Aqui estão alguns aspectos que destacam a sua precarização após a pandemia da Covid-19, de acordo com Nogueira e Marcelino (2021), Leite et al. (2023):

- I. Redução da demanda e interrupção da cadeia de suprimentos: com as medidas de bloqueio e a diminuição da demanda por produtos agrícolas, muitos Agricultores Familiares enfrentaram dificuldades na venda de seus produtos. A interrupção da cadeia de suprimentos também afetou a distribuição e o acesso a insumos essenciais, como sementes e fertilizantes.

- II. Acesso limitado aos mercados: o fechamento de mercados locais e a diminuição das exportações prejudicaram os Agricultores Familiares, que muitas vezes dependem de vendas diretas ou de mercados regionais. Isso levou a perdas significativas de renda.
- III. Dificuldades de acesso ao crédito e assistência técnica: a crise econômica resultante da pandemia tornou-se mais difícil para os familiares acessarem crédito e assistência técnica, que são cruciais para melhorar a produtividade e a resiliência no campo.
- IV. Aumento dos custos de produção: o aumento dos preços de insumos agrícolas, como combustíveis e fertilizantes, afetou as opções econômicas da Agricultura Familiar, tornando-a mais precária.
- V. Insegurança Alimentar nas famílias agrícolas: paradoxalmente, muitas famílias de agricultores enfrentam IA devido à redução da renda e à dificuldade de acesso aos alimentos. Isso ressaltou a vulnerabilidade dessas comunidades.
- VI. Desafios climáticos: além dos impactos da pandemia, eventos climáticos extremos, como secas e enchentes, também afetaram a Agricultura Familiar, aumentando as perdas de colheitas e a vulnerabilidade dos agricultores.
- VII. O desejo de produção diversificado: a pressão para aumentar a produção de cultivos de alto rendimento muitas vezes levou os agricultores a se concentrarem em monoculturas, aumentando sua vulnerabilidade a choques de mercado e climáticos.
- VIII. Políticas insuficientes de apoio: muitos países não implementaram políticas adequadas para apoiar a Agricultura Familiar durante uma pandemia, o que agravou ainda mais sua precariedade.

As organizações internacionais afirmam que a pandemia e seus diversos impactos moldaram um cenário global de recessão econômica, caracterizado pela diminuição do Produto Interno Bruto (PIB), aumento do desemprego e da pobreza em países como o Brasil, que já enfrentaram um aumento da desigualdade social e cujas economias estavam em desaceleração. Além disso, a pandemia de Covid-19 intensificou alguns problemas que já existiam nos sistemas alimentares, afetando de forma mais significativa certos grupos. Isso fez com que a alimentação assumisse um papel fundamental que está relacionado a uma série de questões contemporâneas, como acesso à terra, concentração de renda e poder, discriminação racial e igualdade de gênero (BURITY, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A precarização da Agricultura Familiar após o cenário da pandemia da Covid-19 destaca a necessidade de investimentos e políticas que fortaleçam esse setor vital da economia, tornando-o mais resiliente às crises futuras e capaz de contribuir de forma sustentável para a segurança alimentar e o desenvolvimento rural. É fundamental considerar o seu papel na produção de alimentos, na preservação da biodiversidade e na promoção de práticas agrícolas sustentáveis, inclusive voltadas à garantia da Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) na alimentação escolar, contribuindo assim na prevenção do desenvolvimento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) aos escolares, na melhora do desempenho cognitivo e aprendizado, assim como na minimização da Insegurança Alimentar e Nutricional (InSAN), subnutrição e fome entre os mais vulneráveis socioeconomicamente.

Para enfrentar essa precarização, é essencial que os governos, instituições e comunidades locais se unam para implementar políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável da Agricultura Familiar. Isso inclui o acesso a recursos, como terras, financiamento e tecnologia, bem como a capacitação técnica e a criação de mercados locais. Além disso, é crucial que as escolas continuem a desempenhar um papel fundamental na promoção de uma alimentação saudável, priorizando o uso de produtos provenientes da Agricultura Familiar local em seus programas de alimentação escolar, na promoção de um sistema alimentar mais justo e equitativo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, O. B.; PADRÃO, S. M. Direito humano à alimentação adequada: fome, desigualdade e pobreza como obstáculos para garantir direitos sociais. *Serv. Soc. Soc.*, São Paulo, SP, n.143, 121-139, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0101-6628.274>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ssoc/a/7GNQn7tYqWL6wYZncbLRnSN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 fev. 2023.

BRASIL. **Orientações para a execução do PNAE durante a situação de emergência decorrente da pandemia do coronavírus (covid-19)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Educação, 2020, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/index.php/programas/pnae/pnae-area-gestores/pnae>

manuais-cartilhas/item/13454-orienta%C3%A7%C3%A3os-para-a-execu%C3%A7%C3%A3o-do-pnae-pandemia-do-coronav%C3%ADrus-covid-19>. Acesso em: 26 out. 2021.

BRASIL. Altera a Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009, para autorizar, em caráter excepcional, durante o período de suspensão das aulas em razão de situação de emergência ou calamidade pública, a distribuição de gêneros alimentícios adquiridos com recursos do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) aos pais ou responsáveis dos estudantes das escolas públicas de educação básica. Lei nº 13.987, 07 de abril de 2020, Brasília, DF, 2020a. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-13.987-de-7-de-abril-de-2020-251562793>>. Acesso em: 26 out. 2021.

BRASIL. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis nos 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória no 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei no 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. Lei nº 11.947, 16 de junho de 2009, Brasília, DF, n.p. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11947.htm>. Acesso em: 26 out. 2021.

BUENO, M. C., et al. Insegurança alimentar e fatores sociais, econômicos e nutricionais em estudantes de escolas rurais. *Cad. Saúde Colet.*, V.29, n.2, 153-162, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-462X202129020204>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cadsc/a/PcFTB5s6Mjgwmdn6w7rZJTJ/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 28 fev. 2023.

BURITY, V. Agricultura familiar: uma resposta para muitas crises. *Associação Brasileira de Reforma Agrária - ABRA*, 1-20, 2021. Disponível em: <<https://library.fes.de/pdf-files/bueros/brasilien/18510.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

FERREIRA, L. S., et al. (In)segurança alimentar entre famílias de uma escola rural de um município da mesorregião Centro-Sul do Paraná pós pandemia da COVID-19. *Segur. Aliment. Nutr.*, Campinas, V.29, e022038, 1-14, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/san.v29i00.8669336>. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8669336/31036>>. Acesso em: 28 fev. 2023.

IBGE. **Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018: primeiros resultados.** Coordenação de Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101670.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

II VIGISAN - Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil, de abril de 2022. **Mantem o monitoramento ativo da Segurança Alimentar (SA) e dos níveis de Insegurança Alimentar (IA), com divulgação ampla de seus resultados, dando transparência e relevo à situação emergencial da fome.** São

Paulo - SP, 112p. Disponível em: <<https://olheparaafome.com.br/wp-content/uploads/2022/06/Relatorio-II-VIGISAN-2022.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2023.

LEITE, M. L. S.; LEITE, J. F. (In)segurança alimentar e agricultura familiar: políticas públicas como estratégia de superação da fome. *R. Katál.*, Florianópolis, V.25, n.3, 528-538, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-0259.2022.e86341>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rk/a/698n8Mxc9nM7ghB4TSd5bPm/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 22 mar. 2023.

LEITE, M. D. S., et al. Impacts of Covid-19 on the lives of farmers and family producers. *Agrarian and Biological Sciences*, V.12, n.4, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i4.40360>. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/40360>>. Acesso em: 04 ago. 2023.

LIMA, N. T.; BUSS, P. M.; PAES-SOUSA, R. A pandemia de COVID-19: uma crise sanitária e humanitária. *Cad. Saúde Pública*, V.36, n.7, 1-4, 2020. DOI: 10.1590/0102-311X00177020. Disponível em: <<http://cadernos.enp.fiocruz.br/static//arquivo/1678-4464-csp-36-07-e00177020.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

NOGUEIRA, V. G. C.; MARCELINO, M. Q. S. Covid-19: impactos e estratégias para a comercialização de alimentos da agricultura familiar no DF. *Revista de Política Agrícola*, n.1, 117-129, 2021. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1641/pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

PASQUALOTTO, N.; KAUFMANN, M. P.; WIZNIEWSKY, J. G. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável. *Núcleo de Tecnologia Educacional*, 1. ed., 1-115, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/18455/Curso_Lic-Ed-Campo_Agricult-Famil-Desenv-Rur-Sust.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 ago. 2023.

SANTOS, M. V. A., et al. Insegurança alimentar e nutricional: uma análise sobre as políticas públicas de interface com alimentação e nutrição em meio a pandemia por Sars-CoV-2. *Segur. Aliment. Nutr.*, Campinas, SP, V.28, e021003, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/san.v28i00.8661450>. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8661450/26325>>. Acesso em: 19 fev. 2023.

SCHNEIDER, S. et al. Os efeitos da pandemia da COVID-19 sobre o agronegócio e a alimentação. *Estudos Avançados*, V.34, n.100, 167-188, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.011>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/kQdC7V3Fxm8WXzvmY5rR3SP/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 29 out. 2021.

UNICEF BRASIL - Fundo das Nações Unidas para a Infância. **Impactos primários e secundários da Covid-19 em crianças e adolescentes**. Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/media/11996/file/apresentacao_segunda-

rodada_pesquisa_impactos-primarios-secundarios-covid-19-criancas-adolescentes.pdf>.
Acesso em: 24 fev. 2023.

Secagem de proteína do soro do queijo em secador de leite de jorro convencional: uma alternativa de proteção ambiental

Autoras:

Taísa Kelly Pereira da Silva

Bacharela em Nutrição, especialista em Nutrição Clínica e Funcional. Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA - UFPB, João Pessoa

Karina Lígia Pereira da Silva

Bacharela em Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

DOI: 10.58203/Licuri.21719

Como citar este capítulo:

SILVA, Taísa Kelly Pereira; SILVA, Karina Lígia Pereira. Secagem de proteína do soro do queijo em secador de leite de jorro convencional: uma alternativa de proteção ambiental. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 84-92.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

A proteína do soro do queijo, conhecida também pela população como soro do leite, teve sua demanda crescente na indústria de alimentos em decorrência do seu considerável valor nutricional rico em todos os aminoácidos essenciais (triptofano, fenilalanina, leucina, valina, isoleucina, lisina, treonina, metionina e histidina) e de cadeia ramificada (Branched-Chain Amino Acids - BCAA: valina, leucina e isoleucina), lipídeos, sais minerais e vitaminas do complexo B. Essa pesquisa teve como objetivo secar o aglomerado proteico obtido a partir do soro de queijo em secador de leite de jorro convencional, visando seu aproveitamento como fonte proteica em alimento. Tal processo ainda reduz a carga poluidora que seria lançada ao meio ambiente, proporcionando um benefício duplo. O soro de queijo foi fornecido por uma indústria de laticínios do município de Caturité - PB. Os melhores resultados obtidos durante os experimentos, foram para uma altura de leite igual a 11,5 cm, vazão do ar de entrada igual a 2,4 m³/h, 2% de aglomerado proteico alimentado em relação à quantidade de inerte utilizado e temperatura de 40°C. O processo de secagem do aglomerado proteico em leite de jorro convencional, apesar de não apresentar altos valores de rendimento para as condições estudadas, pode ser otimizado e assim ter sua eficiência melhorada. Logo pode ser usado como alternativa para secagem do aglomerado proteico em estudo.

Palavras-chave: Soro do leite. Valor nutricional. Poluição ambiental. Indústria de laticínios.

INTRODUÇÃO

A secagem é uma técnica antiga de conservação de alimentos que consiste em remoção de água ou qualquer outro líquido do alimento na forma de vapor para o ar não saturado. É uma operação industrial largamente utilizada e, por isso, está em constante aperfeiçoamento proporcionando melhorias na conservação e menor tempo de processamento dos alimentos, visto que diminui o potencial deteriorante dos mesmos durante o período de armazenagem; diminui o custo com transporte e facilita a padronização dos produtos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA, limita em 25 % de teor de água nos alimentos (CARVALHO, 2020; ALVES et al., 2014).

O secador de leite de jorro é caracterizado por promover um contato fluido-sólido bastante intenso, ocasionando altas taxas de transferência de calor e massa. Apresenta baixo custo de implantação e tem mostrado ser uma ótima alternativa a secagem de pastas e suspensões, produzindo produtos em pó de alta qualidade. O mesmo vem sendo bastante usado no Brasil, para a obtenção de produtos químicos, farmacêuticos e alimentícios desde décadas passadas até os dias atuais (MACHADO, 2015; SANTOS et al., 2016).

O soro de queijo é portador dos mais valiosos nutrientes do leite do ponto de vista qualitativo; é composto de lactose, proteínas, gordura, ácido láctico, sais minerais e vitaminas. A superioridade nutricional das proteínas do soro, em relação às outras proteínas para nutrição humana, vem sendo estabelecida através de vários pesquisadores e se deve fundamentalmente ao perfil de aminoácidos presentes no soro que supera as doses diárias mínimas de nutrientes recomendáveis pela FAO/WHO, tanto para crianças como para adultos (LOPES; GUIMARÃES; RIBEIRO, 2023; KOMEROSKI, 2019).

Cada vez mais a legislação ambiental exige das indústrias de laticínios um plano de tratamento ou reaproveitamento deste soro. Acredita-se que aproximadamente 50% de todo o soro líquido produzido não é aproveitado, sendo este número ainda maior se forem consideradas as micro e pequenas empresas. O leite de jorro, por ser um equipamento eficiente e de baixo custo, pode ser uma alternativa para secagem do soro de queijo, agregando valor e reduzindo os riscos de contaminação pelo produto ao meio ambiente (CASTRO, 2018).

Nesta pesquisa foi estudado o desempenho de um secador de leite de jorro convencional na secagem de proteína proveniente do soro de queijo. A albumina e a globulina, proteínas presentes no soro, têm funções vitais para os organismos, atuando de forma versátil, ou seja, assumindo diversificadas funções tais como: estrutura dos tecidos; agentes reguladores da atividade biológica; resultam em hormônios; combatem os agentes estranhos ao organismo; servem como fonte de aminoácidos.

Logo, essa pesquisa visou aplicar a técnica de secagem para conservar a proteína do soro de queijo a partir da remoção de água, visando a redução dos riscos de contaminação pelo produto ao meio ambiente

METODOLOGIA

Tratou-se de uma pesquisa experimental de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), em parceria com o laboratório de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - PB, em associação com uma revisão integrativa da literatura sobre aproveitamento dos concentrados proteicos do soro do queijo para diminuição da poluição ambiental.

Obtenção da proteína do soro

O soro foi cedido por uma indústria de laticínios do município de Caturité - PB. A precipitação ocorreu em duas etapas: tratamento térmico e ajuste do pH. O soro foi aquecido até 95°C por injeção direta de calor e mantido por 4 minutos nesta temperatura. Em seguida introduz-se 5% (do volume de soro) de ácido orgânico, provocando a queda de pH, ajustando-o para 4,5 (para precipitação ácida no pH isoelétrico). O soro foi resfriado gradativamente até 40°C, ocorrendo a precipitação do aglomerado proteico. Após vinte e quatro horas de repouso, o aglomerado proteico precipitado foi separado do soro por filtração, ficando com umidade em base seca por volta de 80%.

Secagem da proteína

Foi utilizado um secador do tipo leite de jorro convencional, constituído de uma base cônica de acrílico, com ângulo interno de 60°, acoplada a uma coluna cilíndrica

também em acrílico, com diâmetro interno de 15 cm e 44 cm de altura. O ar de secagem foi fornecido ao sistema por um compressor e aquecido por um conjunto de resistências. A vazão do ar na entrada foi medida por um rotâmetro controlada por uma válvula. A suspensão contendo a proteína do soro do queijo foi transportada por gravidade até o interior do secador.

Para os ensaios preliminares, foram realizados experimentos apenas com o inerte a ser utilizado na secagem, o poliestireno de baixa densidade, o qual foi escolhido baseado em resultados anteriores, e por se tratar de um material aprovado para uso com alimentos.

Para os experimentos de forma geral, já envolvendo a proteína a metodologia foi a seguinte:

- Empacotamento da coluna do secador com uma quantidade de inerte equivalente a altura do leito desejada.
- Acionamento do soprador e ajuste da velocidade do ar requerida.
- Pré-aquecimento do sistema com o inerte nas condições operacionais selecionadas.
- Tomadas de dados de temperatura na entrada e na saída da coluna.
- Medida da altura da fonte do jorro estável.
- Alimentação da proteína do soro de queijo, pela parte superior do secador.
- Acompanhamento da secagem com tomadas de dados de temperatura em intervalos regulares.
- Na maioria dos experimentos, foram realizadas três alimentações intermitentes a cada 20 minutos de secagem. A última alimentação teve o período de secagem de 30 minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da Tabela 1 foram obtidos a partir de ensaios preliminares com o leito contendo apenas o material inerte (poliestireno). Para este estudo foi considerado o efeito da altura do leito, a vazão do gás; a quantidade de aglomerado protéico e a

temperatura do gás de entrada sobre o rendimento do pó obtido.

Tabela 1. Vazão de jorro mínimo obtidos para o leito de jorro apenas com material inerte.

Altura do leito (cm)	Vazão de Jorro Mínimo (m ³ /h)
7,5	10
9,5	25
11,5	40

A vazão do jorro mínimo é definida como o jorro que ocorre com menor velocidade superficial do qual o jorro ainda existe.

Ensaio variando a altura do leito de inertes

Para esses ensaios, foi mantida a temperatura do gás de entrada igual a 40°C e vazão do gás igual a 2,4 vezes a vazão de jorro mínimo para cada condição e a quantidade de aglomerado protéico foi igual a 2,0% da quantidade de inerte referente a cada altura estudada, ou seja, $T = 40^\circ\text{C}$, $Q = 2,4Q_{jm}$ e $m_p = 0,02m_i$. Os resultados para umidade do pó obtido e rendimento relacionado às alturas do leito iguais a 7,5 cm (região cônica), 9,5cm e 11,5cm (região cilíndrica), estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Efeito da altura do leito de inertes na secagem de aglomerado proteico de queijo.

Condições: $T=40^\circ\text{C}$; $Q/Q_{jm} = 2,4$; $m_p/m_i = 2,0\%$		
Altura do Leito (cm)	Umidade do pó em base seca (%)	Rendimento em base seca (%)
7,5	4,56	16,4
9,5	5	33
11,5	9	37

Os resultados obtidos mostraram que a melhor altura do leito foi a de 11,5 cm, na região cilíndrica, apresentado uma boa circulação de sólidos e um pó com umidade em base seca igual a 9% e rendimento em base seca de 37%.

Ensaio variando a vazão de entrada do gás

Foram mantidas constantes a temperatura e escolhida a altura do leite de 11,5 cm por apresentar melhor rendimento dentre as estudadas. A quantidade de aglomerado protéico obedeceu a relação $mp/mi = 2,0\%$. A vazão do gás de secagem variou de acordo com a relação Q/Q_{jm} estudada. Os resultados dos experimentos estão na Tabela 3.

Tabela 3. Efeito da vazão do gás de secagem (Q) na umidade e no rendimento do pó obtido a partir da aglomerado protéico de queijo em leite de jorro convencional.

Condições: H = 11,5 cm; T = 40 °C; $mp/mi = 2,0\%$		
Q/Q _{jm} (m ³ /h)	Umidade do pó em base seca (%)	Rendimento em base seca (%)
1,5	10,6	22,7
1,9	10,2	31,4
2,4	9	37

Pode-se observar que a vazão que apresenta os resultados mais satisfatórios foi a de 2,4 m³/h.

Ensaio variando a quantidade de aglomerado protéico alimentada

A partir dos experimentos anteriores, procurando as melhores condições operacionais, foram selecionadas as seguintes condições: H = 11,5 cm; $Q/Q_{jm} = 2,4$ m³/h e T = 40 °C. Nestas condições foram realizados experimentos variando a quantidade de aglomerado protéico por alimentação, mantendo três alimentações com o mesmo tempo de secagem, 20 minutos para cada alimentação, sendo 30 minutos a alimentação final. Os resultados obtidos para variação da quantidade de proteína alimentada, dada pela relação $mp/mi = 2\%$, estão na Tabela 4.

A melhor relação de aglomerado protéico foi de 2,0%. A relação de 3,0%, apesar de apresentar um rendimento próximo a de 2,0%, apresenta uma alta umidade em base seca, inviabilizando sua utilização.

Tabela 4. Efeito da quantidade de aglomerado protéico na umidade e no rendimento do pó obtido a partir da aglomerado protéico de queijo em leito de jorro convencional.

Condições: H = 11,5 cm; T = 40 °C; Q/Q _{jm} =2,4 m ³ /h		
mp/mi (%)	Umidade do pó em base seca (%)	Rendimento em base seca (%)
1,2	4,9	18
2,0	9	37
3,0	11,3	35

Ensaio variando a temperatura de entrada do ar de secagem

Foram realizados ensaios variando a temperatura de entrada do ar de secagem, usando como condições fixas, a vazão de entrada do ar, Q/Q_{jm}=2,4 m³/h; altura do leito H = 11,5 cm e relação mp/mi =2,0%. Os resultados obtidos estão na Tabela 5.

Tabela 5. Efeito da temperatura de entrada do ar de secagem na umidade, no rendimento e no percentual de proteína total no pó obtido a partir da aglomerado protéico de queijo em leito de jorro convencional.

Condições: H = 11,5 cm; Q/Q _{jm} =2,4 m ³ /h; mp/mi =2,0%		
T °C	Umidade do pó em base seca (%)	Rendimento em base seca (%)
40	9	37
45	5,9	24,7
50	2,8	18,6

Quando se aumenta a temperatura de entrada do gás, pode-se observar que a umidade do pó em base seca e o rendimento são reduzidos. Com uma temperatura de 40 °C obtivemos a maior umidade de pó em base seca (9%), o maior rendimento (37%) e a maior percentagem de proteína total (38,21%). Em todos os experimentos, a aparência do pó obtido é de aspecto e textura agradáveis.

De forma geral, os resultados mostraram que o leite de jorro pode ser uma alternativa para a secagem da proteína resultante do soro do queijo, podendo ser usado para redução da poluição ambiental, gerada pela descarga do soro em corpos d'água, e também pelo aproveitamento da proteína que serve de fonte protéica a ser adicionada a farinhas, bolos, biscoitos e outros artigos do gênero.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As proteínas do soro de queijo têm interessado a indústria láctea uma vez que apresentam alta qualidade nutricional com propriedades funcionais únicas em seu estado nativo. A recuperação das proteínas do soro, além de ser importante por agregar valor (econômico, nutricional e funcional) a esse resíduo da indústria de laticínio, tem o relevante papel de preservar a qualidade do meio ambiente. Essas constatações e a consideração de ser o soro um subproduto da indústria láctea brasileira ainda sem aproveitamento expressivo, evidenciam um campo de pesquisa promissor quanto a significativas contribuições científicas, econômicas e sociais.

O soro de queijo deve ser definitivamente desmistificado como rejeito: assim como na indústria da soja onde, no passado o óleo era o principal produto e hoje a torta (proteína) é o produto principal e o óleo um subproduto, os mais modernos já consideram nos Estados Unidos, que o queijo era um subproduto da indústria de soro de leite. Sendo assim, o soro de queijo constitui subproduto promissor para utilização na indústria de alimentos em diversos segmentos, merecendo estudos adicionais para esclarecer melhor suas propriedades.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. P., et al. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, V.69, n.3, 212-226, 2014. DOI: 10.14295/2238-6416.v69i3.341. Disponível em: <<https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/viewFile/341/316>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

CARVALHO, A. S. *Valorização da proteína do soro da indústria de queijo pela produção de micropartículas de hidrogéis*. Curitiba, PR, 2020. 94p. Dissertação de

Engenharia de Alimentos - Centro de Tecnologia, UFPR, 2020. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/68947/R%20-%20D%20-%20ANDRESA%20SOUSA%20CARVALHO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

CASTRO, L. E. N. **Projeto industrial: reaproveitamento de soro de leite para produção de vinagre dentro de um laticínio**. Jandaia do Sul, PR, 2018. 155p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Alimentos - Centro de Tecnologia, UFPR, 2018. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/68764/LUIZ%20NOCHI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 05 ago. 2023.

KOMEROSKI, M. R. **Efeito da incorporação de proteínas do soro do leite na qualidade de produtos de panificação como alternativa para celíacos**. Porto Alegre, RS, 2019. 115p. Dissertação de Alimentação, Nutrição e Saúde - Faculdade de Medicina, UFRS, 2019. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/202561/001102386.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 04 ago. 2023.

LOPES, E. T. S. V.; GUIMARÃES, D. G. F.; RIBEIRO, L. F. Soro de leite: de subproduto a coproduto nas indústrias de laticínios. **Revista GeTec**, Monte Carmelo-MG, V.12, n.40, 110-114, 2023. Disponível em: <<https://www.revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/3082>>. Acesso em: 04 ago. 2023.

MACHADO, I. P. **Avaliação térmica e desempenho do processo de secagem de misturas de graviola e leite em secador de leite de jorro**. Natal, RN, 2015. 100p. Dissertação de Engenharia Química - Centro de Tecnologia, UFRN, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19691/1/IzadoraPereiraMachado_DISSERT.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2023.

SANTOS, J. T. S., et al. Secagem de alimentos em leite de jorro sob a ótica da análise de patentes. **ISTI**, Aracaju-SE, V.3, n.1, 186-191, 2016. DOI: 10.7198/S2318-3403201600030024. Disponível em: <<https://www.api.org.br/conferences/index.php/ISTI2016/ISTI2016/paper/viewFile/78/24>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

Obtenção e avaliação microbiológica da fibra de caju para uso na formulação de produtos plant-based

Autores:

Antônio Calixto Lima

Doutor, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza/CE

Joel Henrique Cardoso

Doutor, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza/CE

Ênio Giuliano Girão

Doutor, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza/CE

Helenira Hellery Marinho Vasconcelos

Doutora, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza/CE

Arthur Claudio Rodrigues de Souza

Mestre, Analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

Antônio Lindemberg Martins Mesquita

Doutor, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza/CE

DOI: 10.58203/Licuri.21720

Como citar este capítulo:

LIMA, Antônio Calixto *et al* Obtenção e avaliação microbiológica da fibra de caju para uso na formulação de produtos plant-based. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais.** Campina Grande: Licuri, 2023, p. 93-103.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

Objetivando a redução do desperdício do caju e contribuir para o aumento da renda dos Assentados do Córrego do Murici através da melhoria da qualidade dos produtos já explorados e incorporação de outros produtos alternativos, realizaram-se estudos para a melhoria do processo de obtenção da cajuína e aproveitamento do bagaço do caju, sub-produto do processamento da cajuína para a elaboração da fibra do pseudofruto do caju. O desenvolvimento e avaliação dos produtos realizados, respectivamente, na Agroindústria de Processamento de Frutas do Assentamento do Córrego do Murici, e no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical demonstraram que ambos os produtos foram bem elaborados, permitindo-se concluir que as operações de processamento foram bem conduzidas. Os resultados das análises sensorial e microbiológica demonstraram que a fibra de caju, conforme obtida na pesquisa, além da sua qualidade nutricional é um produto seguro, de boa aceitação pelos consumidores e que possui grande potencial de aplicação em produtos alimentícios diversos, para o desenvolvimento de novas formulações, inclusive da linha de produtos plant-based, a exemplo da fibra condimentada obtida nesta pesquisa, possibilitando o aproveitamento de um coproduto, o bagaço do caju, que seria descartado, além de contribuir para o seu aproveitamento integral e consequente redução do desperdício do caju.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L. Pedúnculo. Suco.

INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) apresenta uma grande importância social e econômica para a região Nordeste. O seu cultivo é responsável pela geração de cerca de 250 mil empregos, distribuídos entre o campo e a indústria. Sua importância para o semiárido brasileiro também se deve à geração de renda na entressafra de culturas anuais, como milho, feijão, mandioca e algodão. Essa opção favorece ganhos extras numa época em que a remuneração dos agricultores declina fortemente (Brainer & Vidal, 2018). Isto decorre da qualidade e valor nutricional de sua castanha que possui vitaminas e ácidos graxos monoinsaturados, além da riqueza de vitamina C e fibras de seu pedúnculo, que corresponde à parte polposa e comestível (pseudofruto) (EMBRAPA, 2003).

Nos últimos anos, tem se verificado fechamento das grandes fábricas de castanha de caju e, simultaneamente, o crescimento das pequenas e médias indústrias processadoras de castanha de caju no Nordeste brasileiro. Por outro lado, trabalhos desenvolvidos pela área de Sócio- economia da Embrapa Agroindústria Tropical, têm mostrado a importância de se incentivar, nestas indústrias, a exploração do pedúnculo para a produção de produtos como a fibra, doces, sucos e cajuínas de modo a agregar valor ao caju e, ao mesmo tempo, viabilizar a instalação de novas indústrias processadoras de caju na região.

O aproveitamento do pedúnculo do caju é comprometido por diferentes fatores como sua alta perecibilidade, poucas unidades para o processamento e poucos canais de comercialização na região nordeste, resultando em um desperdício de 90% do caju, embora o beneficiamento do pedúnculo possa ser mais rentável para o produtor rural do que a própria castanha (Brainer & Vidal, 2018).

O assentamento Córrego do Murici, localizado no município de Beberibe, possui pomares de cajueiro anão precoce desenvolvidos pela Embrapa. Os assentados já exploram tecnologias desenvolvidas pela Empresa, que permite a comercialização do “caju de mesa” e têm recebido capacitação em processamento do caju para elaboração de sucos, polpas, doces, cajuínas. Na última safra foram produzidas 6000 litros de

cajuína que está sendo destinada, prioritariamente, ao mercado institucional da merenda escolar.

O bagaço de caju é o subproduto das indústrias de bebidas, o qual é descartado ou utilizado como ração animal, podendo ser melhor aproveitado quando aplicado na formulação de alimentos plant-based, que são produtos detentores de composição integralmente vegetal e ainda apresentam uma redução no impacto ambiental, em virtude do aproveitamento de coprodutos que seriam ocasionalmente descartados no meio ambiente.

No processamento da cajuína, durante a etapa de prensagem, obtêm-se em torno de 30% de bagaço que, atualmente, é desperdiçado ou aproveitado como ração animal. Este subproduto possui elevado teor de fibra dietética (61,21%) que apresenta grande potencial de exploração na indústria de alimentos para serem incorporados em produtos com apelo de alimentos ricos em fibras dietéticas, a exemplo de hambúrgueres, biscoitos, etc. (LIMA et al., 2004).

Dependendo da variedade do fruto, pode-se obter boa qualidade na produção de fibras. Lima et al.(2004); Lima (2008) e Lima (2014) obtiveram elevado teor de fibra dietética total para a polpa do pedúnculo do caju (61%). Rufino et al. (2010) concluíram que o bagaço de caju apresenta elevada capacidade antioxidante e que parte significativa dos polifenóis está associada com a fibra dietética, o que justifica melhor aproveitamento das fibras presentes na polpa.

Siqueira et al. (2002) avaliaram a substituição parcial de carne bovina por bagaço de caju na elaboração de hambúrgueres. Matias et al. (2005) também testaram a incorporação de bagaço de caju a biscoitos tipo cookie, em adições de 0%, 5%, 10% e 15%. Na Embrapa Agroindústria Tropical, foram realizados estudos de caracterização de hambúrguer vegetal fabricado com bagaço de caju, assim como estudos de formulações de hambúrgueres com bom apelo sensorial (LIMA et al., 2014).

Assim, ensejado pela experiência dos moradores do Córrego do Murici com o cultivo e processamento do caju e buscando ampliar as possibilidades de exploração comercial de outros produtos pelos assentados, realizou este trabalho que objetiva a melhoria do processo de obtenção da cajuína e do aproveitamento do bagaço do caju, sub-produto do processamento da cajuína, para formulação de fibra condimentada que serve de ingrediente para elaboração diversos produtos alimentícios, em que se destaca um caldo, iguaria que apresenta grande aceitação dentre os consumidores locais.

METODOLOGIA

Na pesquisa, foram utilizados pedúnculos de caju do clone CCP 76 produzidos no Assentamento Córrego do Murici e o processamento para obtenção da cajuína e da fibra foi realizado na Fábrica do Assentamento. A cajuína foi obtida a partir da extração do suco empregando-se prensa expeller, enquanto a fibra foi obtida após duas lavagens sequenciais, usando-se uma relação peso/volume de fibra/água de 1:1. A figura 1 apresenta o fluxograma de produção da cajuína e da fibra condimentada do pedúnculo de caju.

As principais etapas do processo para obtenção da cajuína são descritas a seguir:

1. *Descastanhamento*: A separação das castanhas foi realizada ainda no campo, empregando-se máquina de operação manual, de modo a evitar danos ao pedúnculo.
2. *Lavagem e seleção*: Após recepção e pesagem na planta, os pedúnculos foram lavados em água corrente. Durante a operação foram eliminados os pedúnculos verdes, machucados, excessivamente maduros e estragados.
3. *Sanificação e enxágue*: Os frutos foram sanificados durante 20min em água contendo 50ppm de cloro livre e posteriormente enxaguados em água corrente.
4. *Prensagem*: Realizada em prensa tipo expeller. Na primeira prensagem empregou-se regulagem com pressão média para obtenção do suco com um mínimo de incorporação dos taninos.
5. *Clarificação do suco*: Empregou-se solução de gelatina comercial a 10% (p/v) em água para a remoção dos sólidos insolúveis - o material proteico da gelatina reage com os taninos do suco de caju formando o complexo químico insolúvel (proteína-tanino) que floclula e arrasta o material em suspensão, promovendo a decantação da polpa e a redução da adstringência do suco. A solução de gelatina foi adicionada ao suco de forma gradativa, seguida de agitação até que se visualizasse a formação de flocos (grandes grumos) no fundo do tanque, separados do sobrenadante límpido.

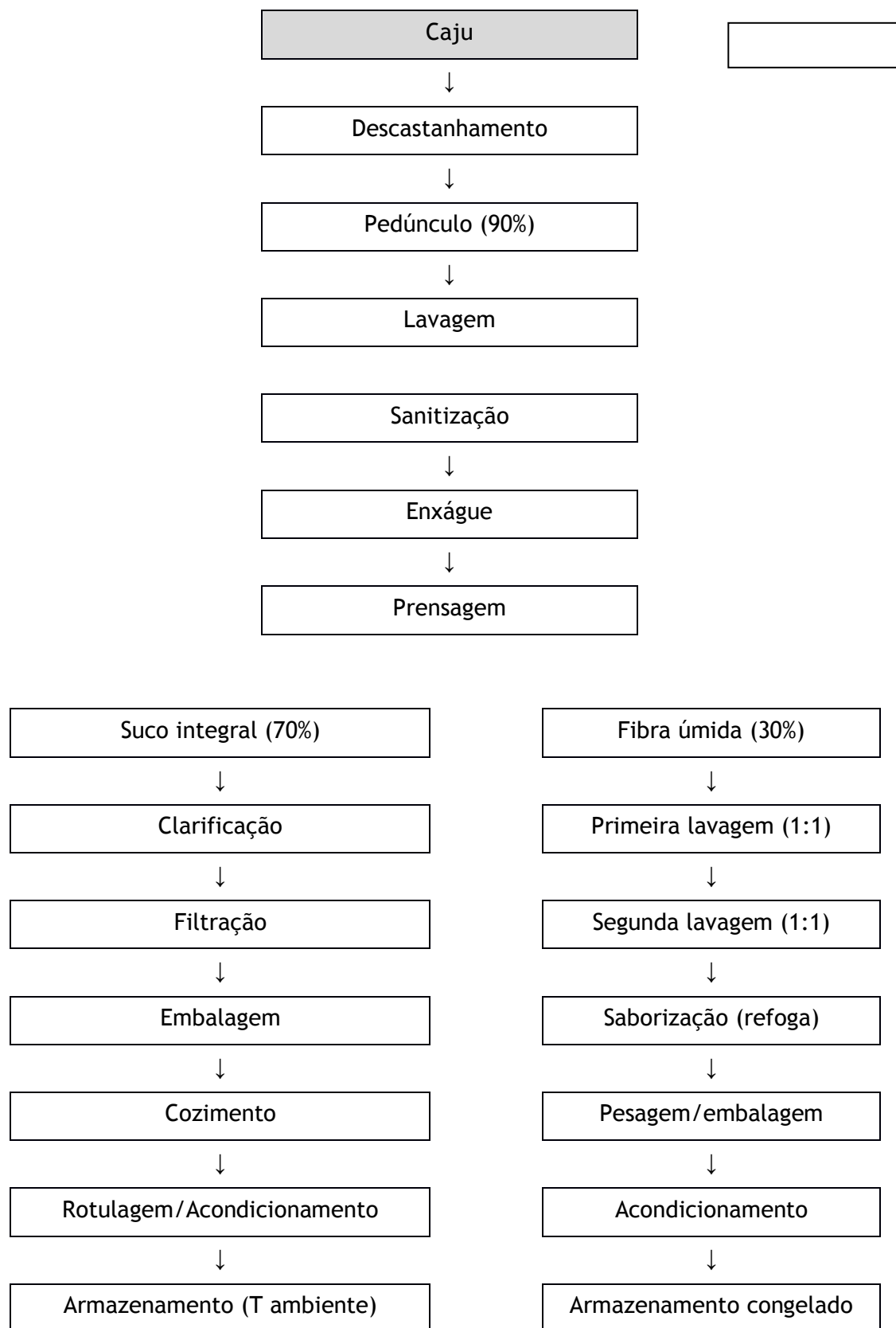


Figura 1. Fluxograma processamento do pedúnculo do caju para obtenção da cajuína e da fibra condimentada.



Figura 2. Detalhes do acondicionamento da cajuína embalada com rótulo do Assentamento Córrego do Murici em Beberibe-CE.

7. *Filtração*: após a decantação da polpa, o suco límpido foi sifonado para um outro tanque de aço inox, sendo levado por bombeamento para ser filtrado, empregando-se filtro de TNT.
8. *Embalagem*: As garrafas, devidamente lavadas e sanificadas, receberam o suco ainda quente, na temperatura em que foi retirado do tanque (80 °C). Esse procedimento não provoca quebra das garrafas, pois estas resistem muito bem à temperatura do enchimento. O suco clarificado foi envasado manualmente em garrafas de 500 mL.
9. *Cozimento*: As garrafas, devidamente tampadas foram submetidas a tratamento térmico em banho-maria, para promover uma esterilização comercial no produto e, como consequência, a caramelização dos açúcares e a obtenção da coloração amarelo âmbar, característica da cajuína. Colocaram-se as garrafas, ainda quentes, no banho-maria durante uma hora contada após a água atingir a fervura.
10. *Rotulagem/Acondicionamento*: Após a rotulagem, as garrafas foram acondicionadas em filmes plásticos e armazenadas em container de madeira à temperatura ambiente (Figura 2).

As principais etapas do processo para obtenção da fibra condimentada são descritas a seguir:

1. *Descastanhamento*: A separação das castanhas foi realizada ainda no campo, empregando-se máquina de operação manual, de modo a evitar danos ao pedúnculo.

2. *Lavagem e seleção*: Após recepção e pesagem na planta, os pedúnculos foram lavados em água corrente. Durante a operação foram eliminados os pedúnculos verdes, machucados, excessivamente maduros e estragados.
3. *Sanificação e enxágue*: Os frutos foram sanificados durante 20min em água contendo 50ppm de cloro livre e posteriormente enxaguados em água corrente.
4. *Prensagem*: Realizada em prensa tipo expeller.
5. *Lavagens*: Foram realizadas duas lavagens sucessivas. Em ambas, a fibra foi deixada em repouso por 5 minutos em um tanque inox, acrescentando-se água numa relação peso de fibra/peso de água de 1:1.
6. *Saborização*: A fibra foi condimentada (Figura 3), empregando-se a relação de ingredientes presentes na tabela 1. Os temperos, (cebola, cenoura, cheiro verde, pimenta de cheiro, pimentão) devem ser lavados e cortados. Esses ingredientes devem ser cozidos sob agitação, juntamente com o sal, até amolecimento (aproximadamente 10 minutos). Essa preparação pode ser embalada e congelada (-18 °C, 6 meses) para ser utilizada posteriormente na elaboração de outros produtos, ou ser utilizada imediatamente. A farinha de trigo deve ser misturada em água na proporção da formulação, homogeneizada em liquidificador industrial e adicionada aos temperos, sob aquecimento e agitação até formação de uma pasta.
7. *Pesagem/embalagem*: A fibra condimentada foi pesada e embalada em sacos plásticos de polietileno com capacidade para 1 Kg:
8. *Acondicionamento/Armazenamento*: Após acondicionamento em baldes plásticos com capacidade de 20 Kg, a fibra foi armazenada sob congelamento em freezer doméstico horizontal.

Tabela 1. Relação dos ingredientes empregados na elaboração de 1 Kg de fibra condimentada do pedúnculo do caju.

Ingrediente	Quantidade (g)	Ingrediente	Quantidade (g)
Fibra lavada	595	Cheiro verde	26
Farinha de trigo	250	Cebola	57
Sal	2	Pimentão	14
Cenoura	41	Pimenta de cheiro	15

Caracterização microbiológica

Foi realizada a análise de Coliformes totais, salmonela *Salmonella* (em 25g de amostra) e coliformes a 45°C e *E. coli* - A determinação do úmero mais provável de coliformes totais (NMP/g) foi realizada através de teste presuntivo em caldo lactosado incubado a 35°C por 48 horas e de teste confirmativo em caldo bile verde brilhante, a 35°C por 48 horas. Em seguida, foi determinado o número mais provável de coliformes a 45°C (NMP/g) e *Escherichia coli* (EC) a 44,5°C por 24 horas. A determinação de *Salmonella* foi realizada empregando as etapas de pré-enriquecimento em caldo não seletivo (caldo lactosado) incubado a 35°C por 18-24 horas; enriquecimento em caldo seletivo (caldo tetrionato e caldo selenito-cistina) incubado a 35°C por 24 horas; plaqueamento diferencial em ágar *Salmonella*-*Shigella*, ágar verde brilhante e ágar entérico "Hektoen" incubados a 35°C por 24 horas. Colônias típicas de *Salmonella* de cada meio diferencial foram inoculadas, por picada e estria na rampa, em tubos inclinados contendo ágar lisina ferro e ágar tríplice açúcar ferro. Os tubos foram incubados a 35°C por 24 horas e avaliados quanto à ocorrência de reação típica de *Salmonella*. As colônias com reações típicas foram submetidas a testes bioquímicos e sorológicos para confirmação definitiva.

Análise sensorial

Foi realizada, também, análise sensorial da fibra condimentada. O estudo foi realizado durante uma jornada científica na escola técnica, contando 120 degustadores. Os voluntários utilizaram uma escala hedônica de nove pontos para expressar o grau de gostar ou desgostar do produto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4A mostra o bagaço e o suco integral de caju obtidos após a primeira prensagem em prensa expeller. Verifica-se que o bagaço se apresenta com elevada umidade e coloração amarela intensa em função do elevado teor de pigmentos presentes. Este subproduto ou pigmento constitui uma fonte rica de carotenoides, que são compostos com poder corante e biologicamente ativo, além de apresentar teores de flavonoides, os quais apresentam propriedades funcionais nos alimentos, inclusive vem

sendo desenvolvidas pesquisas utilizando este resíduo como fontes alternativas de corantes naturais (ABREU et al., 2013). Entretanto, quando se objetiva a utilizar o bagaço para fins de obtenção da fibra para elaboração de produtos alimentícios, torna-se importante a retirada de parte destes compostos fenólicos, pois sua presença em excesso pode imprimir sabor desagradável que impactam negativamente nas características sensoriais dos produtos alimentícios em que se utiliza a fibra como ingrediente. Este aspecto do bagaço contrasta com o da fibra desidratada presente nas Figuras 4B e C, a qual sofreu duas prensagens sequenciais na mesma prensa expeller em que se realizou a primeira.

Na Figura 4 mostra a fibra desidratada (4B) e a fibra condimentada (4C). Observa-se a mudança na cor e no formato (tamanho da fibra) em relação ao bagaço. O bagaço por ser prensado (por alta pressão regulada), retira o excesso de umidade do material fibroso. Esta operação de prensagem do bagaço, que promove a sua desidratação parcial, alternada com a lavagem da fibra é importante não só para retirar o excesso de compostos fenólicos, mas também, para aumentar a vida de prateleira da fibra.



Figura 4. Produção na fábrica de cajuína do Assentamento Córrego do Murici em Beberibe-CE. Aspecto do suco integral e do bagaço do pedúnculo do caju após primeira prensagem (A), empregando-se prensa expeller e Fibra natural (B) e saborizada (C) do pedúnculo do caju processada.

Os resultados da análise microbiológica da fibra condimentada, presente na Tabela 2 demonstra que as operações de sanitização e demais etapas do processamento da fibra condimentada foram bem conduzidos. Não houve crescimento em nenhuma das diluições da série de tubos para coliforme total.

Tabela 2. Resultados da análise microbiológica da Fibra condimentada de pedúnculo de caju.

Determinações	Valores
Coliforme total (NMP/100g de amostra)	< 3
Coliforme fecal (NMP/100g de amostra)	-
<i>Escherichia coli</i> (em 100g de amostra)	-
<i>Salmonella</i> (em 25g de amostra)	Ausência

A zona de aceitação da fibra condimentada (notas de 6 a 9) foi de 99,2%. Apenas 0,8% dos degustadores permaneceram na zona de indecisão (nota 5).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que o processamento foi bem conduzido. Os resultados das análises mostram que a fibra condimentada de caju é um produto microbiologicamente seguro, de boa aceitação sensorial e que possui grande potencial de aplicação em produtos alimentícios, para o desenvolvimento de novos ou enriquecimento dos já existentes, dessa forma, pode ser realizado o aproveitamento de um coproduto que seria descartado, contribuindo para aproveitamento integral do caju e opção de renda para assentados do Córrego do Murici, bem como para pequenos e médios industriais processadores do pedúnculo do caju.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F.A.P.; DORNIER, M.; DIONISIO, A.P.; CARAIL, M.; CARIS-VEYRAT, M.C.C.; DHUIQUE-MAYER, C. Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: a focus on carotenoids. *Food Chemistry*. v.138,, p. 25-31, 2013.

BRAINER, M. S. C. P.; VIDAL, M. F. Cajucultura nordestina em recuperação. *Caderno Setorial ETENE*, Fortaleza, ano 3, v. 54, p. 1-13, nov., 2018.

EMBRAPA AGROINDUSTRIA TROPICAL, SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: castanha de caju**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 131 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, 2008. 1020 p.

LIMA, A. C.; GARCÍA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **Boletim CEPPA**, v. 22, n. 1, p. 133-144, 2004.

Evaluation techniques. 3. ed. Florida: CRC, 1999. 416 p.

LIMA, J. R. Caracterização físico-química e sensorial de hambúrguer vegetal elaborado a base de caju. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n.1, p.191-195, 2008.

LIMA; J. R.; MODESTO, A. L. G; COSTA, A. N.; GARRUTI, D. S.; PINTO, G. A. S.; MAGALHÃES, H. C. R.; ARAÚJO, Í. M. S.; OLIVEIRA, L. M. V.; VASCONCELOS, N. M. MESQUITA, W. S. **Desidratação da fibra de caju para utilização em produtos alimentícios**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014. 23 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 91).

MATIAS, M. F. O.; OLIVEIRA, E. L.; GERTRUDES, E.; MAGALHÃES, M.M.A. Use of fibres obtained from cashew (*Anacardium occidentale*, L.) and guava (*Psidium guajava*) fruits for enrichment of food products. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, p.143-150, 2005. Edição especial.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Florida: CRC, 1999. 416 p.

RUFINO, M. S. M.; PEREZ-JIMENEZ, J.; TABERNERO, M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; SAURA-CALIXTO, F. Acerola and cashew apple as sources of antioxidants and dietary fibre. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, n.11, p.2227-2233, 2010.

SIQUEIRA, S. P.; RETONDO, J. C.; MARCELLINI, P. S.; FARIA, J.F. Substituição parcial da carne bovina por bagaço de caju na elaboração de burgeres. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002. CD-ROM.

Impactos da poluição marinha por microplásticos em anêmonas do mar: estado da arte e perspectivas futuras

Autoras:

Kamila Amanda da Silva Batista

Bacharel em Ciências Biológicas,
Universidade Estadual da Paraíba, João
Pessoa

Enelise Marcelle Amado

Doutora em Biologia Celular e Molecular,
Professora da Universidade Estadual da
Paraíba, João Pessoa

DOI: 10.58203/Licuri.21721

Como citar este capítulo:

BATISTA, Kamila Amanda da Silva; AMADO, Enelise Marcelle. Impactos da poluição marinha por microplásticos em anêmonas do mar: estado da arte e perspectivas futuras. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.).

Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 104-117.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

Os microplásticos são diminutas partículas plásticas de elevada capacidade dispersiva que constituem uma grande preocupação ambiental na atualidade. Os microplásticos têm sido registrados nos mais diversos ambientes oceânicos, incluindo sedimentos de areia, manguezais, recifes de corais e regiões insulares. Tais poluentes representam uma ameaça ao ecossistema marinho devido às suas características, que incluem dispersão de contaminantes; liberação de substâncias tóxicas durante a degradação dos polímeros e bioacumulação na cadeia alimentar. Dentre os animais marinhos que estão sujeitos à ação deletéria dos microplásticos estão as anêmonas, cnidários antozoários que vivem fixados em diversos substratos. As características ecológicas e fisiológicas das anêmonas as tornam importantes indicadores de poluição marinha. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi realizar um levantamento do conhecimento científico atual a respeito dos impactos dos microplásticos em anêmonas do mar. Os estudos existentes indicam ingestão e acúmulo de microplásticos por diferentes espécies de anêmonas, que ocorre tanto de modo direto ou por consumo de presas contaminadas. Há registros que as anêmonas que ingerem tais poluentes têm prejuízo em suas relações simbióticas, além de relatos de alterações no comportamento alimentar. Sendo assim, a partir dos artigos analisados foi possível concluir que os microplásticos são importantes poluentes marinhos que pela ingestão e bioacumulação podem acarretar efeitos nocivos no ciclo de vida das anêmonas.

Palavras-chave: Cnidários. Ingestão microplásticos. Bioacumulação.

INTRODUÇÃO

Os oceanos representam aproximadamente dois terços da superfície terrestre, com uma imensa e complexa biodiversidade que tem sido constantemente ameaçada por atividades antropogênicas que impactam diretamente no ciclo de vida dos organismos marinhos (CRAIN et al., 2010). O constante aumento da produção e descarte de itens constituídos por polímeros plásticos representa uma das principais ameaças aos ecossistemas marinhos. A preocupação com a presença de plástico nos oceanos teve início primeiramente com a contaminação das águas marítimas por macroplásticos provenientes do destino inadequado de rede de pescas, sacolas, canudos, copos e embalagens plásticas diversas (LAW, 2017; THUSHARI e SENEVIRATHNA, 2020). Tais materiais plásticos apresentam elevada longevidade e sua degradação pode levar centenas de anos, o que torna a situação mais alarmante. Os macroplásticos podem acarretar inúmeras alterações no ecossistema marinho, principalmente por meio de emaranhamento de animais que ficam presos em redes de pesca, garrafas e outros materiais, além da ingestão acidental trazendo diversos prejuízos à integridade física das espécies marinhas (BUTTERWORTH 2016; PACHECO, 2016).

Além dos macroplásticos, merece destaque a presença dos microplásticos no ambiente marinho. Os microplásticos são diminutos fragmentos de plásticos com dimensões inferiores a 5mm que representam um tipo ainda mais preocupante de poluente (THUSHARI e SENEVIRATHNA, 2020). Características como alta capacidade de dispersão e persistência no ambiente em função da resistência à degradação, os microplásticos também apresentam elevada capacidade de fixação de agentes contaminantes químicos e biológicos em sua superfície (BAKIR et al., 2012; WANG 2021). O potencial fixante dos microplásticos deve-se, em grande parte, à sua superfície hidrofóbica, que tem elevada afinidade para diversos tipos de poluentes, como metais pesados, pesticidas e poluentes orgânicos persistentes (POPs), os quais são adsorvidos do ambiente circundante e concentrados nas superfícies de microplásticos (BAKIR et al., 2014).

Os microplásticos podem ser classificados de acordo com a sua origem em primários ou secundários (THOMPSON et al., 2004; ARTHUR et al., 2009; MONTAGNER et al., 2021). Os microplásticos primários são pellets ou grânulos usados como matéria-

prima nas indústrias que utilizam plásticos para os mais diversos fins. Nessa categoria destacam-se as microesferas utilizadas na indústria farmacêutica, e na produção de cosméticos e produtos de higiene (ANDRADY, 2011; JEYAVANI et al., 2021). No entanto, os microplásticos secundários incluem os fragmentos e fibras diminutas resultantes da quebra/degradação de itens plásticos maiores (COLE et al., 2011; EERKES-MEDRANO et al., 2015).

A problemática do microplástico como um importante poluente marinho foi primeiramente apontada no ano de 2004 em trabalho publicado por Thompson e colaboradores que avaliou a presença de diminutos fragmentos de degradação de materiais plásticos no ambiente marinho. Desde então a presença de microplásticos nesse ecossistema se tornou um dos maiores problemas ambientais da atualidade, tendo em vista o crescimento constante e intenso da atividade humana nas regiões marinhas, aliado a má gestão dos resíduos sólidos e efluentes produzidos pelos humanos (AVIO et al., 2017). Estima-se que nas últimas décadas cerca de 8 milhões de toneladas de materiais plásticos tenham sido depositados nos ambientes marinhos anualmente (AMOS, 2015).

Devido ao tamanho reduzido e sua ampla distribuição em diversos ambientes marinhos, os microplásticos podem ser ingeridos acidentalmente de forma direta, ou indireta através da ingestão de presas contaminadas, representando uma ameaça de bioacumulação em diferentes níveis tróficos das cadeias alimentares oceânicas (WRIGHT et al., 2013; AVIO et al., 2017). Como não são metabolizados, os microplásticos se acumulam em níveis subsequentes da cadeia alimentar e podem atingir concentrações potencialmente tóxicas, especialmente nas espécies que ocupam os topos das cadeias alimentares (WRIGHT et al., 2013). A ingestão de microplásticos pode ser nociva, primeiramente, pela presença de compostos tóxicos no material ingerido, o que pode desencadear significativas alterações fisiológicas nos organismos marinhos, como disfunções endócrinas e metabólicas, estresse oxidativo, alterações da resposta imune. Além disso, devido à acumulação física do material, pode haver obstrução do trato digestivo e desnutrição grave, o que gera impactos negativos no desenvolvimento e na capacidade reprodutiva dos organismos marinhos (FRANZELLITTI et al., 2019). Dessa forma, a poluição por microplásticos representa uma séria ameaça ao equilíbrio do meio ambiente, em especial o ambiente marinho.

As anêmonas-do-mar são organismos fundamentais no ecossistema marinho, uma vez que apresentam relações simbióticas relevantes com diversas espécies (MEBS 2009), além de muitas vezes carrear simbioticamente, em seus tecidos, organismos protistas como as zooxantelas, o que favorece a produtividade dos corais de recifes (FAUTIN & ALLEN, 1992; MULLER-PARKER & DAVY, 2001). São organismos invertebrados subsésseis pertencentes ao filo Cnidária, classe Anthozoa que apresentam simetria radial e vivem fixados no substrato por um disco podal, sendo facilmente encontrados em substratos marinhos como rochas, cascalhos, pedras, lama e areia. As anêmonas são animais de ampla distribuição mundial, sendo encontradas em diversos ambientes marinhos, incluindo regiões entre marés, recifes costeiros rasos, costões rochosos, ilhas oceânicas e atóis (FAUTIN et al., 2013). Devido à sua morfologia e distribuição, as anêmonas são particularmente vulneráveis às alterações do ambiente marinho, especialmente às perturbações antropogênicas (BROWN 2000).

O objetivo central do presente estudo foi levantar o conhecimento científico atual sobre os efeitos de microplásticos em anêmonas e analisar os potenciais impactos fisiológicos, ecológicos e comportamentais da poluição marinha por microplásticos sobre esse grupo.

METODOLOGIA

O presente estudo foi concebido como uma revisão de literatura do tipo integrativa, com caráter quantitativo e qualitativo. A revisão foi elaborada por meio da busca, seleção e leitura crítica de artigos científicos publicados na língua Inglesa em periódicos internacionais indexadas em plataformas como Science Direct, SciELO, Google Acadêmico e Pubmed, no período de 2004-2023.

Estratégia de buscas

As buscas foram realizadas utilizando as palavras-chave "sea anemone" e "microplastics" e os artigos encontrados foram filtrados por meio de análise do título, do resumo e do texto, nessa sequência. Em cada uma das etapas, estudos julgados não relevantes foram excluídos. No total as buscas retornaram seis artigos no PubMed, 75 artigos no Science Direct e 271 artigos no Google Acadêmico. A plataforma Scielo não

retornou resultados. Do total de artigos acessados, apenas 9 foram selecionados. Buscas adicionais foram realizadas com as palavras-chave "anthozoa" "cnidaria" e "microplastics", mas não retornaram estudos diferentes dos que já haviam sido selecionados.

Coleta e análise dos dados

Os 9 artigos selecionados foram analisados e deles foram extraídos dados utilizando os seguintes critérios: 1) espécie estudada; 2) se os estudos foram realizados em campo ou experimentalmente em laboratório; 3) quais análises foram realizadas e os principais achados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar das buscas terem retornado muitos artigos em algumas das plataformas, a seleção de apenas 9 artigos se deu porque apenas esses foram realmente estudos conduzidos em anêmonas. A grande maioria dos outros artigos traziam resultados de estudos conduzidos com espécies de corais. Os artigos que passaram por essa seleção inicial e foram analisados abordam principalmente aspectos relacionados à ingestão e bioacumulação tecidual de microplásticos. Apenas 03 estudos analisaram os impactos dos microplásticos na fisiologia das anêmonas e esses encontraram alteração nas relações de simbiose e no comportamento alimentar. É, portanto, nítida a carência de estudos que analisam os impactos dos microplásticos nas anêmonas. A Tabela a seguir sintetiza os artigos analisados e seus principais achados.

Ingestão e acúmulo de microplásticos nas anêmonas do mar

A ingestão de microplásticos por diferentes cnidários da classe Anthozoa, principalmente em corais, foi inicialmente demonstrada em diversos trabalhos na segunda década do século XXI (HALL et al., 2015; ROCHA et al., 2020; HUANG et al., 2021).

Tabela 1. Artigos científicos selecionados e analisados no estudo.

Título do artigo	Autoria	Espécie	Estudo	Análise	Principais achados
<i>Microplastics disturb the anthozoan-algae symbiotic relationship.</i>	Okubo et al., 2018	<i>Aiptasia</i>	Experimental	efeitos/ prejudiciais a simbiose	A ingestão de microplásticos por anêmonas <i>Aiptasia</i> sp. reduz sua interação simbiótica com algas marinhas. As anêmonas ingerem microplásticos diretamente da água ou por ingestão acidental de presas contaminadas.
<i>Response of bleached and symbiotic sea anemones to plastic microfiber exposure.</i>	de Orte et al., 2019	<i>Aiptasia pallida</i>	Experimental	Ingestão de microplásticos	O tipo de polímero interfere na ingestão dos microplásticos pelas anêmonas. Mais de 80% das anêmonas ingeriram as fibras ofertadas junto com camarão. Anêmonas branqueadas foram mais susceptíveis aos poluentes plásticos que anêmonas simbióticas.
<i>The sea anemone <u>Bunodosoma cangicum</u> as a potential biomonitor for microplastics contamination on the Brazilian Amazon coast.</i>	Morais et al., 2020	<i>Bunodosoma cangicum</i>	Campo	Ingestão de microplásticos	Foram detectados microplásticos em 75,6% das anêmonas coletadas em campo. A maioria dos microplásticos encontrados era do tipo fibras. Houve correlação positiva entre peso das anêmonas e número de partículas ingeridas, e também entre o número de presas e o número de partículas plásticas na cavidade gastrovascular
<i>Microplastic accumulation in benthic invertebrates in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica)</i>	Sfriso et al., 2020	<i>Edwardsia meridionalis</i>	Campo	Bioacumulação tecidual	Os principais microplásticos ingeridos foram micropartículas de nylon e polietileno, com tamanho variando de de 33 a 1000 µm.
<i>Experimental observation of microplastics invading the endoderm of anthozoan polyps.</i>	Okubo et al., 2020	<i>Eixaptasia</i>	Experimental	Bioacumulação tecidual	A ingestão de microplásticos perturbou a simbiose entre anêmonas branqueadas da espécie <i>Seriatopora caliendrum</i> e algas da família Symbiodiniaceae. Anêmonas branqueadas ingeriram mais microplásticos que as sadias. Microplásticos ocupam o mesmo local nas anêmonas <i>Eixaptasia</i> que os simbiossitos, o que prejudica a simbiose

Tabela 1. *Continuação.*

Título do artigo	Autoria	Espécie	Estudo	Análise	Principais achados
<i>Dangerous microplastics in topshells and anemones along the north coast of Spain.</i>	Janssens; Garcia-Vazquez, 2021	<i>Actinia equina</i>	Campo	Bioacumulação tecidual	Espécies herbívoras ingeriram mais partículas que espécies carnívoras. Os tipos mais comuns de microplásticos ingeridos foram fibras transparentes, pretas e azuis. Detectou-se presença de inúmeros compostos nocivos nos microplásticos ingeridos (irritantes, tóxicos, cancerígenos, mutagênicos).
<i>Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: occurrence, characteristics, sources, and environmental implications</i>	Fang et al., 2021	<i>Actiniidae</i>	Campo	Ingestão de microplásticos	Os principais microplásticos ingeridos pelas anêmonas são polímeros de poliéster, nylon, polietileno e tereftalato. As anêmonas-do-mar que habitam latitudes mais baixas. Ingeriram níveis relativamente mais altos de microplásticos do que aquelas que habitam latitudes mais altas
<i>Uptake of microplastics by the snakelocks anemone (<i>Anemonia viridis</i>) is commonplace across environmental conditions.</i>	Savage et al., 2022	<i>Anemonia viridis</i>	Experimental	Ingestão de microplásticos e adesão tecidual	Todos os indivíduos analisados consumiram microplásticos, mas houve certa preferência por tipos determinados. A captação de microplásticos ocorreu por ingestão e por adesão ao muco secretado. Presença de alimentos e temperatura da água não influenciou a ingestão pelas anêmonas.

Em anêmonas, o primeiro estudo indicando ingestão e efeitos de microplásticos foi publicado em 2018 (OKUBO et al., 2018) e desde então a ingestão de microplásticos por esses animais tem sido avaliada com diferentes abordagens.

Os primeiros experimentos foram realizados em laboratório, avaliando a ingestão de microplástico por diferentes espécies de anêmonas diante da exposição experimental aos microplásticos. Nesse contexto, Okubo e colaboradores (2018) observaram que anêmonas do gênero *Aiptasia* sp. ingerem microplásticos diretamente da água, bem como pelo consumo de presas previamente contaminadas com o material. No ano seguinte um experimento descreveu a resposta de anêmonas à exposição aos microplásticos, observando que a ingestão está diretamente relacionada ao tipo de polímero que compõe o material. Quando oferecidos isoladamente, os microplásticos de nylon foram os mais consumidos. Porém quando oferecidos juntamente com extrato de camarão não houve diferenciação de consumo por nenhum tipo específico de polímero. Nesse sentido, mais de 80% das anêmonas consumiram todos os tipos de microplásticos oferecidos acompanhados de camarão (de ORTE et al., 2019).

Em 2020 estudos avançaram os estudos no entendimento da relação entre o tipo de fibras e a taxa de ingestão. Anêmonas da espécie *Exaiptasia*(=*Aiptasia*) *pallida* apresentaram alta taxa de consumo de pellets de polietileno, sendo registrado 90,8% de pellets de baixa densidade e 85,8% dos pellets de alta densidade (DIANA et al., 2020). No estudo publicado por Sfriso e colaboradores (2020), anêmonas da espécie *Edwardsia meridionalis* consumiram principalmente microplásticos compostos por nylon e polietileno, cujo tamanho variou de 33 a 1000 µm, embora 95% das partículas não ultrapassaram 500 µm de diâmetro. Mais recentemente, Savage, Porter e Simpson (2022) analisaram o consumo de microplásticos pelo cnidário antozoário da espécie *Anemonia viridis*. Foram avaliados parâmetros como seletividade por tamanho e formato; influência da disponibilidade de alimentos no consumo de microplásticos e influência da temperatura da água na alimentação. Os resultados demonstraram que todas as anêmonas incluídas ingeriram os microplásticos fornecidos. Em relação à seletividade de consumo, os microplásticos preferencialmente consumidos foram fibras de 1000 µm, fragmentos de 50-150 µm e fragmentos menores que 50 µm. Quanto à temperatura, não houve influência significativa da temperatura da água no consumo de microplásticos pelas anêmonas (SAVAGE et al., 2022).

Ainda em 2020 surgem os primeiros estudos em ambiente natural avaliando a ingestão e bioacumulação de microplásticos em anêmonas coletadas em diferentes regiões do globo terrestre. Contaminação por microplásticos foi encontrada em diversos invertebrados bentônicos na Baía de Terra Nova (Mar de Ross, Antártida), incluindo a anêmona *Edwardisia meridionalis* (SFRISO et al., 2020). No Brasil, Morais e colaboradores avaliaram a ingestão de mesoplásticos e microplásticos por anêmonas da espécie *Bunodosoma cangicum* coletadas em três regiões costeiras do Estado do Pará. Os dados obtidos demonstram que mais de 75% das anêmonas incluídas no estudo consumiram materiais plásticos, o que foi observado pela presença de partículas na cavidade gastrovascular. Mais de 80% dos microplásticos consumidos correspondiam a fibras, enquanto apenas 12% eram fragmentos e outros formatos. Em relação aos tipos de polímeros ingeridos pelas anêmonas, os mais detectados foram PET, PP, PU, polietileno e poliamida. Por fim, foi possível observar também que houve maior ingestão de microplásticos nas regiões mais urbanizadas e populosas. Houve correlação positiva entre o peso médio das anêmonas e a quantidade de partículas plásticas ingeridas e também entre o número de presas e a quantidade de microplástico encontrada na cavidade gastrovascular (MORAIS et al., 2020).

No estudo de Janssens e Garcia-Vasquez (2021) foram detectados diversos tipos de microplásticos em anêmonas da espécie *Actinia equina*, coletadas na costa norte central da Espanha. Nesse estudo foi observado que as anêmonas herbívoras ingeriram mais microplásticos que as anêmonas carnívoras. Adicionalmente, pode-se observar que o tipo de microplástico mais ingerido foram fibras transparentes, azuis e pretas, sendo os polímeros PET, PP, nylon e poliestireno os mais comuns. Foi possível, ainda, detectar a presença de compostos nocivos nos microplásticos, incluindo agentes irritantes, tóxicos, cancerígenos e mutagênicos

Fang e colaboradores (2021) em seu estudo no mar Chukchi na região do Ártico encontraram uma variabilidade espacial na abundância de microplásticos nas anêmonas coletadas na região. Foi observado maior ingestão de microplásticos nas anêmonas *Actiniidae* que ocupam latitudes mais baixas do que aquelas que habitam as latitudes mais altas, e que existe uma correlação positiva entre a abundância de microplásticos com o degelo sazonal. O estudo também registra que os principais tipos de polímeros ingeridos na forma de micropartículas foram poliéster, nylon e polietileno (FANG et al.,

2021). A partir desses estudos analisados fica evidente a escala global da problemática do microplástico nos oceanos.

Efeitos fisiológicos dos microplásticos nas anêmonas do mar

A presença de microplásticos no organismo dos antozoários como as anêmonas e corais pode resultar em alterações do processo digestivo devido ao acúmulo do material entre os tecidos do mesentério. Desse modo, após a ingestão de microplásticos a digestão de presas naturais torna-se mais difícil (HALL et al., 2015). Adicionalmente, o consumo de microplásticos por tais organismos pode resultar em maior produção de radicais livres (ALLEN et al., 2017), com consequente aumento do estresse oxidativo que causa danos diretos às proteínas, lipídios e DNA das células (ROCHA et al., 2020).

Até o momento apenas 3 estudos avaliaram os impactos de microplásticos na fisiologia e ecologia de anêmonas do mar. Okubo e colaboradores (2018 e 2020) encontraram que a presença de microplástico no corpo das anêmonas *Aiptasia* sp e *Exaiptasia* prejudica suas relações simbióticas com algas, uma vez que as microesferas de plástico suprimem fortemente a presença dos organismos simbiontes. Em um dos estudos os autores observaram que os microplásticos utilizam a mesma via de endocitose dos organismos simbiontes e ocupam fisicamente o local de instalação das algas durante a simbiose (OKUBO et al., 2020).

Por fim, Diana e colaboradores (2020) publicaram estudo experimental no qual foi possível observar que a ingestão de microplásticos altera a comportamento alimentar das anêmonas. Isso foi demonstrado pelo fato de que o tempo de retenção de pellets frescos foi significativamente maior que o tempo de retenção dos pellets ingeridos sequencialmente na etapa de realimentação (DIANA et al., 2020).

CONCLUSÕES

Baseado nessa revisão de literatura foi possível observar que a ingestão de microplásticos por anêmonas de diversas espécies tem sido documentada na literatura, embora ainda seja pequeno o número de estudos publicados. Mas de modo geral observa-se que tais cnidários ingerem todos os tipos morfológicos de microplásticos, embora pareça haver certa preferência por fibras devido existir maior disponibilidade no ambiente. Adicionalmente, é possível observar que tal ingestão prejudica a relação

simbiótica entre anêmonas e algas, além de induzir importantes alterações comportamentais nas anêmonas.

Embora os resultados dos estudos atuais voltados para ingestão tragam achados interessantes para o conhecimento do impacto da poluição com microplásticos no ambiente marinho, são necessários mais estudos sobre os efeitos ecológicos e fisiológicos dessa ingestão para elucidar o real impacto desse tipo de poluição nos diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar marinha.

REFERÊNCIAS

ALLEN, A. S. et al. Chemoreception drives plastic consumption in a hard coral. *Marine Pollution Bulletin*, v. 124, p. 198-205, 2017.

AMOS, Jonathan. Oceanos 'recebem 8 milhões de toneladas de plástico por ano'. *BBC News*. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/02/oceanos-recebem-8-milhoes-de-toneladas-de-plastico-por-ano.html>. Acesso em, 25/07/2023 v. 13, 2019.

ANDRADY, Anthony L. Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011.

ARTHUR, Courtney; BAKER, Joel E.; BAMFORD, Holly A. *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris*, September 9-11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA. 2009.

AVIO, C. G.; GORBI, S.; REGOLI, F. Plastics and microplastics in the oceans: from emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*, v. 128, p. 2-11, 2017.

BAKIR, Adil; ROWLAND, Steven J.; THOMPSON, Richard C. Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, v. 64, n. 12, p. 2782-2789, 2012.

BAKIR, Adil; ROELAND, Steven J., THOMPSON, Richard C. Transport of persistent organic pollutants by microplastics in estuarine conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 140, p. 14-21, 2014.

BROWN, Barbara E. The significance of pollution in eliciting the "bleaching" response in symbiotic cnidarians. *International Journal of Environment and Pollution*, v. 13, n. 1-6, p. 392-415, 2000.

BUTTERWORTH, Andy. A review of the welfare impact on pinnipeds of plastic marine debris. *Frontiers in Marine Science*, v. 3, p. 149, 2016.

COLE, M. et al. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, [s.l.], v. 62, n. 12, p.2588-2597, 2011.

CRAIN, Caitlin M. et al. Understanding and managing human threats to the coastal marine environment. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1162, n. 1, p. 39-62, 2009.

DE ORTE, Manoela Romanó; CLOWEZ, Sophie; CALDEIRA, Ken. Response of bleached and symbiotic sea anemones to plastic microfiber exposure. *Environmental Pollution*, v. 249, p. 512-517, 2019.

DIANA, Zoie et al. Plastic pellets trigger feeding responses in sea anemones. *Aquatic Toxicology*, v. 222, p. 105447, 2020.

EERKES-MEDRANO, Dafne; THOMPSON, Richard C.; ALDRIDGE, David C. Microplásticos em sistemas de água doce: uma revisão das ameaças emergentes, identificação de lacunas de conhecimento e priorização de necessidades de pesquisa. *Pesquisa sobre água*, v. 75, p. 63-82, 2015.

FANG, Chao et al. Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: occurrence, characteristics, sources, and environmental implications. *Environmental Research*, v. 192, p. 110326, 2021.

FAUTIN, D. G.; ALLEN, G. R. Field guide to anemonefishes and their host sea anemones. Western Australian Museum, Francis Street, Perth. 1992.

FAUTIN, Daphne Gail; MALARKY, Lacey; SOBERÓN, Jorge. Latitudinal diversity of sea anemones (Cnidaria: Actiniaria). *The Biological Bulletin*, v. 224, n. 2, p. 89-98, 2013.

FRANZELLITTI, Silvia et al. Microplastic exposure and effects in aquatic organisms: a physiological perspective. *Environmental toxicology and pharmacology*, v. 68, p. 37-51, 2019.

HALL, N. M. et al. Microplastic ingestion by scleractinian corals. *Marine Biology*, v. 162, p. 725-732, 2015.

HUANG, Wei et al. Microplastics in the coral reefs and their potential impacts on corals: a mini-review. *Science of The Total Environment*, v. 762, p. 143112, 2021.

JANSSENS, L.; GARCIA-VAZQUEZ, E. Dangerous microplastics in topshells and anemones along the north coast of Spain. *Marine Pollution Bulletin*, v. 173, p. 112945, 2021.

JEYAVANI, J. et al. Uma revisão sobre os impactos aquáticos dos microplásticos e seus aspectos de biorremediação. *Current Pollution Reports*, v.7, p. 286-299, 2021.

LAW, Kara Lavender. *Plastics in the marine environment. Annual review of marine science*, v. 9, p. 205-229, 2017.

MEBS, Dietrich. Chemical biology of the mutualistic relationships of sea anemones with fish and crustaceans. *Toxicon*, v. 54, n. 8, p. 1071-1074, 2009.

MONTAGNER, Cassiana C. et al. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. *Química Nova*, v. 44, n. 10, p. 1328-1352, 2021.

MORAIS, L. M. S. et al. The sea anemone *Bunodosoma cangicum* as a potential biomonitor for microplastics contamination on the Brazilian Amazon coast. *Environmental Pollution*, v. 265, pt. B, 114817, 2020.

MULLER-PARKER, Gisèle; DAVY, Simon K. Temperate and tropical algal-sea anemone symbioses. *Invertebrate Biology*, v. 120, n. 2, p. 104-123, 2001.

OKUBO, N. et al. Microplastics disturb the anthozoan-algae symbiotic relationship. *Marine Pollution Bulletin*, v. 135, p. 83-89, 2018.

OKUBO, N. et al. Experimental observation of microplastics invading the endoderm of anthozoan polyps. *Marine Environmental Research*, v. 162, 2020.

PACHECO, G. R. C. Consequência dos resíduos sólidos presentes nos oceanos para os animais marinhos. 31f. Dissertação (Pós-Graduação em Gestão Ambiental) - Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2016.

ROCHA, R. J. M. et al. Do microplastics affect the zoanthid *Zoanthus sociatus*?. *Science of The Total Environment*, v. 713, p. 136659, 2020.

SAVAGE, G.; PORTER, A.; SIMPSON, S. D. Uptake of microplastics by the snakelocks anemone (*Anemonia viridis*) is commonplace across environmental conditions. *Science of the Total Environment*, v. 836, 2022.

SFRISO, Andrea Augusto et al. Microplastic accumulation in benthic invertebrates in Terra Nova bay (Ross Sea, Antarctica). *Environment international*, v. 137, p. 105587, 2020.

THOMPSON, R. et al. Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, v. 304, p. 838-838, 2004.

THUSHARI, Gajahin Gamage Nadeeka; SENEVIRATHNA, Jayan Duminda Mahesh. Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, v. 6, n. 8, 2020.

WANG, Lin-Chi et al. The sorption of persistent organic pollutants in microplastics from the coastal environment. *Journal of Hazardous Materials*, v. 420, p. 126658, 2021.

WRIGHT, S. L. et al. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*, v. 178, p. 483-492, 2013.

Análise da água do primeiro milímetro de sistema de captação de água de chuva com foco na agricultura

Autores:

Joelma Dias

Doutora em Engenharia Química,
Pesquisadora do Instituto Nacional do
Semiárido - INSA

Fabiane Rabelo da Costa Batista

Doutora em Genética e Melhoramento de
Plantas, Pesquisadora Titular do INSA

Ailton Alves de Carvalho

Doutor em Engenharia Agrícola,
pesquisador INSA

Maria Virgínia da Conceição

Albuquerque

Doutora em Engenharia Ambiental,
Pesquisadora do INSA

Kaline Dantas Travassos

Doutora em Engenharia Agrícola,
Pesquisadora do INSA

Maria das Graças Rodrigues

Doutora em Agronomia, pesquisadora do
INSA

DOI: 10.58203/Licuri.21722

Como citar este capítulo:

DIAS, Joelma *et al.* Análise da água do primeiro milímetro de sistema de captação de água de chuva com foco na agricultura. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.).

Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais.

Campina Grande: Licuri, 2023, p. 118-127.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

No mundo, milhões de pessoas não têm acesso à água limpa, e bilhões não possuem acesso ao saneamento básico. A captação de água da chuva traz diversos benefícios em áreas com escassez hídrica e acesso limitado à água potável. Para obter água de maior qualidade, a implantação de sistemas de descarte do primeiro milímetro em sistemas de captação de água de chuva pode ser eficaz na redução de impurezas que poderiam causar doenças. Este estudo tem por objetivo avaliar a viabilidade do uso da água do primeiro milímetro na agricultura, como uma opção adicional em regiões com baixa disponibilidade de água. O estudo foi realizado no Instituto Nacional do Semiárido (INSA). Foi conduzida uma análise para avaliar a viabilidade de aproveitar a água do primeiro milímetro proveniente do sistema de captação que normalmente é descartada. Foram avaliados parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, com monitoramento durante três meses. O pH observado foi de 7,11, demonstrando conformidade com os requisitos para uso em irrigação. A condutividade elétrica, registrou 102,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se apresentando em um nível considerado seguro para aplicação na prática de irrigação. Além disso, a presença de micronutrientes e sódio foi identificada. Coliformes totais e *Escherichia coli* foram identificados na água, indicando restrições para uso em culturas sensíveis. No entanto, pode ser utilizada em outras culturas com redução de contaminação por meio de irrigação por gotejamento.

Palavras-chave: Reuso. Condutividade. Irrigação.

INTRODUÇÃO

O sexto Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) visa garantir a disponibilidade e gestão sustentável de recursos hídricos e saneamento para todas as pessoas. Contudo, mais de 750 milhões de indivíduos em nações em desenvolvimento ainda não têm acesso a fontes de água de qualidade, enquanto mais de 2,6 bilhões de pessoas não possuem acesso a instalações básicas de saneamento (Khanal et al., 2023). Uma variedade de iniciativas está em curso para a conservação da água, empregando diversas técnicas (Madgundi et al., 2023).

A adoção de sistemas de captação de águas pluviais em comunidades urbanas e rurais, onde o acesso à água de qualidade é restrito devido à escassez ou contaminação, traz consigo vantagens notáveis, incluindo benefícios econômicos, dado que a água da chuva é um recurso gratuito (GÓMEZ, et al., 2017).

Nas últimas décadas, como resultado de novas possibilidades tecnológicas, muitos países estão apoiando a implementação de coleta de água pluvial para lidar com o aumento das pressões de demanda de água associadas a mudanças climáticas, ambientais e sociais (Amos et al., 2016).

As técnicas de captação tornaram-se cada vez mais populares em áreas com altas taxas de precipitação, sistemas centralizados deficientes ou onde a pressão sobre os recursos hídricos ultrapassa a capacidade de recarga (Campisano et al. 2017). Instalação de sistemas de captação aumenta a autossuficiência hídrica das cidades e pode ajudar a retardar a necessidade de construção de novas infraestruturas centralizadas de água (Steffen et al., 2013).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), os sistemas de captação e armazenamento de água da chuva são uma alternativa hídrica que pode ser utilizada desde que sejam consideradas várias condições: que o sistema seja projetado levando em consideração fatores como precipitação local, área de captação superficial, coeficiente de escoamento, material do telhado e as perdas de água no sistema (García-Ávila et al 2023).

Os principais componentes dos sistemas de coleta e armazenamento de água da chuva usados para coletar e armazenar água da chuva para uso doméstico podem variar (dimensões, materiais, quantidade) devido a fatores como econômicos ou às condições

climáticas do local, no entanto pelo menos os seguintes componentes primários são utilizados (García-Ávila et al 2023):

- Sistema de captação: É a superfície destinada a captar a água (telhados) e distribuí-la para o sistema de calhas.
- Sistema de Calhas: Responsável por receber e transportar a água da chuva desde a superfície de captação até as tubulações.
- Sistemas de tubulação: Tubulações responsáveis por transportar o líquido das calhas até o sistema de armazenamento.
- Sistema de armazenamento: É a estrutura ou conjunto de estruturas físicas destinadas a armazenar água.

No Brasil a norma ABNT NBR 15527:2019 - Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis especifica alguns requisitos, como:

- A área de cobertura passa a integrar o sistema de aproveitamento de água de chuva como área de captação e deve receber atenção quanto à presença de possíveis fontes de contaminação;
- A água de chuva captada deve passar por pré-tratamento antes da reservação;
- Para prevenir o risco de deterioração da qualidade da água no reservatório de armazenamento de água de chuva, recomenda-se a instalação de dispositivos, como grades e telas, para remoção de sólidos indesejáveis (detritos, folhas, insetos etc.) que devem ser retidos e/ou desviados;
- Para a melhoria da qualidade da água e diminuição dos sólidos suspensos e dissolvidos recomenda-se instalar no sistema um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial;
- O reservatório deve ser fechado e prever mecanismos que evitem a entrada de insetos, roedores ou outros animais;

No caso da chuva, destaca-se que a qualidade da água pode ser influenciada pelas condições atmosféricas, no entanto esse é um problema mais característico de áreas urbanas e não deve ocorrer em áreas rurais. Geralmente, os principais riscos de contaminação são decorrentes da superfície de captação, do armazenamento e do manejo (Ministério da Saúde, 2020).

O sistema de descarte do primeiro milímetro apresenta uma contribuição substancial na mitigação dos contaminantes presentes na água, provenientes de elementos como poeira, excrementos de animais e detritos foliares depositados nos telhados. Nesse contexto, o propósito deste estudo reside na avaliação do potencial da água do primeiro milímetro para aplicações na agricultura, fornecendo, conseqüentemente, uma alternativa adicional de abastecimento hídrico para comunidades que residem em regiões caracterizadas por um déficit pluviométrico.

METODOLOGIA

A pesquisa ocorreu na sede do Instituto Nacional do Semiárido - INSA que está localizado à sudoeste do município de Campina Grande no Estado da Paraíba. o Instituto vem desenvolvendo o projeto de Aproveitamento da água de chuva: Uma fonte alternativa de abastecimento desde o ano de 2014. O sistema de aproveitamento de água instalado possui uma área de captação de 4.136 m², com uma unidade de armazenamento de 680.000 litros de água, este sistema é composto por trinta e quatro caixas, cada uma com capacidade para 20.000 litros, uma caixa de água elevada com capacidade para 32.000 litros e uma cisterna de 20.000 litros, totalizando uma capacidade de armazenamento total de 720.000 litros. O Instituto consome em média 3,3 m³/dia de água de chuva para usos domésticos e outras necessidades (limpeza, jardinagem, etc.).

A coleta das águas de chuva dar-se através de dispositivos de condutos abertos (calhas) e fechados (tubos). Os condutos abertos formados por calhas de chapa de zinco de seção trapezoidal, são colocados nas terminações das cobertas e fixados na estrutura de madeira através de suportes metálicos em seguida as águas são conduzidas através de sistemas de tubos enterrados até a área de armazenamento.

Para o sistema de descarte do primeiro milímetro, este é constitui-se de um dispositivo confeccionado com tubulações e conexões que tem capacidade de armazenar a água para posterior descarte como mostra a Figura 1. A configuração desse dispositivo permite que a água armazenada crie um fenômeno hidráulico conhecido como fecho hídrico.

Análise da água do primeiro milímetro

A água do primeiro milímetro foi coletada e submetida as análises de pH, Cloreto, Dureza total, condutividade, Turbidez e os metais: Alumínio, Cobre, Cromo, Sódio, Ferro, Zinco e Manganês, assim como análises microbiologias: Escherichia coli e coliformes totais.

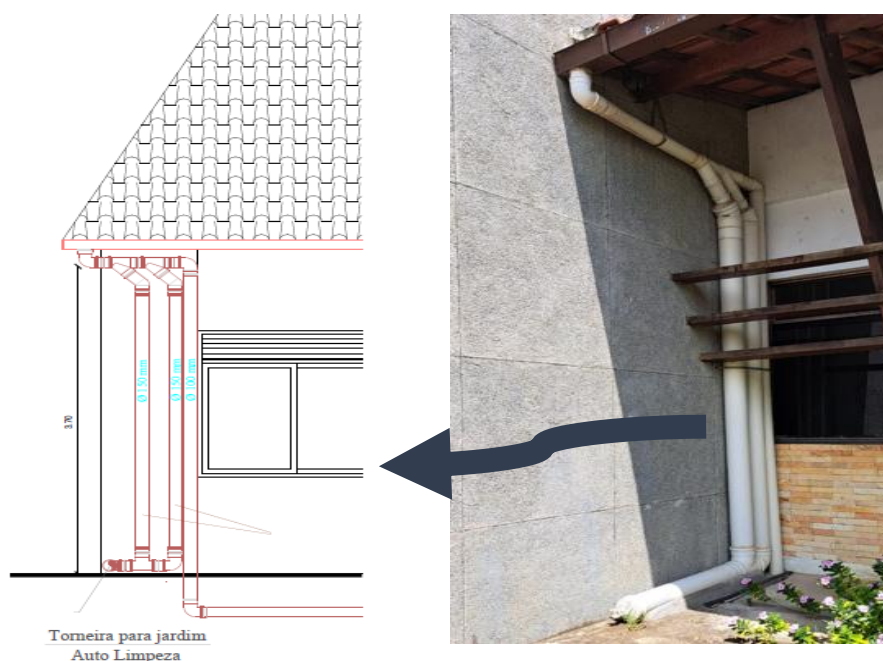


Figura 1. Sistema de descarte do primeiro milímetro

Monitoramento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos

O monitoramento da água do primeiro milímetro foi realizado durante um período de três meses, englobando as análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. As análises foram realizadas no Laboratório Central Analítica - LABINSA. A metodologia de cada parâmetro está descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros avaliados e método utilizado.

Parâmetro	Método (ref)	Unidade
Físico-Químico		
Cloreto	SWWW, 2017 - 4500CIB	mg/L
Condutividade	SWWW, 2017 - 2510	µS/cm
pH	SWWW, 2017 - 4500	-
Dureza total	SWWW, 2017 - 2340B	mg/L
Turbidez	SWWW, 2017 - 2130B	uT

Tabela 1. Continuação.

Parâmetro	Método (ref)	Unidade
Físico-Químico		
Cloreto	SWWW, 2017 - 4500CLB	mg/L
Condutividade	SWWW, 2017 - 2510	µS/cm
pH	SWWW, 2017 - 4500	-
Dureza total	SWWW, 2017 - 2340B	mg/L
Turbidez	SWWW, 2017 - 2130B	uT
Metais		
Alumínio, Zinco, Sódio, Cromo, Ferro, Manganês, Cobre	SWWW, 2017 - 3120	mg/L
Microbiologias		
Escherichia coli Coliformes totais	SWWW, 2017 - 9223B	NMP/100 mL

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, estão os valores da caracterização da água do primeiro milímetro a qual foi coletada e submetida as análises físico-químicas e microbiologias.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do primeiro milímetro.

Parâmetro	Método (referência)
Físico-Químico	
Cloreto	18,72
pH	7,11
Dureza total	0,00
Condutividade	102,55
Turbidez	0,975
Metais	
Alumínio	0,34
Cobre	0,01
Sódio	5,38
Cromo	0,00
Ferro	0,37
Manganês	0,1
Zinco	0,145
Microbiologias	
Escherichia coli	Presença em 100 mL
Coliformes totais	Presença em 100 mL

Na presente pesquisa a água do primeiro milímetro apresentou um pH de 7,11 sendo adequado para irrigação, uma vez que, o pH influencia vários processos químicos, físicos e biológicos, tendo para a água de irrigação, uma faixa de variação de 6,0 a 8,5 considerada normal. Com o propósito de avaliar o parâmetro indicativo da presença de partículas em suspensão, conduziu-se a análise da turbidez, resultando em um valor de 0,975 uT. É relevante ressaltar que as diretrizes recomendadas para fins de irrigação estão compreendidas na faixa de 0 a 100 NTU. Essa faixa é estabelecida devido à potencial interferência da turbidez elevada na obstrução do sistema de irrigação, o que realça a necessidade de controlar esse parâmetro com precisão. É observado que os valores das amostras coletadas não se desviaram dos padrões de qualidade estipulados para a água destinada à irrigação.

A dureza total representa concentração de cátions multimetálicos em solução, principalmente cálcio e magnésio (Von Sperling 2005), sendo estes os principais constituintes responsáveis pela dureza da água, onde este parâmetro não foi detectado na água do primeiro milímetro.

A determinação da Condutividade nas amostras de água está diretamente relacionada à quantidade de dureza na forma de íons dissolvidos como cloretos, carbonato e bicarbonato na água (Anjali et al 2023). A condutividade elétrica (CEw) da água também é um parâmetro importante utilizado na avaliação da qualidade da água de irrigação (Alefú et al 2023). O estresse salino diminui o potencial hídrico do solo e as alterações no potencial osmótico entre as células do solo e das raízes levam à inibição da absorção de água pelas raízes (Li et al., 2022). A condutividade elétrica (CE) da água do primeiro milímetro foi de 102,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo, portanto, adequada e não oferecendo risco para a utilização na irrigação nem ao solo. Li et al 2022 pesquisaram a relações quantitativas entre irrigação com água salina e produtividade, qualidade e eficiência do uso da água de irrigação do tomate e observaram que quanto maior for a proporção de CE e de adsorção de sódio da água de irrigação, maior será o declínio do rendimento.

Os micronutrientes (ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn), bem como algumas espécies benéficas, como sódio (Na), que dependem da quantidade absorvida pelas plantas do solo foram detectados nesta água do primeiro milímetro.

Os Coliformes fecais são o principal indicador da presença de contaminação fecal no corpo d'água. Na análise de água realizada, constatou-se que a mesma apresentou

coliformes totais e *Escherichia coli*. Pela resolução nº 357/05 do CONAMA, os limites máximos permissíveis de coliformes totais e fecais para as águas de classe 3, destinada a irrigação, é de 20.000/100 ml e 4.000/100 ml para coliformes totais e fecais, respectivamente.

Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam a presença de *Escherichia coli* e Coliformes totais na água em análise, o que impõe algumas restrições ao seu uso na irrigação. Portanto, não é apropriado utilizá-la em culturas de tubérculos e vegetais folhosos, por exemplo. No entanto, essa água ainda pode ser aplicada em outras culturas, como na irrigação de plantas como palmeiras, frutíferas, madeireiras, entre outras. Dessa forma, a depender da espécie vegetal, esta água poderá ser utilizada e a contaminação reduzida com o auxílio de irrigação por gotejamento. Este tipo de irrigação possui características uniformes, contínuas e precisas, incluindo a manutenção de condições de umidade favoráveis que reduzem a salinidade ao redor do sistema radicular e mitigam o estresse salino (Cheng et al., 2021).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram que a água do primeiro milímetro se encontra dentro dos padrões aceitáveis de pH, turbidez, dureza e condutividade elétrica, estabelecendo-a como um potencial fonte de água para uso na irrigação.

A identificação de micronutrientes e elementos benéficos acrescenta um aspecto positivo ao uso da água do primeiro milímetro para irrigação, enriquecendo o solo com componentes essenciais para o crescimento saudável das plantas. A presença de coliformes totais e *Escherichia coli* impede o uso irrestrito para irrigação. A aplicação da técnica de irrigação por gotejamento se apresenta como uma alternativa viável para minimizar os riscos de contaminação.

Os resultados desta pesquisa reforçam a relevância da análise detalhada dos parâmetros da água do primeiro milímetro para a tomada de decisões relacionadas à irrigação.

REFERÊNCIAS

AMOS, C. C.; RAHMAN, A.; GATHENYA, J. M. Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: a review of the global situation with a special focus on Australia and Kenya. *Water*, v. 8, n. 4, p. 149, 2016. <https://doi.org/10.3390/w8040149>.

ANJALI, R. et al. Assessment of mine water quality for domestic and irrigation purposes, Neyveli coal mine region, Southern India. *Total Environment Research Themes*, v. 6, p. 100047, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.totert.2023.100047>.

CAMPISANO, Alberto et al. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, v. 115, p. 195-209, 2017. DOI: 10.1016/j.watres.2017.02.056.

CHENG, M. et al. Crop yield and water productivity under salty water irrigation: a global meta-analysis. *Agric. Water Manag.*, v. 256, p. 107105, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107105>.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente.

GARCÍA-ÁVILA, F. et al. Rainwater harvesting and storage systems for domestic supply: An overview of research for water scarcity management in rural areas. *Results in Engineering*, v. 18, 101153, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101153>.

GÓMEZ, N. S.; MADRIGAL BALLESTERO, R.; ESTIGARRIBIA CANESE, S. Adaptándose a la escasez de agua en comunidades rurales del corredor seco centroamericano: análisis de costo-beneficio para mejorar la provisión de agua potable en la comunidad de Maraxco, Chiquimula, Guatemala. *Aqua-LAC*, v. 9, n. 2, p. 85-101, 2017. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2017-v9-2-07>.

KHANAL, Ghanashyam et al. Managing water scarcity via rainwater harvesting system in Kathmandu Valley, Nepal: People's awareness, implementation challenges and way forward. *Environmental Development*, v. 46, p. 100850, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100850>.

LI, J. et al. The optimal irrigation water salinity and salt component for high-yield and good-quality of tomato in Ningxia. *Agricultural Water Management*, v. 274, p. 107940, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107940>.

MADGUNDI, Murali M. et al. Design and investigation on rain saucer: The technique of roofless rainwater harvesting. *Materials Today: Proceedings*, v. 72, Part 3, p. 1084-1088, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.169>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Curso básico de vigilância da qualidade da água para consumo humano: módulo II: abastecimento de água: Brasília: Ministério da Saúde, 2020. 39 p. : il. Disponível em: http://www.bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basico_vigilancia_qualidade_agua_modulo_II_aula_2.pdf. ISBN 978-85-334-2783-9.

STEFFEN, J. et al. Water supply and stormwater management benefits of residential rainwater harvesting in U.S. cities. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 49, n. 4, p. 810-824, 2013. <https://doi.org/10.1111/jawr.12038>

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

Análise cariotípica em diferentes variedades de sementes crioulas de *Phaseolus lunatus* L. (Phaseoleae, Fabaceae)

Autores:

Maria das Graças Rodrigues do Nascimento

Doutora em Agronomia, pesquisadora do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Campina Grande

Edna Ursulino Alves

Doutora em Agronomia, Professora da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia

Joel Maciel Pereira Cordeiro

Doutor em Agronomia, UFPB, Areia

Maria Lúcia Maurício da Silva

Doutora em Agronomia, Professora da Universidade Estadual, Catolé do Rocha

Leonardo Pessoa Felix

Doutor em Botânica, Professor da UFPB, Areia

Fabiane Rabelo da Costa Batista

Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora do INSA, Campina Grande

DOI: 10.58203/Licuri.21723

Como citar este capítulo:

NASCIMENTO, Maria das Graças Rodrigues *et al.* Análise cariotípica em diferentes variedades de sementes crioulas de *Phaseolus lunatus* L. (Phaseoleae, Fabaceae). In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 128-139.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

As sementes crioulas são de fundamental importância para manutenção e biodiversidade da variabilidade genética das espécies. Entre as variedades crioulas pode existir variação cariotípica, principalmente cromossômica, dependendo do seu centro de origem. O objetivo com este trabalho foi analisar o cariótipo de diferentes variedades crioulas de *Phaseolus lunatus* por meio da distribuição de bandas heterocromáticas e investigar a existência de variações intraespecíficas correlacionadas ou não ao tamanho e morfologia das sementes entre as variedades. As sementes de 19 variedades crioulas de *P. lunatus* foram postas para germinar, em seguida as radículas foram coletadas quando atingiram em média 1 cm. A análise citogenética foi realizada nas de 19 variedades por coloração com fluorocromo CMA e DAPI. Para todas as variedades analisadas foi constatado $2n = 22$, cariótipos com tamanho médio entre 2,45 a 5,85 μm , relativamente simétricos e cromossomos predominantemente metacêntricos. As sementes de cultivares crioulas de *Phaseolus lunatus* L. não diferem cromossomicamente.

Palavras-chave: Bandas Heterocromáticas. Citogenética. Número cromossômico..

INTRODUÇÃO

O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma importante fonte de alimento e renda para diversas populações (OLIVEIRA et al., 2004), sendo a segunda espécie de maior interesse econômico do gênero *Phaseolus*, ficando atrás apenas de *P. vulgaris* L., além de sua rusticidade e capacidade de resistir a longos períodos de secas (ARAÚJO et al., 2015), cujas características tornam uma cultura importante para as regiões semiáridas, incluindo o Nordeste brasileiro.

Inicialmente *P. lunatus* foi cultivado a partir de plantas nativas originadas da América Central e regiões Andinas na América do Sul, o que resultou em dois grupos genéticos distintos na espécie, o Mesoamericano (sementes pequenas) e o Andino (sementes grandes) (SERRANO-SERRANO et al., 2010). O cultivo e cruzamento de diferentes variedades resultaram em uma ampla diversidade morfológica de sementes de *P. lunatus*, com distintos tamanhos e colorações, cujas variedades geralmente recebem nomes tradicionais, conforme as populações locais a designam com base em caracteres particulares, como “Orelha de Vó”, “Galo-de-Campina”, “Coquinho” e “Boca-de-Moça” (MORAES et al., 2017).

Em alguns grupos vegetais variações na morfologia da planta, no tamanho do fruto e sementes podem ser correlacionadas com variações cariotípicas, especialmente número e morfologia cromossômica (GUTIÉRREZ-FLORES et al., 2018). Para *P. lunatus*, contudo, observa-se o registro constante de $2n = 22$ em diversas variedades, sem registros de poliploidia ou disploidia (RICE et al., 2015).

Nos grupos vegetais numericamente estáveis, o emprego de marcadores citomoleculares é indicado na diferenciação cariotípica, contribuindo para análises evolutivas e diferenciações taxonômicas (PESSOA et al., 2014; CORDEIRO et al., 2016). Para *P. lunatus*, o uso de marcadores citomoleculares indicaram diferenças expressivas entre esta espécie e *P. vulgaris*, em que eventos estruturais de transposição ou inversão pericêntrica podem ter ocorrido depois da separação de ambas as linhagens (ALMEIDA e PEDROSA-HARAND, 2011; BONIFÁCIO et al., 2012).

Estudos citogenéticos são utilizados como suporte para a taxonomia e também para a compreensão evolutiva dos táxons (BIONDO et al., 2005; BORTOLUZZI et al., 2007). Desse modo, a contagem cromossômica agregada ao método de bandeamento com dupla coloração por fluorocromos, CMA (Chromomycin) e DAPI, permitem comparar

cariótipos e separar espécies ou variedades diferentes que possuem o mesmo número cromossômico (GUERRA, 1993; GUERRA e SOUZA, 2002; PESSOA et al., 2014).

No gênero *Phaseolus* a heterocromatina é estudada principalmente em espécies de interesse econômico, em que a mesma está distribuída na região pericentromérica e subtelomérica dos cromossomos, sendo em *P. vulgaris* visualizada como blocos ricos em bases CG nos pericentrômeros da maioria dos cromossomos (FONSÊCA et al., 2010).

As pesquisas com Fabaceae têm sido objeto de avaliações genômicas, incluindo sequenciamento completo, uso de marcadores moleculares e análises de transcriptoma e tem colaborado para o entendimento das suas relações interespecíficas e intergenéricas (VARSHNEY et al., 2012). Diferentes estudos têm demonstrado uma macrossintenia entre as leguminosas, com poucos rearranjos cromossômicos entre espécies do mesmo gênero, como observado, por exemplo, para *Glycine max* (Gm) e *G. soja*, (FINDLEY et al., 2010) e para *P. vulgaris* e *P. lunatus* em estudos cito comparativos (BONIFÁCIO et al., 2012; ALMEIDA e PEDROSAHARAND, 2013). Mesmo entre *P. vulgaris* e *P. microcarpus* espécie filogeneticamente mais distante (DELGADO-SALINAS et al., 2006) foi observada um forte sintenia com apenas três quebras de colinearidade (FONSÊCA e PEDROSA-HARAND, 2013).

No presente trabalho o objetivo foi analisar o cariótipo de diferentes variedades crioulas de *P. lunatus* por meio da distribuição de bandas heterocromáticas e investigar a existência de variações intraespecíficas correlacionadas ou não ao tamanho e morfologia das sementes entre as variedades.

MATERIAL MÉTODOS

Amostragem

A análise citogenética envolveu 19 variedades crioulas de *P. lunatus* provenientes dos municípios de Queimadas (18 variedades) e Sertãozinho (uma variedade) na Paraíba, Nordeste do Brasil. As sementes das 19 variedades crioulas de *P. lunatus* foram postas para germinar em placas de Petri contendo duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada, em seguida as radículas foram coletadas quando atingiram em média 1 cm.

Análise citogenética

As raízes foram pré-tratadas com 8-hidroxiquinolina (2 mM) por 24 h a 10 °C, fixadas em etanol absoluto/ácido acético glacial (v/v) 3:1 por 30 minutos, em seguida colocadas por 2 h à temperatura ambiente e depois armazenado a -20 °C até serem analisadas. Para o preparo das lâminas, as raízes foram digeridas em solução contendo 2% de celulase (Onozuka) e 20% de pectinase (Sigma) (w/v) durante 50 minutos a 37 °C. As raízes foram esmagadas em uma gota de ácido acético a 45% e as lamínulas posteriormente removidas em nitrogênio líquido. As lâminas foram coradas com solução de DAPI (2 µg mL⁻¹): glicerol (1:1, v:v) para seleção das melhores metáfases. Posteriormente foram descoradas em etanol absoluto/ácido acético glacial (v/v) 3:1 por 30 minutos e depois mantidas em etanol absoluto por duas horas. As lâminas foram envelhecidas por três dias e então coradas por uma hora com 10µL de CMA (0,1 mg/mL) e depois com 10µL de DAPI (1µg/mL) por meia hora, montadas em glicerol/tampão McIlvaine (pH 7,0) (1:1, v/v) e depois estocadas por três dias no escuro para estabilização dos fluorocromos (BARROS E SILVA e GUERRA, 2010).

Análise de dados

As metáfases foram fotografadas em fotomicroscópio Zeiss, com câmera de vídeo Axio Cam MRC5 usando o software Axiovision® v.4.8 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, Germany). As imagens foram editadas com o uso do software Adobe Photoshop CS3 Extended Version 10.0. As medições cromossômicas foram realizadas com o auxílio do programa ImageJ 1.51k (SCHNEIDER et al., 2012), enquanto a morfologia e a classificação cromossômica foram baseadas no índice centromérico de acordo com Guerra (1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variedades analisadas constatou-se $2n = 22$, cariótipos com tamanho médio entre 1,23 a 4,02 µm relativamente simétricos e cromossomos predominantemente metacêntricos (Tabela 1, Figuras 2 e 3), resultado esse confirmado pelo índice centromérico maior que 36,53 os cromossomos são considerados 48 metacêntricos (Tabela 1), mesmo não tendo diferenças cromossômicas, as sementes das

variedades demonstraram diferenças visuais quanto ao seu tamanho e coloração (Figura 1).

Tabela 1. Características morfológicas das sementes de variedades de *Phaseolus lunatus* L.. Cor predominante, índice centromérico (IC), tamanho da semente (TS) e tamanho médio (TM), padrão de heterocromatina (PD) e figuras correspondentes. Tamanho da semente: P - pequena (< 10mm), G - grande (> 10mm); Padrão de heterocromatina: Ter (terminal), Per (pericentromérica).

Variedade	TS	Cor	TM (µm)	IC	PD	Figuras
Angico	P	M	2,70	45,40	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1A, 2A
Baía de Moita	P	M	1,56	44,11	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1B, 2B
Cancão	P	Ma	1,45	55,13	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1C, 2C
Carrapato	P	Me	1,90	41,33	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1D, 2D
Cearense	P	Mc	2,70	45,14	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1E, 2E
Coquinho	P	B	1,54	43,11	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1F, 2F
Eucalipto	P	B	2,50	45,11	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1G, 2G
Fava Feijão	P	M	1,34	40,41	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1H, 2H
Lua Nova	P	Ma	2,41	53,12	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1I, 2I
Manteiga	P	B	1,52	36,53	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1J, 2J
Miúda	P	Mv	1,52	39,01	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1K, 3A
Olho de Ovelha	G	B	2,42	64,31	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1L, 3B
Orelha de Vó Vermelha	G	B	4,02	44,41	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1M, 3C
Orelha de Vó Preta	G	B	2,34	63,54	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1N, 3D
Rainha	G	Ma	1,53	39,32	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1P, 3F
Rixinou	G	B	1,23	26,42	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1Q, 3G
Roxinha M	P	Rx	2,34	51,44	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1R, 3H
Roxinha	P	Ro	2,31	50,34	2Ter e 22Per CMA+/DAPI-	1S, 3I

Legenda: Tamanho da semente: P - pequena (< 10mm), G - grande (> 10mm); Padrão de heterocromatina: Ter (terminal), Per (pericentromérica). Cor: M - Marrom; Ma - Maculada (branca e vermelha); Me - Marrom escura; Mc - Marrom clara; B - Branca; Mv - Marrom-avermelhada; P - Preta; Ro - Rosa; Rx - Roxa.

Notas: Todas as amostras apresentavam número cromossômico (2n); Todas as variedades foram provenientes da cidade de Queimadas, Paraíba, exceto a variedade Miúda, que teve procedência da cidade de Sertãozinho, Paraíba.

Através da análise dos fluorocromos CMA/DAPI constatou-se a ocorrência apenas de regiões ricas em pares de base GC (CMA⁺/DAPI⁻) distribuídas nas regiões terminais (duas bandas) e pericentroméricas (22 bandas) (Figura 4). Os cariótipos de todas as variedades de *P. lunatus* são relativamente estáveis (número cromossômico, morfologia e bandas heterocromáticas), independente da morfologia, tamanho ou cor de suas sementes.



Figura 1. Variedades crioulas de *Phaseolus lunatus* L. A - Angico, B - Baía de Moita, C - Cancão, D - Carrapato, E - Cearense, F - Coquinha, G - Eucalipto, H - Fava Feijão, I. Lua Nova, J - Manteiga, K - Miúda, L - Olho de Ovelha, M - Orelha de Vó Vermelha, N - Orelha de Vó, O - Preta, P - Rainha, Q - Rixinou, R - Roxinha M, S - Roxinha.

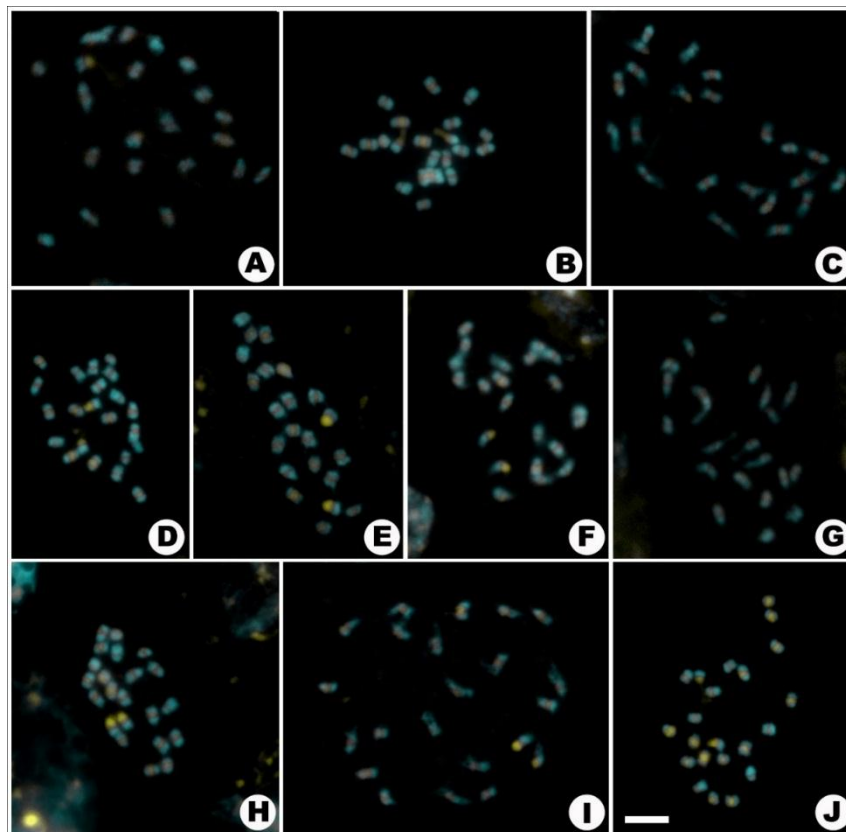


Figura 2. Células mitóticas em diferentes variedades de fava (*Phaseolus lunatus*).
 Legenda: A. - Angico, B - Baía de Moita, C - Cancão, D - Carrapato, E - Cearense, F - Coquinha, G - Eucalipto, H - Feijão Fava, I - Lua Nova, J - Manteiga. Barra de escala em J corresponde a 5 μ m.

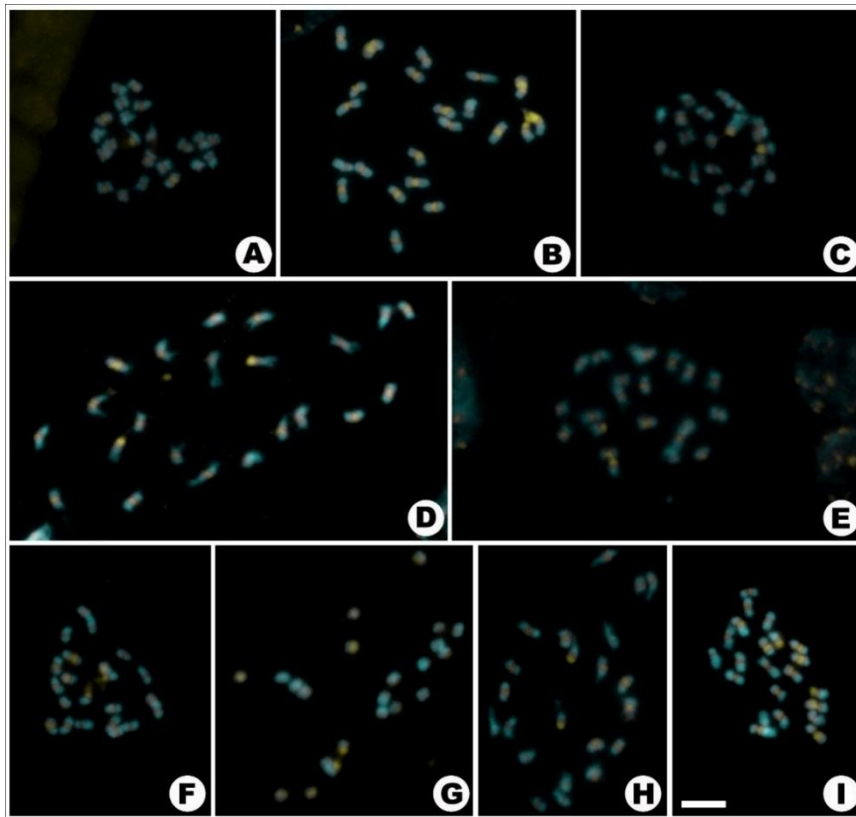


Figura 3. Células mitóticas em diferentes variedades de fava (*Phaseolus lunatus*).
 Legenda: A - Miúda, B - Orelha de ovelha, C - Orelha de Vó Vermelha, D - Orelha de Vó, E - Preta, F - Rainha, G - Rixinou, H - Roxinha M, I - Roxinha. Barra de escala em I corresponde a 5 μ m.

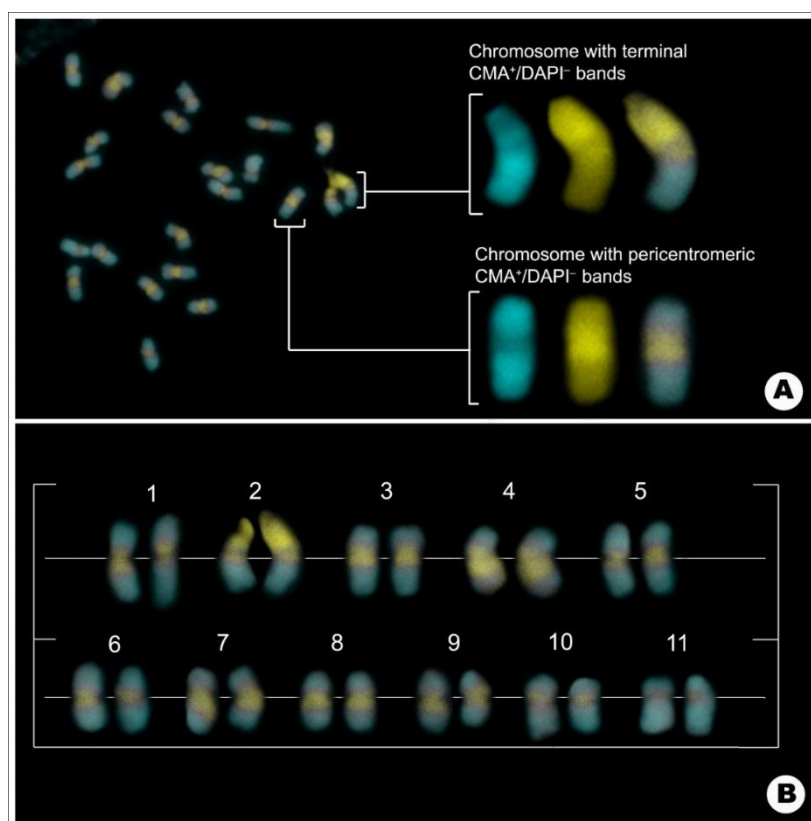


Figura 4. Padrão de bandas CMA/DAPI (A) e cariógrama (B) de fava (*Phaseolus lunatus*).

Os resultados encontrados neste trabalho para *P. lunatus* confirmam dados prévios descritos na literatura para esta espécie, seja em relação ao constante número cromossômico em diferentes variedades ($2n = 22$) ou em relação à distribuição de heterocromatina, onde são registradas 22 bandas CMA⁺/DAPI⁻ pericentroméricas e duas bandas CMA⁺/DAPI⁻ terminais, estas últimas correspondentes às RONS (regiões organizadoras de nucléolos) (Bonifácio et al., 2012; Fonsêca e Pedrosa-Harand, 2013).

A morfologia cromossômica e o índice centromérico confirmam a caracterização de um cariótipo simétrico com a predominância de cromossomos aproximadamente do mesmo tamanho (Paszko, 2006). Em determinados grupos vegetais variações em caracteres morfológicos das plantas (tamanho da planta e dos frutos, morfologia floral, presença de tricomas) podem ser correlacionados a variações cariotípicas, especialmente número e morfologia dos cromossomos e bandas heterocromáticas (Imran et al., 2015; Begum e Alam, 2016; Gutiérrez-Flores et al., 2018; Ferrer et al., 2019).

Entre as Fabaceae, *P. lunatus* tem ampla variação na morfologia de suas sementes (tamanho, forma e cor), e alterações cariotípicas poderiam estar envolvidas nesta característica da espécie. Contudo, nas análises citogenéticas desenvolvidas neste trabalho envolvendo diversas variedades de *P. lunatus* com distintas características morfológicas não houve diferenças significativas em relação ao número cromossômico ($2n = 22$), morfologia dos cromossomos (predominantemente metacêntrica) ou padrão de bandas heterocromáticas (duas bandas terminais e 20 pericentroméricas CMA⁺/DAPI⁻). Embora seja esperado que grupos vegetais tenham número cromossômico e padrão de distribuição de heterocromatina constantes em uma mesma espécie (Guerra, 2000, 2008), variações intraespecíficas são observadas em alguns grupos, como *Zephyranthes sylvatica* Baker (Amaryllidaceae) (Felix et al., 2008), *Anthurium affine* Schott (Araceae) (NASCIMENTO et al., 2019) e *Pinus nigra* Arnold (Pinaceae) (Bogunić et al., 2015).

Em muitos casos, a estabilidade cariotípica no número cromossômico e/ou distribuição de heterocromatina verificada em uma mesma espécie pode se estender a um gênero ou clado filogenético por inteiro, caracterizando-se assim como um caráter cariotípico plesiomórfico deste grupo. Em gêneros como *Lycium* L. (Solanaceae) (Stiefkens et al., 2010), *Pereskia* Mill. (Cactaceae) (Castro et al., 2016) e *Ceiba* Mill. (Malvaceae) (Figueredo et al., 2016), por exemplo, os padrões de heterocromatina são notavelmente estáveis e característicos. No gênero *Phaseolus* o número cromossômico é constante ($2n = 22$), embora existam determinadas variações no padrão de heterocromatina evidenciadas por CMA/DAPI e FISH (Fluorescence in situ hybridization)

entre algumas espécies (Moscone et al., 1999; Bonifácio et al., 2012; Fonsêca e Pedrosa-Harand, 2013).

Nos eucariotos, na heterocromatina há diferentes classes, dinâmicas estruturais e distintas sequências de composição (DNA satélites, transposons, sequências repetidas em tandem), o que repercute especialmente em sua localização no cromossomo (pericentromérica, terminal e intersticial), mas também no tamanho e quantidade no cariótipo das espécies (Barros e Silva et al., 2010; Mehrotra e Goyal, 2014; Allshire e Madhani, 2017). Em *P. lunatus* a repetição do padrão de bandas heterocromáticas entre as diferentes variedades indica uma natureza estável em sua composição, necessitando de análises mais aprofundadas para revelar diferenças intraespecíficas notáveis. Contudo, mesmo entre diferentes espécies a busca de variações cariotípicas significativas parece ser desafiadora. Entre *P. lunatus* e *P. vulgaris*, por exemplo, diferenças citotaxonômicas só foram possíveis de serem estabelecidas após a utilização de análises citomoleculares envolvendo CMA/DAPI, BAC (Bacterial Artificial Chromosomes) e FISH (Bonifácio et al., 2012; Fonsêca e Pedrosa-Harand, 2013).

Análises envolvendo plantas oriundas dos principais centros de origem de *P. lunatus* ou de diferentes regiões do continente americano, ou mesmo a análise cariotípica de plantas silvestres, podem ser promissoras para incrementar as discussões sobre a estabilidade cariotípica existente no número cromossômico e distribuição de heterocromatina desta espécie.

CONCLUSÕES

A análise cariotípica envolvendo 19 variedades de *Phaseolus lunatus* L., confirmou a existência de estabilidade cariotípica em relação ao número cromossômico ($2n = 22$) e padrão de bandas heterocromáticas, onde são registradas 22 bandas CMA⁺/DAPI⁻ pericentroméricas e duas bandas CMA⁺/DAPI⁻ terminais.

Embora em *P. lunatus* ocorra ampla variação no tamanho, forma e cor das suas sementes, estas diferenças morfológicas não são correlacionadas a caracteres cariotípicos. Desta forma, variação intraespecífica citológica na espécie provavelmente é inexistente, embora a análise de plantas oriundas dos principais centros de origem ou de plantas silvestres possa ser promissora para incrementar as discussões sobre a estabilidade cariotípica em *P. lunatus*.

REFERÊNCIAS

Allshire, Robin C; Madhani, Hiten D. Ten principles of heterochromatin formation and function. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, v. 19, n. 4, p. 229-244, 2018.

Almeida, C; Pedrosa-Harand, A. Contrasting rDNA evolution in lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) and common bean (*P. vulgaris* L., Fabaceae). *Cytogenetic and Genome Research*, v. 132, n. 3, p. 212-217, 2011.

Almeida C; Pedrosa-Harand A. High macro-collinearity between lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) and the common bean (*P. vulgaris* L.) as revealed by comparative cytogenetic mapping. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 126, n. 7, p. 1909-1916, 2013.

Araujo, Ademir Sergio Ferreira; Lopes, Ângela Celis Almeida; Gomes, Regina Lucia Ferreira; Bezerra Junior, José Evando Aguiar; Antunes, Jadson Emanuel Lopes; Lyra, Maria do Carmo Catanho Pereira; Barreto, Márcia do Vale Barreto. Diversity of native rhizobia-nodulating *Phaseolus lunatus* in Brazil. *Legume Research*, v. 38, n. 5, p. 653-657, 2015.

Barros e Silva, A E; Guerra, M. The meaning of DAPI bands observed after C-banding and FISH procedures. *Biotechnic & Histochemistry*, v. 85, n. 2, p. 115-125, 2010.

Bellucci, E; Bitocchi, E; Ferrarini, A; Benazzo, A.; Biagetti, E; Klie, S; Minio, A; Rau, D; Rodriguez, M; Panziera, A; Venturini, L; Attene, G; Albertini, E; Jackson, S.A.; Nanni, L; Fernie, A.R; Nikoloski, Z; Bertorelle, G; Delledonne, M; Papa, R. Biondo, E; Miotto, S.T.S; Schifino-Wittmann, M.T. Números cromossômicos e implicações sistemáticas em espécies da subfamília Caesalpinioideae (Leguminosae) ocorrentes na região Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 28, n. 4, p. 797-808, 2005.

Bonifácio, Eliene Mariano; Fonsêca, Arthur; Almeida, Cícero; Santos, K G; Pedrosa-Harand, Andrea. Comparative cytogenetic mapping between the lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) and the common bean (*P. vulgaris* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, v. 124, n. 8, p. 1513-1520, 2012.

Bortoluzzi, R.L.C; Biondo, E; Miotto, S.T.S; Schifino-Witmann, M.T. Abordagens taxonômicas e citogenéticas em Leguminosae-Caesalpinioideae na região Sul do Brasil. *Revista Brasileira Biociências*, v. 5, n. 2, p. 339-341, 2007.

Castiglione, R.M; Frediani, M; Gelati, M.T; Venora, G; Giorgetti, L; Caputo, P. Cytological and molecular characterization of *Vicia barbazitae* Ten. & Guss. *Protoplasma*, v. 249, n. 4, p. 779-788, 2012.

Cordeiro, J.M.P; Lima, S.A.A; Paz, S.N; Santos, A.M.S; Felix, L.P. Karyotype evolution in the genus *Jacaranda* Juss. (Jacarandaeae, Bignoniaceae): chromosome numbers and heterochromatin. *Genetics and Molecular Research*, v. 15, n. 4, p. 1-8, 2016.

Delgado-Salinas, A; Bibler, R; Lavin, M. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. *Systematic Botany*, v. 31, n. 4, p. 779-791, 2006.

Findley, S.D; Cannon, S; Varala, K.; Du, J; Ma, J; Hudson, M.E; Birchler, J.A; Stacey, G. Fluorescence in situ hybridization system for karyotyping soybean. *Genetics*, v. 185, n. 3, p. 727-744, 2010.

Fonsêca, A; Ferreira, J; Santos, T.R.B.; Mosiolek, M; Bellucci, E.; Kami, J; Gepts, P; Geffroy, V; Schweizer, D; Santos, K.G.B; Pedrosa-Harand, A. Cytogenetic map of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Chromosome Research*, v. 18, n. 4, p. 487-502, 2010.

Fonsêca, A; Pedrosa-Harand, A. Karyotype stability in the genus *Phaseolus* evidenced by the comparative mapping of the wild species *Phaseolus microcarpus*. *Genome*, v. 56, n. 6, p. 335-343, 2013.

Guerra, M. Reviewing the chromosome nomenclature of Levan et al. *Revista Brasileira de Genética*, v. 9, p. 741-743, 1986.

Guerra, M. Cytogenetics of Rutaceae. V. High chromosomal variability in *Citrus* species revealed by CMA/DAPI staining. *Heredity*, v. 71, n. 1, p. 234-241, 1993.

Guerra, M. Cytotaxonomy: the end of childhood. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, v. 146, n. 3, p. 703-710, 2012.

Guerra, M; Souza, M.J. Como observar cromossomos: um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana. Ribeirão Preto, SP: FUNPEC-Editora, 2002.

Gutiérrez-Flores, C; Luz, J.L.L; León, F.J.G; Cota-Sánchez, J.H. Variation in chromosome number and breeding systems: implications for diversification in *Pachycereus pringlei* (Cactaceae). *Comparative Cytogenetics*, v. 12, n. 1, p. 61-82, 2018.

Iwata, A; Greenland, C.M; Jackson, A.S. Cytogenetics of Legumes in the Phaseoloid Clade. *The Plant Genome*, v. 1, n. 6, p. 1-8, 2013.

Jha, T.B; Saha, P.S; Adak, M; Jha, S; Roy, P. Chromosome morphometric analysis of Indian cultivars of *Lens culinaris* Medik. using EMA based Giemsa staining method. *Caryologia*, v. 70, n. 3, p. 270-283, 2017.

Liang, G; Chen, H. Scaling chromosomes for an evolutionary karyotype: a chromosomal tradeoff between size and number across woody species. *PLoS One*, v. 10, n. 12, p. e0143817, 2015.

Martin, E; Yildiz, H K; Kahraman, A; Binzat, O K; Eroğlu, H.E. Detailed chromosome measurements and karyotype asymmetry of some *Vicia* (Fabaceae) taxa from Turkey. *Caryologia: International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics*, v. 71, n. 3, p. 224-232, 2018.

Moraes, Clara Sales; Dias, Terezinha Aparecida Borges; Costa, Sylvana de Paiva Pinto; Vieira, Rogério da Costa; Noronha, Sérgio Eustáquio de; Burle, Marília Lobo. Catálogo de fava (*Phaseolus lunatus* L.) conservada na Embrapa. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2017.

Moscone, E.A.; Klein, F.; Lambrou, M.; Fuchs, J.; Schweizer, D. Quantitative karyotyping and dual-color FISH mapping of 5S and 18S-25S rDNA probes in the cultivated *Phaseolus* species (Leguminosae). *Genome*, v. 42, n. 6, p. 1224-1233, 1999.

Oliveira, A.P.; Alves, E.U.; Alves, A.U.; Dornelas, C.S.M.; Silva, J.A.; Pôrto, M.L.; Alves, A.V. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo em um Neossolo Regolítico. *Horticultura Brasileira*, v. 22, n. 3, p. 543-546, 2004.

Pessoa, E.; Felix, L.P.; Alves, M.A. New *Epidendrum* (Laeliinae-Orchidaceae) from the Atlantic forest of Northeastern Brazil: evidence from morphology and cytogenetics. *Brittonia*, v. 66, n. 4, p. 347-352, 2014.

Rice, A.; Glick, L.; Abadi, S.; Einhorn, M.; Kopelman, N.M.; Salman-Minkov, A.; Mayzel, J.; Chay, O.; Mayrose, I. The Chromosome Counts Database (CCDB) - a community resource of plant chromosome numbers. *New Phytologist*, v. 206, n. 1, p. 19-26, 2015.

Scaldaferro, M.A.; Grabiele, M.; Moscone, E.A. Heterochromatin type, amount and distribution in wild species of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 60, n. 2, p. 693-709, 2013.

Schneider, C.A.; Rasband, W.S.; Eliceiri, K.W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods*, v. 9, n. 7, p. 671, 2012.

Serrano-Serrano, M.L.; Hernández-Torres, J.; Castilho-Villamizar, G.; Sánchez, M.I.C. Gene pools in wild lima bean (*P. lunatus* L.) from the Americas: evidences for an Andean origin and past migrations. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 54, n. 1, p. 76-87, 2010.

Singh, R.J.; Nelson, R.L.; Chung, G.H. Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement series: oilseed crops. CRC Press: Boca Raton, v. 1, n. 4, p. 13-50, 2007.

Varshney, R.K.; Chen, W.; Li, Y.; Bharti, A.K.; Saxena, R.K.; Schlueter, J.A.; Donoghue, M.T.A.; Azam, S.; Fan, G.; Whaley, A.M.; Farmer, A.D.; Sheridan, J.; Iwata, A.; Tuteja, R.; Penmetsa, R.V.; Wu, W.; Upadhyaya, H.D.; Yang, S.P.; Shah, T.; Saxena, K.B.; Michael, T.; Mccombie, W.R.; Yang, B.; Zhang, G.; Yang, H.; Wang, J.; Spillane, C.; Cook, D.R.; May, G.D.; Xu, X.; Jackson, S.A. Draft genome sequence of pigeonpea (*Cajanus cajan*), an orphan legume crop of resource-poor farmers. *Nature Biotechnology*, v. 30, n. 1, p. 83-89, 2012.

Watanabe, K.; Yahara, T.; Hashimoto, G.; Nagatani, Y.; Soejima, A.; Kawahara, T.; Nakazawa, M. Chromosome numbers and karyotypes in Asteraceae L. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 94, n. 3, p. 643-654, 2007.

Produtividade da biomassa algal em sistemas de tratamentos de águas residuárias para reúso agrícola

Autores:

Maria Virgínia da Conceição Albuquerque

Doutora em Engenharia Ambiental, Pesquisadora do Instituto Nacional do Semiárido - INSA

Fabiane Rabelo da Costa Batista

Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisadora Titular do INSA

Joelma Dias

Doutora em Engenharia Química, Pesquisadora do INSA

Ailton Alves de Carvalho

Doutor em Engenharia Agrícola, Pesquisador do INSA

Kaline Dantas Travassos

Doutora em Engenharia Agrícola, Pesquisadora do INSA

Maria das Graças Rodrigues do Nascimento

Doutora em Agronomia, Pesquisadora do INSA

DOI: 10.58203/Licuri.21724

Como citar este capítulo:

ALBUQUERQUE, Maria Virgínia da Conceição *et al.* Produtividade da biomassa algal em sistemas de tratamentos de águas residuárias para reúso agrícola. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Desafios globais, soluções locais: Avanços em Ciências Agrárias e Ambientais.** Campina Grande: Licuri, 2023, p. 140-152.

ISBN: 978-65-85562-17-1

Resumo

O mercado de produtos agrícola tendo na sua composição o uso de microalgas é pouco diversificado, no entanto, pode ser promissor para investimento das indústrias de produtos, podendo ser uma alternativa eficiente quanto a nutrição das plantas e garantir o sucesso necessário para a produção agrícola. Como seres fotossintetizantes, as microalgas possuem a capacidade de converter biologicamente o CO₂ presente de emissões diversas, em biomassa. Sendo assim, este bioproduto pode aumentar o crescimento das plantas atuando como um fertilizante orgânico, assimilados do tratamento de águas residuárias, e manter solos e corpos de água livres de contaminação. Diante disto, este estudo faz uma revisão sobre a produtividade da biomassa algal em sistemas de tratamentos de águas residuárias para reúso agrícola, estabelecendo conexões entre os aspectos teóricos e conceituais de caráter qualitativo. Conceitos de microalgas e suas características foram apresentados, bem como os sistemas de tratamento de águas residuárias e fatores que influenciam a produção das mesmas. Apesar do desenvolvimento de novas técnicas de produção, ainda existem limitações tecnológicas no cultivo de biomassa de microalgas, especialmente em relação à manutenção das condições e viabilidade da cultura. A combinação de fatores físicos, químicos e biológicos tem um efeito diretamente no cultivo destes microrganismos. Concluiu-se que os sistemas abertos de produção de microalgas podem ser promissores para energia, custo e biorremediação de águas residuárias, gerando uma água limpa e produzindo biomassa que por sua vez, podem ser utilizadas como biopesticidas e bioestimulante, estabelecendo assim uma agricultura mais sustentável em uma abordagem bioeconomia circular.

Palavras-chave: Microalgas. Biomassa algal. Tratamento de águas residuárias.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos insumos agrícolas a partir da utilização de microalgas para obter bioprodutos é um campo fértil e promissor para Ciência e Tecnologia Ambiental. A necessidade da inovação na agricultura, sobretudo nos insumos agrícolas, os quais são responsáveis pelo aumento na produção das culturas, se torna cada vez mais imprescindível.

As microalgas são organismos unicelulares que podem ser usadas como fonte para síntese de vários bioprodutos, dentre eles, os fertilizantes agrícolas. As vantagens do uso destes microrganismos em relação sobre outras matérias primas na composição de um determinado produto estão no fato de ser uma excelente fonte de nutrientes e ter uma capacidade de uma alta produtividade, além disso, possui uma boa captura de carbono altamente eficiente; elevado teor de lipídeos ou amido, fatores que podem favorecer a fisiologia das plantas, estimulando o crescimento e a produtividade.

No Brasil, o mercado de produtos agrícola tendo na sua composição o uso de microalgas é pouco diversificado, no entanto, pode ser promissor para investimento das indústrias de produtos agrícolas, podendo ser uma alternativa eficiente quanto a nutrição das plantas e garantir o sucesso necessário para a produção agrícola. A agricultura moderna enfrenta o enorme desafio de aumentar a produção de forma sustentável para atender às demandas da crescente população mundial (ZHANG et al., 2021). Nesse contexto, as microalgas são caracterizadas por diversas aplicações possíveis para promover a produtividade agrícola sustentável (BELLO et al., 2021). Entretanto, a ausência de um procedimento universal para sua produção, os efeitos desconhecidos de cada espécie e a falta de estudos sobre o tempo ideal e o método de aplicação, são obstáculos para sua ampla aplicação na agricultura (GITAU et al., 2022).

Diante do exposto, este estudo faz uma revisão sobre produtividade da biomassa algal em sistemas de tratamentos de águas residuárias para reuso agrícola. Sendo este um estudo de caráter qualitativo, uma vez que estabelece conexões entre os aspectos teóricos e conceituais utilizado para a discussão da temática.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo utilizou-se como metodologia, a revisão de literatura de cunho qualitativo descritivo, que possibilitou um aprofundamento sobre o tema proposto. Pautando-se em publicações contidas em livros, jornais e revistas nacionais e internacionais, direcionados a área

científica e acadêmica, sendo realizada uma busca bibliográfica por meio das seguintes bases de dados: Web of Science, Scopus e na biblioteca eletrônica Scientific Electronic Library Online (SciELO). As palavras chaves utilizadas para esta busca, foram: “microalgas”, “biomassa algal” e “tratamento de águas residuárias”, publicadas entre os períodos de 2013 a 2023.

MICROALGAS: CONCEITO, CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

As microalgas convergem com a sustentabilidade da captura de carbono, especialmente através da transformação do CO₂ em O₂, bem como CO₂ e luz solar atmosférica podem ser utilizadas para o crescimento da biomassa, que é considerado sustentável (FERNÁNDEZ et al., 2021). Durante a fotossíntese, estes microrganismos fixam CO₂ em monossacarídeos ou polissacarídeos, como fonte primária de energia e como materiais estruturais e de armazenamento, respectivamente. Esta capacidade de sequestro de CO₂ é uma nova abordagem para reduzir a quantidade de CO₂ na atmosfera (HUSSAIN et al., 2021).

Entre as várias técnicas de captura de CO₂, a biofixação microalgal por fotossíntese é uma tecnologia promissora devido à eficiência desses microrganismos na transformação desse gás em compostos orgânicos, utilizando-o como nutriente no meio da cultura (DE MORAIS et al., 2019). Além disso, o processo de captura e armazenamento de carbono realizado por microalgas e cianobactérias é considerado uma biocaptura de CO₂ mais eficiente em comparação com outras tecnologias como absorção, adsorção, criogenia e separação por membranas (FERNÁNDEZ et al., 2021).

Embora as microalgas tenham a vantagem de converter CO₂ em biomassa, a eficiência do processo é uma questão crítica em comparação com as tecnologias convencionais. A otimização dos métodos de cultivo de microalgas pode intensificar o desempenho de fixação de CO₂ e reduzir a toxicidade de soluções alcalinas (SONG et al., 2019). De acordo com Bose et al. (2022), seria necessário uma alta alcalinidade (pH>10 e alcalinidade entre 1,7 g/L e 2,1 g/L) para garantir uma boa remoção de CO₂ (acima de 97%). Para melhorar a recuperação do CO₂, é necessária uma seleção de microalgas alcalófilas de crescimento rápido. Até o momento, a melhor espécie de microalgas fixadora de CO₂ descrita na literatura atual é *A. platensis* (DE MENDONÇA et al., 2022).

Estudos científicos já mostraram que polissacarídeos (carboidratos) de microalgas promovem a absorção de nutrientes, o crescimento das plantas e a tolerância ao estresse (SUN et al., 2020). A biomassa de algas possui vantagens consideráveis sobre matérias-primas tradicionais, como: Alta produtividade - geralmente de 10 a 100 vezes maior do que as culturas agrícolas tradicionais; Captura de carbono altamente eficiente; Elevado teor de lipídeos ou

amido, que podem ser utilizados para produção de biodiesel ou etanol, respectivamente; Cultivo em água do mar, água salobra ou mesmo em águas residuais e produção sobre terras não agricultáveis.

A biotecnologia de microalgas tem atraído atenção considerável pela capacidade em recuperar nutrientes e promover o tratamento, uma vez que promovem a remoção de CO₂ da atmosfera, auxiliam no tratamento terciário evitando a eutrofização dos corpos receptores, gerando assim uma biomassa com valor agregado e melhorando a sustentabilidade ambiental e econômica do tratamento de águas residuárias em um ciclo fechado, a exemplo das lagoas de estabilização.

Esta biomassa, cujas produtividades não dependem da fertilidade do solo e são menos dependentes da pureza da água, são passíveis de cultivo bem sucedido em águas não potáveis, servindo para remediar efluentes urbanos, agropecuários e industriais. Logo, o cultivo comercial de microalgas desponta, desta maneira, como uma alternativa sustentável para a integração de diferentes cadeias produtivas (ALVAREZ et al., 2021).

SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS X BIOMASSA ALGAL

Os sistemas de tratamento de esgoto visam à remoção de matéria orgânica e nutrientes com a finalidade de proteger os corpos aquáticos dos efeitos deletérios advindos do descarte das águas residuárias sem tratamento, no entanto, tais sistemas podem ainda buscar a recuperação de nutrientes e a obtenção de produtos de valor agregado (BECKINGHAUSEN et al., 2020).

Dentre os diversos sistemas de tratamento, a utilização de lagoas de estabilização permite a recuperação de recursos, através da biomassa das algas que concede a reutilização e o direcionamento para outras atividades. No entanto, esta tecnologia ainda necessita de avanços de forma a difundir sua aplicabilidade e potencial de biorremediação para os mais variados tipos de águas residuárias, uma vez que não são econômicas e apresentam o problema de geração de lodo enorme que novamente acarreta um custo ambiental, se torna necessária uma mudança de paradigma de “usar e descartar - linear” para uma abordagem “usar, tratar e reutilizar - circular” para reciclar as águas residuais (PADRÓN et al., 2020).

A presença de nutrientes, N e P no esgoto serve como um meio de baixo custo para as microalgas, sendo uma alternativa ao atual processo de tratamento de abordagem sustentável, eficiente e ecologicamente correta. Tal método de remediação é benéfico, pois os nutrientes, N e P das águas residuais são assimilados na biomassa de microalgas como biofertilizantes. Isso reduz o problema de descarte de esgoto e controla ainda mais a dependência de fertilizantes minerais (VUPPALADADIYAM et al., 2018).

A atividade do fitoplâncton por unidade de biomassa e as respostas à luz é de importância fundamental para o conhecimento dos processos e mecanismos que controlam a transferência de energia e o ciclo de matéria orgânica nas lagoas de estabilização. Considerando que o próprio efluente contém microalgas e cianobactérias já adaptadas àquelas condições, e que essa comunidade pode variar com o efluente e suas características, variação temporal, composição taxonômica e crescimento das populações autóctones no efluente se faz necessário avaliar a concentração.

FATORES QUE INFLUENCIAM NA PRODUÇÃO DE MICROALGAS

Como seres fotossintetizantes, as microalgas possuem a capacidade de converter biologicamente o CO_2 presente em emissões diversas em biomassa, apresentando como resultado desse processo a produção de oxigênio (O_2). Sendo assim, a biomassa pode aumentar o crescimento das plantas atuando como um fertilizante orgânico e de liberação lenta para fornecer nutrientes, assimilados do tratamento de águas residuárias, e manter solos e corpos de água livres de contaminação com cargas severas de nutrientes (ALVAREZ et al., 2021; FERREIRA et al., 2021).

O reflexo da crescente da atenção direcionada às microalgas é o surgimento de um novo nicho tecnológico que possui, como uma das maiores potencialidades a ser explorada, a possibilidade de integração entre sistemas de cultivo para produção de biomassa e o tratamento de emissões diversas, com a principal vantagem de aumentar a produtividade dos sistemas, aliada ao aspecto ambiental da redução de poluentes na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO_2) e os óxidos de nitrogênio (NO_x) (SUN et al., 2020).

Apesar do desenvolvimento de novas técnicas de produção ainda existem limitações tecnológicas no cultivo de biomassa de microalgas, especialmente em relação à manutenção das condições e viabilidade cultura. A combinação de fatores físicos, químicos e biológicos tem um efeito diretamente no cultivo de microalgas, pois pode favorecer ou impedir crescimento. Os fatores biológicos estão relacionados com o metabolismo celular e a presença de contaminantes no sistema, enquanto fatores físicos e químicos relacionadas com a luz, temperatura, pH e disponibilidade de fontes de carbono e outros nutrientes (MORENO-GARCIA et al., 2017).

FATORES BIOLÓGICOS

Metabolismo celular

A viabilidade do uso de biofilmes para acúmulo de compostos de interesse biotecnológico e focado no desenvolvimento de fotobiorreatores que facilitam a formação e a raspagem do biofilme formado. Tipo de substrato, pH, turbulência do líquido, espécie de microalga e presença de bactérias influenciam na adesão das células. Alguns desses fatores são mais importantes na adesão inicial, como o substrato e a presença de um filme de bactérias, outros são mais importantes na manutenção e aumento da espessura do biofilme, como o pH, a turbulência e o formato da célula de microalgas (WANG et al., 2018). Estudos mostram que a diferentes espécies de microalgas são capazes de acumular maiores teores de carboidratos, proteínas, lipídeos e pigmentos, além de aumentar a taxa de consumo de nitrogênio e CO₂ (HUANG et al., 2016; PENG et al., 2020, SUN et al., 2020) quando cultivadas em sistemas com a formação de biofilmes, a exemplo do uso de sistemas compactos de reator UASB + Lagoas de estabilização. Aprimorar esse método e associá-lo a obtenção de produtos da biomassa de microalga úmida pode ser um caminho que viabilize a produção de bioprodutos.

Presença de contaminantes

O cultivo em larga escala de microalgas deve ser realizado continuamente monitorar a contaminação. Mesmo em fotobiorreatores, as culturas estão expostas a várias fontes de contaminação que contêm microrganismos indesejados. A poluição pode ser considerada uma questão muito problemática produção de biomassa e pode ameaçar a disponibilidade de bioprodutos desejados. Alguns microrganismos têm um efeito negativo no crescimento microalgas porque podem promover a formação de biofilmes sujo e corrosivo (ZERIOUH et al., 2017). No cultivo de microalgas, biofilme se forma nas paredes de tubos ou placas de fotobiorreatores, de forma que impeça a passagem da luz (BELOHLAV et al., 2020). Além disso, pode ser liberado substâncias que dependendo do(s) microrganismo(s) presente compostos, reduzem o crescimento das mesmas.

FATORES FÍSICO-QUÍMICOS

Configuração e Sistema de Mistura

Atualmente, são encontrados diversos estudos sobre agregado a microalgas, em distintas configurações de reatores, como reatores de fluxo contínuo, em fotobiorreatores em bateladas únicas, ou em fotobiorreatores com bateladas sequenciais e até mesmo em lagoas de alta taxa.

A estrutura de construção de sistemas abertos influencia diretamente a produção de biomassa e a eficiência de absorção de nutrientes, dado que a profundidade dessas lagoas que pode variar e favorecer a penetração da luz no meio líquido para o crescimento de microalgas. Por sua vez, o sistema de mistura também é de fundamental importância, por promoverem a transferência de massa que viabiliza a passagem de luz até o fundo da lagoa para que as células tenham crescimento otimizado e, ainda, servem para evitar gradientes de temperatura ou nutrientes, aglomerado de células e sedimentação (GALÈS et al., 2020).

Intensidade da Luz

A luz é utilizada como principal fonte de energia nas reações fotoquímicas e afeta diretamente o desempenho das microalgas nas lagoas de alta taxa. Nas plantas superiores e microalgas verdes, a coleta da luz fotossintética ocorre nas membranas tilacóides e nos cloroplastos, nos quais a luz é capturada por complexos especializados de pigmentos. A penetração da luz é expressa como porcentagem da radiação que invade a superfície do licor misto nas lagoas de alta taxa, por exemplo. Simultaneamente, coexistem a zona clara e a zona escura; assim, a referida radiação representa o volume iluminado fornecido com a luz e o volume escuro não iluminado, este último, por sua vez, não contribui para a atividade fotossintética (SIVAKAMINATHAN et al. 2020).

Um outro fator pode também alterar uma série de funções biológicas desses microrganismos, é a alta incidência dos mesmos, bem como levar a mortalidade, diferenciação celular, crescimento e desenvolvimento das células, alteração na produtividade e na pigmentação, metabolismo enzimático, entre outros (RASTOGI et al., 2020).

Os sistemas abertos geralmente absorvem luz eminente para garantir que cultivo de microalgas aloque a luz de forma constante e assim as células de microalgas cresçam para conversão eficiente em biomassa (VUPPALADADIYAM et al., 2018). Fatores como a profundidade da lagoa e a dispersão de sólidos também afetam a disponibilidade de luz, do mesmo modo que elevadas intensidades de luz também podem causar foto inibição e diminuir o crescimento de microalgas (RAEISOSSADATI et al., 2019).

No estudo conduzido por Sivakaminathan et al. (2020), a aplicação de guias de luz em lagoas de alta taxa levou a um aumento na produtividade de biomassa de microalga por área de lagoa em 3,9 vezes e, segundo esses autores, os principais efeitos observados depois do fornecimento das guias luminosas foram uma maior distribuição de luz, um aumento na eficiência de conversão de fótons, uma diminuição em zonas escuras e, ainda, menores perdas respiratórias.

Temperatura

A análise das variações de temperatura e seleção de espécies tolerantes para sistemas abertos se faz importante ao processo, visto que a temperatura é um fator importante para o crescimento de microalgas, com crescimento ideal entre 25 e 35 °C (ZHUANG et al., 2018).

Estudos apontam que, temperaturas além da faixa indicada levam a danos celulares e inibição do crescimento, e que as espécies marinhas de microalgas são as mais suscetíveis a esses danos. Por conta das configurações estruturais dos sistemas abertos, a temperatura se torna um fator de difícil controle por depender da taxa de evaporação local, do período de luz solar, das condições do ar circundante, da localização geográfica e da estação do ano. Baixas temperaturas em decorrência desses fatores ambientais se tornam desfavoráveis para a atividade da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase (RuBisCo) - a enzima mais abundante em plantas que influencia diretamente na taxa de fotossíntese. Em comparação, temperaturas mais elevadas tendem a impedir a taxa metabólica e a solubilidade de CO₂ no meio, situação que leva a enzima RuBisCo a se ligar ao O₂ livre e, por isso, causar processos de fotorrespiração que podem reduzir de 20 a 30% a taxa de bioconversão de carbono no sistema (DOLGANYUK et al., 2020).

Concentração de CO₂ e Mudanças de pH

A absorção de CO₂ proveniente da atmosfera não é suficiente para suprir a exigência de carbono para o crescimento de microalgas em sistemas abertos, especificamente em intervalos diferentes de melhor irradiação (JO et al., 2020). Com isso, em sistemas abertos, o fornecimento de CO₂ depende de vários fatores como o pH, coeficiente de transferência de massa, existência de sistema de mistura, tipo de aspersor, e tempo de contato gás-líquido. Em sistemas abertos, o oxigênio dissolvido se acumula devido à menor transferência de oxigênio produzido na fotossíntese para o ecossistema. Este acúmulo de oxigênio pode também levar à inibição da fotossíntese em muitas espécies de microalgas que resulta em foto-oxidação quando sob altas faixas de irradiação (BANERJEE e RAMASWAMY, 2017).

Por sua vez, o pH é um fator eminente que define a produtividade da biomassa em sistemas abertos, de modo que diferentes meios podem variar de pH 6 a 8,76, que é a faixa preferida por espécies de microalgas para crescerem (JERNEY e SPILLING, 2018). Nessa faixa, um pH intracelular de 7,5 mantém viável o crescimento ideal de microalgas, no entanto, valores elevados de pH resultam em variações nos processos celulares que causam o colapso das culturas de células. Para tanto, o sistema de aeração deve ser compilado com controle de pH pela adição de produtos químicos alcalinos nas microalgas (TABATABAEI et al., 2020).

Disponibilidade de Nutrientes

O crescimento e desenvolvimento de microalgas requer certos nutrientes inorgânicos, como N, C, P, K, Mg e S, bem como a presença de sais a depender da espécie de microalga. Assim, a indisponibilidade de nutrientes é um fator de estresse que leva a diminuição da produção e do acúmulo de lipídios, bem como a diminuição da divisão e crescimento celular. Ou seja, se faltam nutrientes no meio de cultivo, mas há luz e CO₂ suficientes, as microalgas produzem mais ácidos graxos que, por sua vez, são convertidos em acilgliceróis ao invés de indesejáveis lipídios em membrana ou outros compostos (ISHIKA et al., 2017; ZHUANG et al., 2018).

Carbono, nitrogênio e fósforo são os principais nutrientes limitantes para o crescimento destas microalgas. Durante o crescimento fotoautotrófico, o carbono necessário para o crescimento desses organismos é fornecido principalmente na forma de CO₂. Por outro lado, na fase de absorção do CO₂, o OH normalmente se acumula no meio, devido à dissociação do HCO₃. (BANERJEE e RAMASWAMY, 2017).

MICROALGAS NA COMPOSIÇÃO DE INSUMOS AGRÍCOLAS

Apesar das limitações para produção deste biocomposto, as microalgas já estão sendo utilizadas como insumos agrícolas ou até mesmo para revestimento na conservação de algumas culturas. Pode-se citar estudos como o de Dias et al. (2019), que avaliando a biomassa de microalgas via raiz sob a produção de mudas de Maracujá amarelo, verificaram que as doses influenciaram o número de folhas, massa fresca da raiz, massa seca da raiz, comprimento da parte aérea e massa fresca da parte aérea significativamente.

Trabalhando com o aproveitamento de *Chlorella* sp. como o bioestimulante na germinação de sementes de melão (*Cucumis melo* L.), Lima e colaboradores (2020), verificaram que a modulação do cultivo de *Chlorella* sp. é uma viável estratégia para a produção de compostos ativos. Além disso, os hidrolisados de *Chlorella* sp. demonstraram um potencial bioestimulante e pode ser uma fonte de moléculas para muitas aplicações na agricultura.

O teor mineral de cálcio, ferro, potássio, magnésio, manganês e fósforo no espinafre tratado com algas de água doce, *Chlorella* sp., foi maior em comparação com o não tratado (KIM et al., 2018). O mesmo estudo concluiu que o rendimento da cebolinha chinesa tratada com a mesma microalga foi 18,3% maior do que o não tratado. Seus resultados indicaram que os fertilizantes de microalgas são bioestimulantes eficientes e econômicos para melhorar o crescimento das plantas e a qualidade da cebolinha chinesa e do espinafre na fazenda orgânica estudada.

Estudando o revestimento de *Spirulina platensis* para conservação de romã, Oliveira et al., (2020) verificaram que o revestimento com 1% dessa microalga proporcionou os melhores resultados, retardando o desenvolvimento da cor, aumentando brilho, mantendo os teores de açúcares e ácido ascórbico e reduzindo a adstringência.

Analisando a produção de mudas de mamão com *Spirulina platensis* como um bioestimulante aplicado na folha e raiz, Guedes et al., (2018) verificaram que 1,08% de *S. platensis* aplicadas na raiz proporcionaram o melhor crescimento e produção de biomassa das mudas.

Desta forma, a utilização de microalgas oferece um grande benefício para uma agricultura sustentável, uma vez que são produtos naturais, que contêm uma diversidade de substâncias que estimulam o crescimento e a produtividade das culturas promovem a atividade microbiana e melhoraram os nutrientes do solo. absorção pelas raízes. Além disso, conferem às plantas resistência efetiva ao estresse abiótico, pois contêm substâncias com alta atividade antioxidante (PADRÓN et al., 2020).

CONCLUSÕES

Os efluentes domésticos e industriais representam um impacto ambiental de grande relevância, uma vez que a alta carga orgânica pode gerar a eutrofização de rios, se não tratado adequadamente. Por essa razão, o emprego de tratamentos, cultivos e manutenção de microalgas como ferramenta para biorremediação se apresenta como uma das principais potencialidades de processos biotecnológicos para obtenção de bioprodutos.

As microalgas são um importante recurso inexplorado com grande potencial no setor agrícola, e pesquisas devem ser conduzidas para potencializar sua utilização. Conforme a literatura apresentada, os biofertilizantes à base de algas mostraram benefícios significativos no desenvolvimento da agricultura. O fato de os biofertilizantes de algas poderem ser produzidos como subprodutos metabólicos durante os processos de tratamento de águas residuárias, torna-os fontes renováveis para a agricultura sustentável.

Assim, os sistemas de microalgas podem promissores para energia, custo e biorremediação de águas residuárias, gerando água limpa e produzindo biomassa que podem ser utilizadas como bioestimulante orgânico, estabelecendo assim uma agricultura mais sustentável em uma abordagem de bioeconomia circular.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, A.L., WEYERS, S.L., GOEMANN, H. M., PEYTON, B. M., GARDNER, R. D. (2021). Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture. *Algal Research*, v. 54, 102200, 2021.
- BANERJEE, S.; RAMASWAMY, S. Dynamic process model and economic analysis of microalgae cultivation in open raceway ponds. *Algal Research*, v. 26, p. 330-340, 2017.
- BECKINGHAUSEN, A., ODLARE, M., THORIN, E., & SCHWEDE, S. (2020). From removal to recovery: An evaluation of nitrogen recovery techniques from wastewater. *Applied Energy*, 263(October 2019), 114616.
- BELLO, A.S., SAADAOU, I., BEN-HAMADOU, R. (2021). "Beyond the Source of Bioenergy": Microalgae in Modern Agriculture as a Biostimulant, Biofertilizer, and Anti-Abiotic Stress. *Agronomy*, v. 11, n. 8, 2021.
- BELOHLAV, V. et al. Effect of hydrodynamics on the formation and removal of microalgal biofilm in photobioreactors. *Biosystems Engineering*, v. 200, p. 315 - 327, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.10.014>.
- BOSE, A., O'SHEA, R., LIN, R., MURPHY, J.D. (2022). Optimisation and performance prediction of photosynthetic biogas upgrading using a bubble column, *Chemical Engineering Journal*, Volume 437, Part 1, 2022, 134988, ISSN 1385-8947, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.134988>
- DE MENDONÇA, H.V., OTENIO, M.H., MARCHÃO, L., LOMEU, A., DE SOUZA, D.S., REIS, A. (2022). Biofuel recovery from microalgae biomass grown in dairy wastewater treated with activated sludge: The next step in sustainable production, *Science of The Total Environment*, Volume 824, 2022, 153838, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153838>.
- DE MORAIS, M.G., DE MORAIS, E.G., DUARTE, J.H., DEAMICI, K.M., MITCHELL, B.G., COSTA, J.A.B. (2019). Biological CO₂ mitigation by microalgae: technological trends, future prospects and challenges. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 35, a.n. 78, 2019.
- DIAS, G. A.; ARAÚJO, R. H. C. R.; ALVES, W. G.; OLIVEIRA, A. M. F. DE; SOUSA, D. D. A. DE; LIMA, J. F. DE; SANTOS, I. DE M.; ALVES, K. DE A.; SOUSA, D. D. A. DE; ARAÚJO, J. L. Biomass of Microalgae via Root Under the Production of Yellow Passionfruit Seedlings. *Journal of Agricultural Science*; v.11, n.6; p.105-112, 2019.
- DOLGANYUK, V.; BELOVA, D.; BABICH, O.; PROSEKOV, A.; IVANOVA, S.; KATSEKOV, D.; PATYUKOV, N.; SUKHIKH, S. Microalgae: A Promising Source of Valuable Bioproducts. *Biomolecules*, v. 10, n. 8, p. 1153, 2020.
- FERREIRA, A., MELKONYAN, L., CARAPINHA, S., RIBEIRO, B., FIGUEIREDO, D., AVETISOVA, G., GOUVEIA, L. (2021). Biostimulant and biopesticide potential of microalgae growing in piggery wastewater. *Environmental Advances*, v. 4, 2021.

GALÈS, A., RUANO, M. V., SIALVE, B., FERRER, J., & STEYER, J. P. (2020). Microalgae-bacteria consortia in high-rate ponds for treating urban wastewater: Elucidating the key state indicators under dynamic conditions. *Journal of Environmental Management*, 261, 2020.

GITAU, M.M., FARKAS, A., ÖRDÖG, V., MARÓTI, G. (2022). Evaluation of the biostimulant effects of two Chlorophyta microalgae on tomato (*Solanum lycopersicum*), *Journal of Cleaner Production*, Volume 364, 2022, 132689, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132689>.

HUANG, Y. et al. Comparison of *Chlorella vulgaris* biomass productivity cultivated in biofilm and suspension from the aspect of light transmission and microalgae affinity to carbon dioxide. *Bioresource Technology*, v. 222, p. 267-373, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.09.099>.

HUSSAIN SHADID, et al. Arsenic and heavy metal (Cadmium, lead, mercury and nickel) contamination in plant-based foods. *Plant and Human Health*, v. 2, 2019. p. 447-490. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03344-6_20.

ISHIKA, T.; MOHEIMANI, N. R.; BAHRI, P. A. Sustainable saline microalgae co-cultivation for biofuel production: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 78, p. 356-368, 2017.

JERNEY, J.; SPILLING, K. Large Scale Cultivation of Microalgae: Open and Closed Systems. *Methods in Molecular Biology*. [S. l.]: Springer New York, 2018. p. 1-8.

JO, S.-W.; DO, J.-M.; NA, H.; HONG, J. W.; KIM, I.-S.; YOON, H.-S. Assessment of biomass potentials of microalgal communities in open pond raceways using mass cultivation. *PeerJ*, vol. 8, p. e9418, 2020.

LIMA, J. F. DE; QUEIROZ, A. J. DE M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE; SOUZA, W. R. DE; DEBONSI, H. M.; SANTOS, V. F. DOS; DANTAS, A. M. N.; ARAÚJO, R. H. C. R. Utilization of *Chlorella* sp. as biostimulant in the germination of melon seeds (*Cucumis melo* L.). *Journal of Agricultural Studies*, v.8, n.2, p.750-773, 2020.

MORENO-GARCIA et al. Microalgae biomass production for a biorefinery system: Recent advances and the way towards sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 76, p. 493 - 506, 2017.

PENG, Y-Y. et al. Simultaneous removal of nutrient and sulfonamides from marine aquaculture wastewater by concentrated and attached cultivation of *Chlorella vulgaris* in an algal biofilm membrane photobioreactor (BFMPBR). *Science of the Total Environment*, v. 725, p. 138524, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138524>.

RAEISOSSADATI, M.; MOHEIMANI, N. R.; PARLEVLIE, D. Luminescent solar concentrator panels for increasing the efficiency of mass microalgal production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 101, p. 47-59, 2019.

RASTOGI, R. P., MADAMWAR, D., NAKAMOTO, H., & INCHAROENSAKDI, A. (2020). Resilience and self-regulation processes of microalgae under UV radiation stress. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 43, 100322.

SIVAKAMINATHAN, S.; WOLF, J.; YARNOLD, J.; ROLES, J.; ROSS, I. L.; STEPHENS, E.; HENDERSON, G.; HANKAMER, B. Light guide systems enhance microalgae production efficiency in outdoor high-rate ponds. *Algal Research*, v. 47, p. 101846, 2020.

SONG, C., LIU, Q., QI, Y., CHEN, G., SONG, Y., KANSHA, Y., KITAMURA, Y. Absorption-microalgae hybrid CO₂ capture and biotransformation strategy—A review, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Volume 88, 2019, Pages 109-117, ISSN 1750-5836, <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2019.06.002>.

SUN, Y. et al. Optimizing light distributions in a membrane photobioreactor via optical fibers to enhance CO₂ photobiochemical conversion by a *Scenedesmus obliquus* biofilm. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, v. 59, p. 21654-21662, 2020. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c03854>.

TABATABAEI, M.; AGHBASHLO, M.; VALIJANIAN, E.; KAZEMI SHARIAT PANAHI, H.; NIZAMI, A.-S.; GHANAVATI, H.; SULAIMAN, A.; MIRMOHAMADSADEGHI, S.; KARIMI, K. A comprehensive review on recent biological innovations to improve biogas production, Part 2: Mainstream and downstream strategies. *Renewable Energy*, v. 146, p. 1392-1407, 2020.

VERMA, P. GOSWAMI, R. K.; MEHARIYA, S.; OBULISAMY, P. K.; Advanced microalgae-based renewable biohydrogen production systems: A review. *Bioresource Technology*, vol. 320, p. 124301, 2021.

VUPPALADADIYAM, A. K.; PRINSEN, P.; RAHEEM, A.; LUQUE, R.; ZHAO, M. Microalgae cultivation and metabolites production: a comprehensive review. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, v. 12, n. 2, p. 304-324, 2018.

ZERIOUH, O. ET AL. Biofouling in photobioreactors for marine microalgae. *Critical Reviews in Biotechnology*, v. 37, p. 1006-1023, 2017. <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1299681>.

ZHANG, Y., XIAO, Z., AGER, E., KONG, L., TAN, L. (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*, Volume 1, Issue 1, 2021, Pages 58-66, ISSN 2772-5669, <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>.

ZHUANG, L.-L.; YU, D.; ZHANG, J.; LIU, F.; WU, Y.-H.; ZHANG, T.-Y.; DAO, G.-H.; HU, H.-Y. The characteristics and influencing factors of the attached microalgae cultivation: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 94, p. 1110-1119, 2018.