CIÊNCIAS AGRÁRIAS

O UNIVERSO DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ORGANIZADORES
IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS
CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA

1ª Edição

Acesso livre ao E-Book em
WWW.EDITORASCIENCE.COM.BR

EDITORA SCIENCE
ANO 2025

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

O UNIVERSO DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ORGANIZADORES
IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS
CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA

1ª Edição

Acesso livre ao E-Book em
WWW.EDITORASCIENCE.COM.BR

CAMPINA GRANDE-PB
EDITORA SCIENCE
ANO 2025

Todos os Direitos Desta Edição Reservados à
© 2025 EDITORA SCIENCE
Av. Marechal Floriano Peixoto. 5000.
Campina Grande, PB, 58434-500.
CNPJ: 42.754.503/0001-00

REGISTRO CBL (Câmara Brasileira do Livro)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

O universo das ciências agrárias [livro eletrônico] / organizadores Igor Luiz Vieira de Lima Santos, Carliane Rebeca Coelho da Silva. -- Campina Grande, PB : Ed. dos Autores, 2025.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-01-37892-3

1. Ciências agrárias I. Santos, Igor Luiz Vieira de Lima. II. Silva, Carliane Rebeca Coelho da.

25-258956 CDD-630

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências agrárias 630

Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

https://doi.org/10.56001/25.9786501378923

Para consulta na CBL acesse: https://www.cblservicos.org.br/isbn/pesquisa/

ISBN: 978-65-01-37892-3

LIVRO ORGANIZADO

Editora-Chefe

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Editores Organizadores

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Editoração e Diagramação

Corpo Técnico da Editora Science

Revisão Principal/Por Pares

Os Autores / Revisores *Ad Hoc* / Corpo Editorial / Organizadores

Revisão Final

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Programas Registrados de Design

©Canva Pro Registered Design

Copyright © 2025 Editora Science

Copyright Textual © 2025 Os autores

Copyright da Edição © 2025 Editora Science

Todos os Direitos e os Termos de Cessão de Direitos Autorais para esta edição foram cedidos à Editora Science pelos próprios autores.

Declaração de Direitos

Todos os direitos reservados.

Qualquer parte deste livro pode ser reproduzida, transmitida de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotocópia, microfilmagem, gravação ou de outra forma, desde que citada a fonte. Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0). https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Todos os artigos de autoria inédita, revisão, comentários, opiniões, resultados, conclusões ou recomendações são de inteira responsabilidade do(s) autor(es), e não refletem necessariamente as opiniões dos editores e/ou da empresa.

Para cópias impressas, para compras em massa e/ou informações sobre este e outros títulos da © Editora Science, entre em contato com a editora pelo telefone: Tel.: +55-83-991647953; E-mail: contato@editorascience.com ou editorascience@gmail.com

Siga nossas redes sociais fique por dentro das novidades e amplie o alcance dos nossos livros:

Facebook: **http://www.facebook.com/editorascience**

Instagram: **https://www.instagram.com/editorascience**

EDITORA SCIENCE

ÁREA DO CONHECIMENTO CNPQ: CIÊNCIAS AGRÁRIAS

© 2025 EDITORA SCIENCE

Editora-Chefe:

PÓS-DRA. CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA (EDITORA-CHEFE)

Gerente Editorial:

PROF. DR. IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS (UFCG)

Conselho Editorial:

PÓS-DRA. CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA (EDITORA-CHEFE)
PROF. DR. IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS (UFCG)
DRA. LUCIANA AMARAL DE MASCENA COSTA (UFRPE)
PÓS-DRA. AYRLES FERNANDA BRANDÃO DA SILVA (UFCE)

Corpo Editorial:

DR. MARCUS VINICIUS PERALVA SANTOS (IFTO)
DR. RÔMULO ALVES DE OLIVEIRA (IFSE)
DRA. ROSEANNE SANTOS DE CARVALHO (IFSE)
PÓS-DRA. CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA (EDITORA-CHEFE)
DRA. FERNANDA MIGUEL DE ANDRADE (FMS)
DR. MILTON GONÇALVES DA SILVA JUNIOR (UNIARAGUAIA)
DRA. WELMA EMIDIO DA SILVA (FIS)
DRA. AYRLES FERNANDA BRANDÃO (UFCE)
DR. GABRIEL PARISOTTO (UNISUAM)
DR. IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS (UFCG)
ME. LÚCIA MAGNÓLIA ALBUQUERQUE SOARES DE CAMARGO (UNIFACISA)
DRA. LUCIANA AMARAL DE MASCENA COSTA (UFRPE)
ME. MARCELO SALVADOR CELESTINO (UNESP)
PÓS-DRA. ELIANA NAPOLEÃO COZENDEY DA SILVA (FIOCRUZ-ENSP)
DR. EDIGAR HENRIQUE VAZ DIAS (UFCAT)
DR. HENRIQUE MACIEL VIEIRA DE MORAES (UFRJ)
DR. CRISTIANO CUNHA COSTA (UFS)
MSC. DANIEL DA SILVA GOMES (UFPB)
DRA. FRANCIELI DE FATIMA MISSIO (UFSM)
DR. JOSÉ OLÍVIO LOPES VIEIRA JÚNIOR (UENF)
DRA. NARA HELENA TAVARES DA PONTE (UEAP)
DR. LUIZ ALEXANDRE VALADÃO DE SOUZA (SME-RJ)
PÓS-DRA. MICHELE APARECIDA CERQUEIRA RODRIGUES (UFLO
PÓS-DR. MARCOS PEREIRA DOS SANTOS (FACUR)

EDITORA SCIENCE

LICENSE PUBLICATION DETAILS

Copyright © 2025 Editora Science

Copyright Notice

All content in this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) license which permits copying, distribution, and adaptation of the work, provided the original work is properly cited and any changes from the original work are properly indicated. Any altered, transformed, or adapted form of the work may only be distributed under the same or similar license to this one.

© 2025 by Carliane Rebeca Coelho da Silva is licensed under Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International

Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

HOW CITE THIS BOOK:

NLM Citation

Santos ILVL, Silva CRC, editor. O Universo das Ciências Agrárias. 1st ed. Campina Grande (PB): Editora Science; 2025.

APA Citation

Santos, I. L. V. L. & Silva, C. R. C. (Eds.). (2025). *O Universo das Ciências Agrárias.* (1st ed.). Editora Science.

ABNT Brazilian Citation NBR 6023:2018

SANTOS, I. L. V. L.; SILVA, C. R. C. **O Universo das Ciências Agrárias.** 1. ed. Campina Grande: Editora Science, 2025.

WHERE ACCESS THIS BOOK:

www.editorascience.com.br/

Sumário

CAPÍTULO 1 **1**

A EXTENSÃO RURAL E AS MÚLTIPLAS DIMENSÕES DAS PRÁTICAS PROFISSIONAIS **1**
RURAL EXTENSION AND THE MULTIPLE DIMENSIONS OF PROFESSIONAL PRACTICES 1
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.01 **1**
Marcelo Miná Dias 1

CAPÍTULO 2 **19**

ESTUDO DAS CULTIVARES DE *CANNABIS SATIVA* PARA FINS MEDICINAIS EM PRODUÇÃO "INDOOR" **19**
STUDY OF CANNABIS SATIVA CULTIVARS FOR MEDICINAL PURPOSES IN "INDOOR" PRODUCTION 19
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.02 **19**
Gabriel Cintra Mendes 19
Carla F. de Cerqueira 19
Julia Sampaio B. Fontes 19
Adriana Rodrigues Passos 19
Elielson Souza Rodrigues 19

CAPÍTULO 3 **30**

PULSES AS SUSTAINABLE FOOD-NUTRITIONAL QUALITY, FUNCTIONAL PROPERTIES, PROCESSING AND ENVIRONMENTAL BENEFITS: A SHORT REVIEW **30**
LEGUMINOSAS COMO ALIMENTO SUSTENTÁVEL - QUALIDADE NUTRICIONAL, PROPRIEDADES FUNCIONAIS, PROCESSAMENTO E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS: UMA BREVE REVISÃO 30
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.03 **30**
José Luis Ramírez Ascheri 30
Diego Palmiro Ramírez Ascheri 30

CAPÍTULO 4 **47**

EFEITO DE PROPORÇÕES VARIADAS DE FERTILIZANTE ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DO RABANETE 'SAXA' **47**
EFFECT OF VARYING PROPORTIONS OF ORGANIC FERTILIZER ON THE PRODUCTION OF 'SAXA' RADISH 47
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.04 **47**
Camilla Pereira Furtado de Souza 47

Larissa dos Santos Machado 47
Alfredo Tales de Jesus Neto 47
Vitor Pereira da Silva 47
Bernardo José Bloisi Vaz Sampaio da Paixão 47
Damiana Amancio de Souza 48
Andreza de Jesus Correia 48
Júlio César Azevedo Nóbrega 48
Fabiane Pereira Machado Dias 48
Caliane da Silva Braulio 48

CAPÍTULO 5 59

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EXTRUSADO ENRIQUECIDO: EFEITOS DA ADIÇÃO DE ORA-PRO-NÓBIS (*PERESKIA ACULEATA* MILLER) NO TEOR PROTEICO E NA BIODISPONIBILIDADE DE FERRO 59
DEVELOPMENT OF AN ENRICHED EXTRUDED PRODUCT: EFFECTS OF ORA-PRO-NÓBIS (PERESKIA ACULEATA MILLER) ADDITION ON PROTEIN CONTENT AND IRON BIOAVAILABILITY 59
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.05 59
Ana Clara Souza 59
Leonardo Martins Machado 59
Nathalia Gouveia Botan 59
Claudia Cirineo Ferreira Monteiro 59
Antonio Roberto Giriboni Monteiro 60

CAPÍTULO 6 74

BIOINSUMOS: USO E APLICAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA 74
BIOINPUTS: USE AND APPLICATION IN BRAZILIAN AGRICULTURE 74
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.06 74
Pedro Octavio Perina 74
Jean Carlos Sousa da Silva 74
Joji Shimada 74
Rian Albanez Azenha 74
Alasse Oliveira da Silva 74
Alane Oliveira da Silva 74
Eduarda Pacheco Leão 75
Dioclea Almeida Seabra Silva 75
Lenize Oliveira Dos Reis 75
Gustavo Goes dos Santos 75

CAPÍTULO 7 89

MÉTODO ENVIRONMENTAL RISK INDEX APLICADO AOS AGROTÓXICOS COMERCIALIZADOS EM VITÓRIA DE SANTO ANTÃO-PE, COM FOCO NA COMUNIDADE DO NATUBA 89
RISK INDEX ENVIRONMENTAL METHOD APPLIED TO PESTICIDES SOLD IN VITÓRIA DE SANTO ANTÃO-PE, WITH FOCUS AT THE NATUBA COMMUNITY 89
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.07 89
Jonathas Gomes de Carvalho Marques 89
Suzana Maria Gico Lima Montenegro 89
Marília Regina Costa Castro Lyra 89
Anderson Luiz Ribeiro de Paiva 89
Rogéria Mendes do Nascimento 89
Jurandir Barbosa Cavalcante Júnior 90
Elifas Soares dos Santos 90

CAPÍTULO 8 112

EFEITO RESIDUAL DE FERTILIZANTES FOSFATADOS NA PRODUÇÃO DE RÚCULA EM SISTEMAS DE CULTIVO ORGÂNICO 112
RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHATE FERTILIZERS ON ARUGULA PRODUCTION IN ORGANIC MANAGEMENT SYSTEM 112
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.08 112
Thatiane Nepomuceno Alves 112
Bruno Rocha Tamelini 112
Joseantonio Ribeiro de Carvalho 112
Antonio Ismael Inácio Cardoso 112

CAPÍTULO 9 125

A DISSEMINAÇÃO DE INFORMAÇÃO DIGITAL COMO ESTRATÉGIA PARA O CONTROLE DE PRAGAS E SUSTENTABILIDADE NA AGRICULTURA FAMILIAR 125
DIGITAL INFORMATION DISSEMINATION AS A STRATEGY FOR PEST CONTROL AND SUSTAINABILITY IN FAMILY FARMING 125
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.09 125
Evellyn Thauany Alves de Lima 125
Maria Stella Teodoro 125
Maria José de Holanda Leite 125
Monica Crisóstomo Padrenosso 125
Denise Maria Santos 126

CAPÍTULO 10 135

ESTADO DA ARTE SOBRE PRODUÇÃO DE RAINHAS COM *APIS MELLIFERA* 135

STATE OF THE ART ON QUEEN PRODUCTION WITH APIS MELLIFERA 135
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.10 135
Luciana Veras de Aquino Figueirôa 135
Lucas dos Santos Rebouças 135
Lícia Gabrielle Gomes de Oliveira 135
Aline Gabrielle Gomes da Silva 135
Marcielle Michelle Moreira Menezes 135
Marina Crisley Gondim Rebouças 135
Natanael Silva Félix 135
Katia Peres Gramacho 136
Leandro Alves da Silva 136
Tasyely Daylhany Freire de Lima 136

CAPÍTULO 11 145

DENSIDADE DE PLANTAS FEIJÃO-VAGEM SUA INFLUÊNCIA NA PRODUÇÃO 145
PLANT DENSITY IN SNAP BEAN AND ITS INFLUENCE ON YIELD 145
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.11 145
Pedro Henrique Hortolani Cunha 145
Thatiane Nepomuceno Alves 145
Antonio Ismael Inácio Cardoso 145

CAPÍTULO 12 157

EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM CULTIVARES DE MANDIOCA CULTIVADAS EM LATOSSOLO AMARELO NO NORDESTE PARAENSE: IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO DA FERTILIDADE EM SOLOS AMAZÔNICOS 157
EXTRACTION AND EXPORT OF MACRONUTRIENTS IN CASSAVA CULTIVARS GROWN IN YELLOW LATOSOL IN NORTHEASTERN PARÁ: IMPLICATIONS FOR FERTILITY MANAGEMENT IN AMAZONIAN SOILS 157
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.12 157
Jessivaldo Rodrigues Galvão 157
Ismael de Jesus Matos Viégas 157
William de Lima Nascimento 157
Pedro Henrique de Souza Costa 157
Diocléa Almeida Seabra Silva 157
Paulo Manoel Pontes Lins 158
Vitória Rayanne Dias Ribeiro 158
Maria Angélica Brasil Gama Gatinho 158

CAPÍTULO 13 170

RESÍDUO SÓLIDO DO BENEFICIAMENTO DE CAMARÃO NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MELANCIA 170
SOLID WASTE FROM SHRIMP PROCESSING IN THE GERMINATION AND INITIAL GROWTH OF WATERMELON SEEDLINGS 170
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.13 170
Gabrielen de Maria Gomes Dias 170
Wellington Marcos Soares da Silva 170
Jorge Braga Ribeiro Junior 170
Lailla Sabrina Queiroz Nazareno 170
Antônio Lucas Aguiar Lobo 170

CAPÍTULO 14 183

PRODUÇÃO DE SALSA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE PLANTAS POR CÉLULA E DO NÚMERO DE CÉLULAS NA BANDEJA 183
PARSLEY PRODUCTION AS A FUNCTION OF THE NUMBER OF PLANTS PER CELL AND THE NUMBER OF CELLS IN THE TRAY 183
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.14 183
Victor Antônio Lopes Pereira 183
Thatiane Nepomuceno Alves 183
Joseantonio Ribeiro de Carvalho 183
Mirella Regina Campos de Oliveira 183
Antonio Ismael Inácio Cardoso 183

SOBRE OS ORGANIZADORES DO LIVRO DADOS CNPQ: 197

PREFÁCIO À 1ª EDIÇÃO

A agricultura e as ciências agrárias desempenham um papel essencial na segurança alimentar, no desenvolvimento sustentável e na preservação dos recursos naturais. Em um mundo onde os desafios ambientais e produtivos se tornam cada vez mais complexos, a difusão do conhecimento científico nessa área é fundamental para garantir avanços tecnológicos, práticas mais sustentáveis e uma produção eficiente que atenda às demandas globais.

Este livro, *O Universo das Ciências Agrárias*, surge como uma contribuição valiosa para o campo, reunindo estudos, pesquisas e reflexões que abrangem diferentes aspectos das ciências agrárias. Através de uma abordagem interdisciplinar, a obra explora tópicos que vão desde a gestão e conservação do solo e da água, até inovações em biotecnologia, nutrição animal, produção agrícola e agroecologia.

A educação desempenha um papel essencial na formação de profissionais capacitados para lidar com os desafios do setor agrário. Em um momento histórico onde o acesso à informação é rápido, mas nem sempre confiável, a disseminação de conteúdos cientificamente embasados se torna indispensável para a tomada de decisões assertivas e sustentáveis. Assim, este livro é voltado para estudantes, pesquisadores, produtores rurais e demais interessados que buscam compreender a interação entre a ciência e a prática no campo.

Cada capítulo desta obra foi elaborado por especialistas com experiência acadêmica e prática, oferecendo uma visão aprofundada sobre os temas abordados. A diversidade de perspectivas e a riqueza de informações tornam este livro uma fonte essencial para quem deseja ampliar seus conhecimentos sobre as ciências agrárias e suas aplicações na sociedade contemporânea.

Esperamos que esta leitura inspire novos estudos, pesquisas e soluções inovadoras para os desafios enfrentados pelo setor agrário. Que este livro sirva como um convite à reflexão e à ação, reforçando o compromisso com a construção de um futuro mais sustentável e produtivo para as gerações presentes e futuras.

Boa Leitura

Os Organizadores

CAPÍTULO 1

A EXTENSÃO RURAL E AS MÚLTIPLAS DIMENSÕES DAS PRÁTICAS PROFISSIONAIS

RURAL EXTENSION AND THE MULTIPLE DIMENSIONS OF PROFESSIONAL PRACTICES

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.01

Submetido em: 23/02/2025
Revisado em: 20/03/2025
Publicado em: 25/03/2025

Marcelo Miná Dias

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Economia Rural, Viçosa-MG

http://lattes.cnpq.br/2282213279382586

Resumo

A extensão rural no Brasil é um dos principais instrumentos das políticas públicas de desenvolvimento agrícola e rural. Este texto apresenta uma revisão de literatura sobre as concepções, objetivos e campos de atuação dos profissionais da extensão rural. Inicialmente voltada para a modernização agrícola, a extensão rural ampliou seu escopo, abarcando temas como sustentabilidade, agroecologia e inclusão social. Diferente da assistência técnica por seu caráter mais amplo e sistêmico, as ações extensionistas envolvem não apenas a difusão de tecnologias, mas também a mediação de processos sociais de inovação e organização produtiva. O estudo identifica quatro objetivos fundamentais da extensão rural: transferência e difusão de conhecimentos, promoção de processos de ensino-aprendizagem, prestação de serviços de assessoramento e articulação política. A inter-relação entre esses objetivos evidencia a complexidade da ação extensionista e sua importância para a construção de estratégias de desenvolvimento rural sustentáveis e inclusivas.

Palavras-Chave: Extensão rural; Desenvolvimento rural; Assistência técnica; Agroecologia; políticas públicas.

Abstract

Rural extension in Brazil is one of the main instruments of public policies for agricultural and rural development. This text presents a literature review on the concepts, objectives, and fields of action of rural extension professionals. Initially focused on agricultural modernization, rural extension has broadened its scope to encompass topics such as sustainability, agroecology, and social inclusion. Unlike technical assistance, which has a more limited scope, extensionist actions take a broader and more systemic approach, involving not only the dissemination of technologies but also the mediation of social processes of innovation and productive organization. This study identifies four fundamental objectives of rural extension: knowledge transfer and dissemination, the promotion of teaching-learning processes, the provision of advisory services, and political articulation. The interconnection between these objectives

highlights the complexity of extension work and its importance in building sustainable and inclusive rural development strategies.

Keywords: Rural extension; Rural development; Technical assistance; Agroecology; Public policies.

Introdução

No Brasil, a extensão rural é um dos principais instrumentos do Estado para promover mudanças técnicas e sociais que favoreçam o desenvolvimento agrícola e rural (Coelho, 2014). Esse objetivo está presente em leis e políticas públicas, operacionalizado por meio de um sistema nacional que inclui organizações públicas e entidades privadas[1]. Essas instituições executam programas e projetos voltados para inovações técnicas e sociais, além de garantir acesso a direitos sociais no campo (Lelis *et al*., 2012).

A extensão rural no Brasil teve origem no final da década de 1940, inspirada no modelo estadunidense e com apoio financeiro e técnico dos Estados Unidos (Mendonça, 2010). Inicialmente, seu foco era a modernização da agricultura, com a difusão de técnicas e tecnologias para aumentar a produtividade, especialmente da pequena produção familiar. Na década de 1950, a criação da Associação Brasileira de Crédito e Assistência Rural (ABCAR) marcou o início da estruturação da extensão rural como política pública (Fonseca, 1985). Nos anos 1970, durante o regime militar, foi criada a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Embrater), que direcionou a ação extensionista para a modernização agrícola, priorizando médios e grandes produtores (Seiffert, 1987).

Com a redemocratização, a partir da década de 1980, as consequências negativas das políticas agrícolas anteriores – como concentração fundiária, desigualdades sociais e degradação ambiental – levaram a uma reorientação das políticas públicas e da extensão rural como serviço público (Brandemburg, 1993). Passou-se a reconhecer a importância da agricultura familiar para o desenvolvimento do país. Nas décadas seguintes, a extensão rural incorporou temas como sustentabilidade, agroecologia e inclusão social, ampliando seu escopo para além da técnica produtiva e integrando-se a políticas de desenvolvimento rural e combate à pobreza (Caporal; Costabeber, 2004; Dias, 2007).

[1] As entidades públicas têm atuação estadual, geralmente denominadas empresas de assistência técnica e extensão rural (Emater). As entidades privadas podem ser iniciativas liberais (escritórios de consultoria), mantidas via captação de recursos públicos e/ou privados (organizações não governamentais) ou vinculadas à classe empresarial, como o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar).

Ao extensionista é atribuído o papel de agente ou facilitador de mudança, responsável por estimular e orientar transformações no meio rural. Espera-se que esse profissional contribua para o desenvolvimento agrícola e rural, seja por meio de mudanças técnicas ou sociais (Diesel; Dias, 2016). No entanto, a concretização desse papel depende de uma complexa rede de interações, que inclui as condições de trabalho, os objetivos da ação extensionista, o planejamento das organizações de extensão, as capacidades dos profissionais e os conhecimentos, interesses e experiências dos agricultores e produtores envolvidos nas ações. Esses fatores determinam o alcance e os limites da ação extensionista nas localidades (Diesel *et al*., 2015).

Dessa forma, a extensão rural estabelece uma relação direta entre a agricultura, a necessidade de resolver problemas e aprimorar sistemas socioprodutivos, as políticas de desenvolvimento (agrícola e rural) e a atuação do extensionista. Esse profissional atua como mediador entre as necessidades dos agricultores, as demandas dos mercados, as diretrizes das políticas públicas e as oportunidades de apoio (governamental ou privado) disponíveis em cada contexto. Seu trabalho é essencial para traduzir objetivos de desenvolvimento em ações práticas que beneficiem tanto os produtores quanto a sociedade como um todo (Dias, 2008).

Este texto tem como objetivo apresentar as concepções, os objetivos e os campos de atuação dos profissionais da extensão rural no Brasil. Na primeira seção, são apresentadas e discutidas as diferentes concepções que estruturam essa prática. Em seguida, na segunda seção, essas concepções são relacionadas aos objetivos de desenvolvimento que orientam o trabalho desses profissionais. A terceira seção analisa as características essenciais e os principais campos de atuação. Por fim, o texto conclui com uma reflexão sobre os objetivos gerais que guiam essa prática profissional.

Metodologia

Este artigo desenvolve em uma reflexão teórica baseada em revisão bibliográfica, cujo objetivo é discutir concepções, objetivos e campos de atuação da extensão rural no Brasil. A metodologia adotada foi não sistemática, com seleção de materiais que compõem leituras habituais sobre o tema, complementada por buscas na internet para identificar artigos e textos específicos para permitir discutir questões relevantes para a análise proposta.

A seleção dos materiais partiu de uma abordagem qualitativa, priorizando artigos científicos e livros que tratam da extensão rural em suas dimensões históricas, conceituais

e práticas. Embora não tenha sido aplicado um critério rígido de inclusão ou exclusão, buscou-se privilegiar fontes que oferecessem perspectivas diversas e relativamente atualizadas sobre o tema. Não houve recorte temporal, privilegiando-se o conteúdo apresentado e sua contribuição para a argumentação aqui apresentada.

A análise dos materiais foi realizada de forma interpretativa, buscando identificar convergências, divergências e lacunas nas discussões sobre a extensão rural. A partir disso, foram elaboradas reflexões críticas que articulam as diferentes perspectivas encontradas, com o intuito de contribuir para o debate acadêmico e aplicado sobre o papel da extensão rural no desenvolvimento agrícola e rural brasileiro e, mais especificamente, sobre as práticas profissionais.

Resultados e Discussão

Concepções de extensão rural e ação extensionista

O termo extensão rural refere-se a um amplo conjunto de práticas profissionais que incluem fornecer informações, difundir conhecimentos, disseminar técnicas ou tecnologias ou promover aprendizado. A atuação dos extensionistas pode ocorrer por meio da oferta de assistência, orientação, aconselhamento, assessoramento ou consultoria a agricultores e produtores rurais (Christoplos, 2010).

A extensão rural pode ter como objetivo a difusão de técnicas agropecuárias para melhorar o desempenho produtivo, realizada por meio de assistência ou orientação direta aos agricultores. Também pode focar no apoio à gestão de processos e cadeias produtivas, incluindo administração, agregação de valor, marketing, certificação e comercialização, muitas vezes conduzida como práticas de assessoramento[2]. Além disso, a extensão rural pode buscar mudanças sociais mais amplas, promovendo o associativismo, a cooperação, a formação de redes e o diálogo político entre agentes em um território específico (Rivera; Qamar, 2003). Neste sentido, definimos a ação extensionista como uma intervenção especializada e pontual, característica da assistência técnica; e, em outros casos, como processos continuados e sistêmicos de assessoramento, apoio, suporte ou facilitação de processos (Cook *et al*., 2021).

[2] Esta visão da extensão é reconhecida internacionalmente como "extensão agrícola". Nesta concepção, a extensão teria papel primordial no aprimoramento das técnicas produtivas para aumento de rendas, que proporcionariam melhorias na qualidade de vida das populações rurais (Swanson; Claar, 1984).

A ação extensionista, portanto, abrange diversos campos da atividade agropecuária e pode ocorrer de diferentes formas, desde a divulgação de informações até processos educativos não formais, nos quais estratégias de ensino-aprendizagem são aplicadas para desenvolver novas capacidades técnicas e organizativas (Caetano, 1994). Trata-se de uma prática profissional ampla, que busca integrar e complementar as dimensões técnicas, econômicas, sociais e ambientais da agropecuária, reconhecendo-a como um empreendimento socioeconômico dinâmico e complexo.

Quando a ação extensionista se limita aos elementos técnicos da produção, a denominamos de "assistência técnica"[3]. Nesse caso, o extensionista atua como especialista em um tema específico, fornecendo orientação e/ou assistência ao produtor. O foco é direcionar o uso eficiente de produtos (como fertilizantes), artefatos (máquinas ou implementos) ou processos (como o manejo produtivo). Nessa modalidade os conhecimentos técnicos das Ciências Agrárias são a base para a intervenção profissional.

Já o conceito de extensão rural amplia o escopo da intervenção, incluindo não apenas aspectos técnicos relacionados à produção, mas também elementos que visam promover o aprimoramento socioeconômico da atividade agropecuária (Ozelane; Machado, 2002). Nessa concepção, o profissional lida com mudanças que vão além da dimensão técnico-produtiva, abrangendo questões como gestão, acesso a mercados, associativismo, organização comunitária, sustentabilidade e melhoria da qualidade de trabalho e vida no meio rural (Zwane, 2012).

Neste sentido, esta concepção ampla da extensão rural, que orienta de um modo geral a atuação do serviço público, se vincula a objetivos de desenvolvimento social. Além do incremento produtivo, a extensão rural assume papel relevante no apoio a estratégia de sustentabilidade, adaptação a mudanças climáticas e qualificação de acesso a mercados. Quando o trabalho é direcionado a agricultores de base familiar, a ação extensionista busca apoiar estratégias como a diversificação de rendas (pluriatividade e rendas não agrícolas)[4], transição agroecológica, acesso a políticas públicas (regularização fundiária, segurança alimentar, educação, saúde, previdência social, crédito etc.), comercialização (associativismo, certificação, compras governamentais, planos de negócios) e integração a cadeias ou arranjos produtivos (Christoplos, 2008).

---

[3] Nos Estados Unidos e na Europa é comum a denominação "agricultural extension" e o foco na assistência técnica. No Brasil, "extensão rural" é a denominação mais utilizada.

[4] Estas estratégias podem ser definidas como "meios de vida" ("livelihoods", na literatura científica internacional) (Ellis, 2000).

Da mesma forma que os agricultores familiares, médios e grandes produtores demandam orientação técnica e assessoramento para lidar com inovações tecnológicas, regulamentações legais (ambientais e trabalhistas), certificação de produtos ou processos, digitalização de processos produtivos ou gerenciais, exigências de mercados (qualidade de produtos e processos), conflitos socioambientais, entre outros temas.

Em síntese, a extensão rural, como prática profissional (e como serviço público) não se limita ao âmbito técnico-produtivo. Ela abrange situações em que diferentes formas de organização social da produção (familiar, coletiva ou empresarial) buscam estratégias para integrar a produção em redes de geração de renda, promovendo qualidade de trabalho e vida e sustentabilidade socioambiental. Nesta concepção, além de fundamentar-se em referenciais técnico-científicos das Ciências Agrárias, a atuação do extensionista envolve outras dimensões e conhecimentos que possibilitem superar as limitações ambientais e sociais da agropecuária como atividade meramente extrativista[5].

No contexto de interação de agricultores e produtores rurais com mercados diversificados, demandas por justiça ambiental (Hellin *et al*. 2009) e inclusão socioprodutiva (Favareto *et al*., 2023), as práticas profissionais buscam fundamentos em conhecimentos das Ciências Humanas e Sociais para orientar seu trabalho[6]. Isso evidencia a distinção entre assistência técnica, focada em aspectos técnico-produtivos e intervenções pontuais, e extensão rural, que considera mudanças sociotécnicas em suas múltiplas dimensões[7].

Considerando esta diferenciação entre práticas profissionais, a assistência técnica concentra-se na difusão de técnicas ou tecnologias, com o extensionista atuando como especialista em aspectos pontuais ou específicos de um sistema produtivo ou de uma

[5] SVAMPA (2019) utiliza o termo "neoextrativismo" para definir um modelo de desenvolvimento baseado na superexploração de bens naturais sem que haja a devida preocupação com conservação ou recuperação de área exploradas e degradadas.

[6] Esta distinção, entre Ciências Humanas e Sociais, é referendada, no Brasil, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). As Ciências Humanas abarcam: antropologia, arqueologia, ciência política, educação, filosofia, geografia, história, psicologia, sociologia e teologia. Já as Ciências Sociais aplicadas, de acordo com o CNPq, abrangem, dentre outras disciplinas: direito, administração, economia, arquitetura e urbanismo, demografia, ciência da informação, serviço social, comunicação e economia doméstica.

[7] Uma leitura introdutória a respeito da "abordagem sociotécnica" é disponibilizada em Garcia (1980).

cadeia de produção[8]. Essa abordagem pode, no entanto, a depender do tipo de sistema ou cadeia, ser insuficiente por desconsiderar implicações sistêmicas de mudanças ou inovações técnicas, como impactos econômicos, sociais e ambientais (Pinheiro, 2000).

Já a extensão rural, na perspectiva teórica anteriormente apresentada, reconhece a complexidade das mudanças sociotécnicas e suas inter-relações nos sistemas de produção. O profissional é desafiado a avaliar os impactos sistêmicos das inovações, considerando sua complexidade[9]. Por exemplo, a mecanização pode resolver problemas de custo ou escassez de força de trabalho, aumentando a produtividade, mas, por outro lado, pode impactar negativamente os solos, gerando necessidade de alternativas conservacionistas. Ganhos de produção e produtividade, por sua vez, criam demandas por novas estratégias de logística e comercialização, outro exemplo do impacto sistêmico das inovações (Graziano da Silva, 2003).

De acordo com esta argumentação, consideramos que a assistência técnica é uma das modalidades da extensão rural. O conceito ampliado define a prática profissional do extensionista como um tipo de ação que apoia mudanças para o aprimoramento socioeconômico da agropecuária, intervindo (direta ou indiretamente) em todas as dimensões que caracterizam os processos de desenvolvimento, seja agrícola ou rural (Basso *et al*., 2003).

Extensão para que tipo de mudança ou desenvolvimento?

A extensão rural está intrinsecamente ligada à promoção de mudanças e inovações, mas não se trata de uma atividade puramente técnica nem politicamente neutra. Sua definição depende do tipo de desenvolvimento que se deseja promover, que é influenciado pelos interesses do Estado, dos agentes de mercado ou dos próprios agricultores. Assim, o desenvolvimento agropecuário resulta de decisões sobre objetivos econômicos, ambientais e sociais (Favareto, 2007).

[8] O extensionista pode e deve se especializar em um tema específico. O domínio desse tema e a qualificação profissional são essenciais para o desempenho eficaz de suas atividades. No entanto, é importante destacar que, ao lidar com problemas complexos, a atuação especializada deve estar integrada às diversas dimensões que compõem o desenvolvimento rural como um sistema. Para isso, o especialista precisa atuar em equipes multidisciplinares, incorporando seu conhecimento a objetivos sistêmicos e complexos. Dessa forma, é possível formular intervenções holísticas, conectando soluções pontuais a estratégias amplas de mudança, aprimoramento ou desenvolvimento de sistemas socioprodutivos.

[9] A inovação, na perspectiva sociotécnica, é compreendida como resultado de uma ação coletiva, mais do que uma decisão individual. Esta abordagem confere importância às trocas de informações e conhecimentos, à interação e às decisões que são tomadas pelos atores envolvidos em um processo em que inovações ou mudanças são demandadas ou propostas (Biazzi Jr., 1994).

Essas decisões – o que fazer, como e com quem – refletem a natureza política da ação do Estado e das políticas públicas (Lascoumes, 2012), que estruturam a extensão rural como um serviço e uma prática profissional. A ação extensionista surge de escolhas, negociações e acordos que traduzem, no contexto local, as intenções do Estado, da sociedade civil e/ou de agentes de mercado. Por exemplo, se o Estado busca promover a pecuária leiteira com base no conceito de "qualidade do leite"[10], como essa intenção se transforma em ações locais fomentadas pela extensão rural? Seria mais adequado ou eficaz iniciar com um diagnóstico da produção local para identificar características e demandas particulares ou replicar um modelo bem-sucedido em outra região? Transferir tecnologias com evidência de sucesso ou incentivar a adaptação tecnológica às condições e características do contexto de sua implementação? Investir em ações educativas sobre práticas sustentáveis de manejo ou manter métodos tradicionais, mesmo que potencialmente degradantes dos bens naturais? Fomentar o associativismo e autonomia dos produtores ou a incentivar contratos individuais destes com os laticínios? E, não menos importante, quem seriam os envolvidos ou beneficiados pela ação pública: produtores com "perfil ideal" ou todos os interessados, incluindo aqueles com menos recursos ou experiência?

Essas questões reforçam que a extensão rural, como intervenção para promover mudanças técnicas e sociais, resulta de decisões políticas. Em sociedades democráticas, o ideal seria que todos os envolvidos por determinadas questões ou problemas sociais pudessem participar das decisões, considerando seus conhecimentos, experiências; as características socioambientais do contexto, os recursos disponíveis e o desejo de promover o bem comum. Neste caso, a política pública seria resultante do diálogo entre diferentes visões e objetivos presentes em determinado território (Dias, 2024).

Esse exemplo também ilustra que o significado da extensão rural é definido tanto pelos objetivos de desenvolvimento predominantes em uma sociedade quanto pelas práticas que, em cada contexto, atribuem sentidos específicos à ação extensionista[11]. A mudança desejada e a ações que dela derivam variam conforme o contexto e as decisões tomadas (Diesel *et al*., 2002).

[10] Este exemplo foi elaborado considerando parte da argumentação apresentada em Ruiz; Oregui (2001).

[11] De acordo com Pinheiro (2000), o enfoque sistêmico permite compreender a interação dos agentes com o meio em que interagem, induzindo a elaboração de soluções holísticas diante do diagnóstico de problemas complexos.

Podemos considerar que, tradicionalmente, os objetivos de desenvolvimento são delineados pelo Estado (composto pelos poderes judiciário, legislativo e executivo), que busca concretizá-los por meio de políticas públicas, programas e projetos. No entanto, organizações da sociedade civil, movimentos sociais e o setor privado também influenciam a extensão rural, cada um com suas demandas e prioridades. Enquanto o Estado, as organizações civis e os movimentos sociais tendem a focar no bem-estar comum na denúncia e na redução de desigualdades (Dias, 2008), o setor privado tende a priorizar eficiência econômica e lucro (empresarial ou de investidores), nem sempre alinhados ao interesse público (Diniz; Boschi, 2023).

Assim, concluímos que a extensão rural pode assumir diferentes significados e formatos, dependendo de quem a financia e a realiza, de acordo com os objetivos perseguidos. Por um lado, ela pode servir a interesses coletivos, como o combate à pobreza, a preservação ambiental, a regularização fundiária e a transição para agriculturas sustentáveis (Leles *et al*., 2012). Por outro, pode atender a interesses privados, como no caso da integração de agricultores familiares a agroindústrias (milho, fumo, avícola, suína, por exemplo) (Breitbach, 2014; Meneghello *et al*., 1999) atendendo aos objetivos de lucro, concentração de renda e patrimônio pelo setor empresarial[12].

Em síntese, para entender a diversidade da extensão rural, é essencial considerar quatro elementos principais:

a) As diferentes orientações políticas que definem os objetivos das mudanças promovidas;
b) Os contextos locais, que facilitam ou dificultam a implementação das políticas públicas;
c) Os formatos e capacidades organizacionais que viabilizam ou prejudicam as práticas profissionais;
d) Os tipos de interação estabelecidos com agricultores e produtores em cada situação contextualizada.

Essas características gerais servem como pano de fundo para que as "características essenciais" da extensão rural sejam adaptadas a contextos específicos, resultando em configurações particulares que configuram distintas modalidades da ação extensionista. Isso explica por que a prática profissional pode assumir formas tão diversas para alcançar seus objetivos.

[12] Nesta mesma linha argumentativa, Guthman (2017) analisa o caso dos produtores de morango na Califórnia, Estados Unidos.

Características essenciais e campos de atuação da extensão

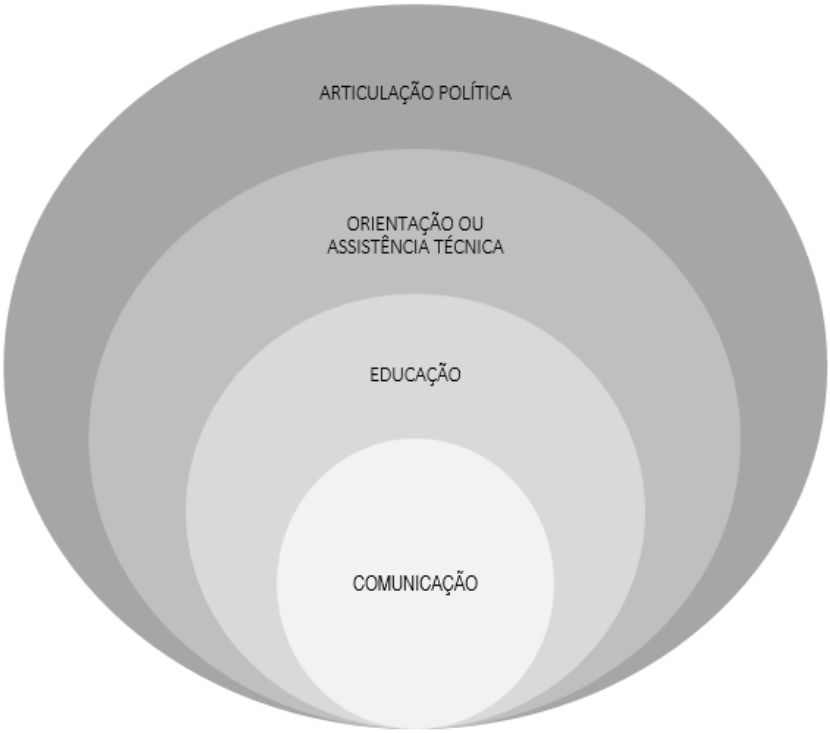
Até aqui, discutimos a diversidade de concepções e práticas da extensão rural. Mas quais seriam as características essenciais da ação extensionista? Essas características podem ser entendidas como um conjunto de conhecimentos, habilidades e competências necessários para o exercício eficaz da profissão. Em sua interação com agricultores e produtores rurais, o extensionista deve demonstrar capacidade de comunicação, aptidão para aprender (por meio de diagnósticos e análises) e para ensinar, criando ambientes de aprendizado que facilitem a implementação das mudanças propostas e acordadas.

Aprender e ensinar são requisitos fundamentais para aconselhar, orientar e assessorar, promovendo diálogo, trocas e interações que definem o trabalho do extensionista como técnico, mediador, facilitador de processos, educador e articulador de atores sociais e instituições em torno de interesses comuns.

As características essenciais da ação extensionista representam, portanto, o conjunto de conhecimentos, habilidades e competências que fundamentam a prática profissional. Para melhor compreendê-las, diferenciamos quatro "campos inter-relacionados da ação extensionista", cada um composto por referências teóricas, procedimentos e instrumentos metodológicos que embasam a atuação profissional. Conforme ilustrado na Figura 1, esses campos são: comunicação, educação, orientação ou assistência técnica e articulação política.

Cada campo compõe um conjunto de referências aos extensionistas para planejar e estabelecer relações profissionais com agricultores, produtores e suas organizações. Dessa forma, a ação extensionista define-se como uma prática profissional baseada em conhecimentos aplicados que permitem planejar intervenções e direcionar interações com os agricultores para alcançar objetivos de inovação e mudança social.

Figura 1: Campos inter-relacionados da ação extensionista.



Os campos de ação da extensão rural estão relacionados a demandas de atuação profissional e ao diálogo com teorias sociais, que lhes fornecem fundamentação. Essas demandas buscam responder, nos contextos locais, aos desafios da interação com os agricultores e as necessidades de suporte às propostas de mudança ou inovação. No esquema apresentado na Figura 1, a comunicação é a base da ação profissional, seja para divulgar informações ou para construir diálogos e interlocuções. O segundo campo, a educação, entendida como prática de ensino-aprendizado, está intrinsecamente ligada à comunicação, pois ocorre por meio da interação entre sujeitos em torno de um ato de conhecimento (Freire, 1988).

O terceiro campo, a orientação ou assistência técnica, refere-se ao conjunto de conhecimentos, métodos e instrumentos aplicados à instrução ou ao aconselhamento para o desenvolvimento de habilidades e capacidades. Essa assistência ou orientação pode assumir diversas formas, mas depende fundamentalmente da comunicação e de práticas educativas para viabilizar diálogos e aprendizado.

Por fim, o quarto campo, a articulação política, destaca-se pelas atividades que visam criar e fortalecer vínculos sociais entre agentes de um território, facilitando decisões coletivas e promovendo processos de inovação e mudança baseados em respostas a demandas e características locais.

Um aspecto central dessa concepção é a inter-relação entre os campos de ação. Por exemplo, uma ação extensionista focada na comunicação também possui componentes educativos e pode servir como instrumento de orientação ou assessoramento técnico. Da mesma forma, a comunicação é essencial para articular atores envolvidos em processos como a comercialização, que, por sua vez, frequentemente exigem atividades educativas e de assessoramento técnico. Essa dinâmica evidencia a complementaridade e a interligação entre os quatro campos.

A interação entre esses campos moldou os diversos tipos e modalidades da extensão rural ao longo do tempo (Leewis, 2004). Historicamente, a extensão rural surgiu vinculada à comunicação e à divulgação de informações científicas. No entanto, a simples transmissão de mensagens mostrou-se limitada para provocar mudanças sociais, o que levou à incorporação de práticas educativas (Fonseca, 1985).

Com o tempo, os objetivos de modernização técnica e gerencial da agricultura, alinhados aos interesses de mercado, demandaram ações mais diretas e imediatas, como a difusão de tecnologias e a assistência técnica, em detrimento de processos educativos de médio e longo prazo. Recentemente, a literatura internacional tem destacado o papel da extensão rural como articuladora de conhecimentos, interesses e políticas, voltada para iniciativas de desenvolvimento rural que priorizam a sustentabilidade ambiental, a redução da pobreza e a diminuição das desigualdades sociais (Klerks *et al*., 2012; Diesel; Dias, 2016).

Além dessas mudanças gerais, cada campo de ação evoluiu ao longo do tempo, influenciado pela avaliação de experiências, pelo aprendizado prático e pelo avanço das teorias que os fundamentam. Assim, os quatro campos apresentam grande diversidade interna, que se manifesta de acordo com os objetivos da intervenção e o contexto em que ela ocorre. Essa diversidade se reflete na variedade de concepções, modelos, abordagens e formatos organizativos das práticas de extensão rural (Raison, 2014).

Objetivos da ação extensionista

Considerando as características e os campos de ação da extensão rural apresentados anteriormente, bem como a diversidade de concepções e práticas observáveis, é possível identificar quatro objetivos básicos e inter-relacionados que compõem as atribuições de agentes e organizações que atuam nessa área:

a) Transferir, difundir ou estabelecer diálogos sobre conhecimentos, técnicas e tecnologias agrícolas, com o objetivo de estimular, orientar ou assessorar processos de inovação sociotécnica;
b) Promover processos de ensino-aprendizagem com agricultoras/es e produtoras/es rurais, visando ao desenvolvimento de capacidades individuais e coletivas para a adoção de inovações sociotécnicas[13];
c) Prestar serviços de assistência técnica, aconselhamento, consultoria ou assessoramento, orientando decisões relacionadas a mudanças técnicas e organizativas;
d) Facilitar a articulação política entre atores sociais, intermediando interesses, negociando conflitos, construindo consensos e fomentando capacidades de coordenação para ações coletivas que promovam o desenvolvimento rural.

Ao longo da história da extensão rural, esses objetivos tornaram-se mais complexos. A prática demonstrou que a comunicação unidirecional e a simples transferência de conhecimentos e tecnologias não eram suficientes para garantir a efetividade das inovações. Foi necessário desenvolver capacidades individuais e coletivas, tanto de agricultores quanto de extensionistas, para que as inovações fossem adaptadas aos contextos locais e gerassem impactos socioeconômicos positivos e duradouros (Rogers, 1995; Ingram, 2008).

Assim, a mudança ou inovação, especialmente nas agriculturas tradicionais e de base familiar, passou a ser entendida não como a replicação de modelos prontos, mas como um processo de adaptação sociotécnica (Chambers, 1983). Esse processo considera as demandas locais, as particularidades socioeconômicas e ambientais, a disponibilidade de recursos e a necessidade de serviços públicos, entre outros fatores. Dessa forma, as inovações precisam ser significativas e apropriadas à diversidade de contextos, culturas e organizações dos agricultores (Medeiros; Cazella, 2016).

Os quatro objetivos da extensão rural são inter-relacionados. A comunicação e o diálogo são essenciais para os processos de ensino-aprendizagem, que, por sua vez, são fundamentais para a assistência técnica e a orientação. Da mesma forma, a articulação

[13] Estes processos podem envolver a geração e utilização de técnicas e tecnologias agropecuárias, a economia doméstica, a gestão produtiva, o gerenciamento de negócios agropecuários, o associativismo e a articulação política com agentes sociais diversos, dentre outros temas.

política depende da capacidade de comunicação, educação e orientação técnica para construir consensos e coordenar ações coletivas.

Esses objetivos estão voltados ao desenvolvimento de novas capacidades por parte dos agricultores, produtoras e suas organizações. Tais capacidades exigem avaliação e aprimoramento constantes, dada a rapidez e a imprevisibilidade das mudanças sociais e econômicas (Cimadevilla, 2003). Isso reforça a necessidade de uma relação contínua entre agricultoras/es e extensionistas, por meio de assistência técnica, aconselhamento, consultoria e assessoramento.

Por fim, em sociedades complexas e diversas, as mudanças e inovações raramente alcançam consenso. Por este motivo dependem da formação de redes de colaboração e suporte. Essas redes facilitam a tomada de decisões coletivas, a representação de interesses e a coordenação de relações interdependentes (Flichy, 2007). Esses elementos ampliam as atribuições das pessoas e organizações que atuam na extensão rural, resultando em formatos diferenciados de organização e prática (Sulaiman; Davis, 2012).

Considerações Finais

A extensão rural no Brasil consolidou-se como um instrumento fundamental para promover mudanças técnicas e sociais no meio rural, atuando como ponte entre políticas públicas, inovações tecnológicas e as necessidades dos agricultores. Ao longo de sua história, evoluiu de um modelo focado na modernização agrícola e na transferência de tecnologias para uma abordagem mais ampla, que incorpora temas como sustentabilidade, agroecologia e inclusão social. Essa evolução reflete a complexidade do desenvolvimento rural, que exige não apenas o aumento da produtividade, mas também a promoção de equidade social, conservação ambiental e melhoria da qualidade de vida no campo, principalmente quando tratamos do público das agriculturas familiares.

Os quatro campos de ação da extensão rural – comunicação, educação, orientação técnica e articulação política – demonstram a multidimensionalidade da prática extensionista. Esses campos não atuam de forma isolada, mas inter-relacionam-se para promover mudanças sociotécnicas adaptadas aos contextos locais. A comunicação e o diálogo são a base para processos de ensino-aprendizagem, que, por sua vez, sustentam a assistência técnica e a articulação política. Essa integração é essencial para garantir que as inovações sejam não apenas tecnologicamente eficazes, mas também socialmente justas e ambientalmente sustentáveis.

No entanto, os desafios da extensão rural no Brasil são significativos. A diversidade de contextos socioeconômicos, a necessidade de adaptação às mudanças climáticas e a pressão por resultados imediatos exigem que os extensionistas desenvolvam habilidades multifacetadas e atuem em equipes multidisciplinares. Além disso, a extensão rural deve equilibrar interesses muitas vezes conflitantes, como os do Estado, do setor privado e dos próprios agricultores, buscando sempre o bem comum e a promoção de um desenvolvimento rural inclusivo e sustentável.

Por fim, a extensão rural deve ser entendida como uma prática profissional em processo contínuo de aprendizado e adaptação. Seu sucesso depende da capacidade de integrar conhecimentos técnicos, sociais e ambientais, bem como de promover a participação ativa dos agricultores e suas organizações. Nesse sentido, a extensão rural não é apenas um serviço, mas um direito essencial para o desenvolvimento rural, capaz de transformar realidades e construir um futuro mais justo e sustentável para o campo brasileiro.

Referências

BASSO, D., DELGADO, N. G., SILVA NETO, B. O estudo de trajetórias de desenvolvimento rural: caracterização e comparação de diferentes abordagens. **Desenvolvimento em Questão**, v.1, n.1, p. 73-105, jan./jun. 2003.

BIAZZI JR., F. A conveniência e a viabilidade da implementação do enfoque sócio-técnico. **Revista de Administração de Empresas**, v.34, n.1, p. 30-37, jan./fev. 1994.

BRANDEMBURG, A. Extensão rural: missão cumprida. Humanas, n.2, p. 47-58, 1993.

BREITBACH, A. C. M. A região de Santa Cruz do Sul e o fumo: panorama de uma "especialização" nociva. **Índic. Econ. FEE**, v. 42, n.1, p. 43-62, 2014.

CAETANO, J. **O processo educativo não-formal da extensão rural**. Porto Alegre: Emater/RS, 1994. 36 p.

CAPORAL, F. R., COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e extensão rural**: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. Brasília: MDA/ICA, 2004. 166 p.

CHAMBERS, R. **Rural development**: putting the last first. London: Longman, 1983. 256 p.

CHRISTOPLOS, I. Agricultural advisory services and the market. **Natural Resource Perspectives**, March 2008.

CHRISTOPLOS, I. **Mobilizing the potential of rural and agricultural extension**. Rome: FAO/GFRAS, 2010. 59 p.

CIMADEVILLA, G. La naturaleza no natural de la extensión rural. In: THORNTON, R., CIMADEVILLA, G. **La extensión en debate: concepciones, retrospectivas, cambios e estrategias para el Mercosur**. Buenos Aires: INTA, 2003, p. 66-108.

COELHO, F. M. G. **A arte das orientações técnicas no campo**: concepções e métodos. 2ª ed. rev. ampl. Viçosa: Suprema, 2014. 188 p.

COOK, B. R., SATIZÁBAL, P., CRUNOW, J. Humanising agricultural extension. **World Development**, 140, 2021. Doi: 10.1016/j.worlddev.2020.105337.

DIAS, M. M. As mudanças de direcionamento da Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Pnater) face ao difusionismo. **Olkos**, v.18, n.2, p. 11-21, 2007.

DIAS, M. M. Políticas públicas de extensão rural e inovações conceituais: limites e potencialidades. **Perspectivas em Políticas Públicas**, v.1, n.1, p. 101-114, 2008.

DIESEL, V., DIAS, M. M. The Brazilian experience with agroecological extension: a critical analysis of reform in a pluralistic extension system. **Journal of Agricultural Education and Extension**, v.22, n.5, p. 415-433, 2016. Doi: https://doi.org/10.1080/1389224X.2016.1227058.

DIESEL, V., DIAS, M. M., NEUMANN, P. Pnater (2004-2014): da concepção à materialização. In: GRISA, C., SCHNEIDER, S. (Orgs.). Políticas públicas de desenvolvimento rural no Brasil. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2015, p. 107-128.

DIESEL, V., SILVEIRA, P. R. C., NEUMANN, P., RAUPP, A. Visões sobre desenvolvimento e extensão rural. *In*: Jornadas Nacionales de Extensão Rural, XI; Jornadas de Extensión del Mercosur, III. Santa Maria, 2002 **Anais** [...] Santa Maria, 2002, p. 1-16.

DINIZ, E., BOSCHI, R. R. Empresariado e estratégias de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v.18, n.52, p. 15-33, jun. 2003.

ELLIS, F. **Rural livelihoods and diversity in developing countries**. Oxford, UK: Oxford University Press, 2000. 273 p.

FAVARETO, A. **Paradigmas do desenvolvimento rural em questão**. São Paulo: IGLU: FAPESP, 2007. Páginas: 224 p.

FAVARETO, A., VAHDAT, V., FAVARÃO, C., FERNANDES, B. **Relatório Inclusão Produtiva no Brasil Rural e Interiorano 2022**. São Paulo: CEBRAP, 2023. 150 p.

FLICHY, P. **Understanding technological innovation**: a socio-technical approach. London: Edward Elgar Publishing Limited, 2007. 208 p.

FONSECA, M. T. L. **A extensão rural no Brasil**: um projeto educativo para o capital. São Paulo: Edições Loyola, 1985. 191 p.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 9ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988. 93 p.

GARCIA, R. M. Abordagem socio-técnica: uma rápida avaliação. **Rev. Adm. Empresas**, v.20, n.3, p. 71-77, jul./set. 1980. Doi: https://doi.org/10.1590/S0034-75901980000300006.

GRAZIANO DA SILVA, J. **Tecnologia e agricultura familiar**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. Páginas: 240 p.

GUTHMAN, J. Life itself under contract: rent-seeking and biopolitical devolution through partnerships in California's strawberry industry. **The Journal of Peasant Studies**, v.44, n.1, p. 100-117, 2017. Doi: 10.1080/03066150.2016.1217843.

HELLIN, J., LUNDY, M., MADELON, M. Farmer organization, collective action and market access in Meso-America. **Food Policy**, v.34, n.1, p. 16-22 Feb. 2009.

INGRAM, J. Agronomist-farmer knowledge encounters: an analysis of knowledge exchange in the context of best management practices in England. **Agric. Hum. Values**, n.25, p. 405-418. 2008. Doi: 10.1007/s10460-008-9134-0.

KLERKS, L., SCHUT, M., LEEUVIS, C., KILELU, C. Advances in Knowledge Brokering in the Agricultural Sector: Towards Innovation System Facilitation. **IDS Bulletin**, v.43, n.5, Sept. 2012. Doi: 10.1111/j.1759-5436.2012.00363.x.

LASCOUMES, P., LE GALÈS, P. **Sociologia da ação pública**. Maceió: EDUFAL, 2012. 244 p.

LEEUVIS, C. **Communication for rural innovation**: rethinking agricultural extension. 3rd ed. London: Blackwell Science Ltda.; Blackwell Publishing Company, 2004. 412 p. Doi: 10.1002/9780470995235.

LELES, D. A., COELHO, F. M. G., DIAS, M. M. A necessidade das intervenções: extensão rural como serviço ou como direito? **Interações**, v.13, n.1, p. 69-80, jan./jun. 2012. Doi: 10.1590/S1518-70122012000100007.

MEDEIROS, M., CAZELLA, A. A. Mudanças tecnológicas em campo: do surgimento de um novo código sociotécnico à concepção de processos desviantes de desenvolvimento rural. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 38, p. 683-702, ago 2016. Doi: https://doi.org/10.5380/dma.v38i0.43888.

MENDONÇA, S. R. Extensão rural e hegemonia norte-americana no Brasil. **História Unisinos**, v.14, n.2, p. 188-196, maio/agosto 2010.

MENEGHELLO, G. E., KOHLS, V. K., BARUM, A. O., BEZERRA, A. J. A., RIGATTO, P. Sistemas integrados de frangos e suínos: uma visão dos produtores. **Rev. Bras. de Agrociência**, v.5 n.2, p. 166-170. mai-ago.1999.

OZELAME, O., MACHADO, J. A. D., HEGEDEUS, P. O enfoque sistêmico na extensão: desde sistemas "hard" a sistemas "soft". **Agrociencia**, v.6, n.2, p. 53-60, 2002.

PINHEIRO, S. L. G. O enfoque sistêmico e o desenvolvimento rural sustentável: uma oportunidade de mudança da abordagem hard-systems para experiências com soft-

systems. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.1, n.2, p. 27-37, abr./jun. 2000.

RAISON, B. Doing the work of extension: three approaches to identify, amplify, and implement outreach. **Journal of Extension**, v.52, n.2, April 2014. Doi: 10.34068/joe.52.02.18.

RIVERA, W. M., OAMAR, M. K. **Agricultural extension, rural extension and the food security challenge**. Rome: FAO, 2003. 95 p.

ROGERS, A. A extensão rural de terceira geração: em direção a um modelo alternativo. **Atualização em Agroecologia**, n.28, p.9-11, jul. 1995.

RUIZ, R., OREGUI, L. M. El enfoque sistémico en el análisis de la produção animal: revisión bibliográfica. **Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.**, v.16, n.1, p. 29-61, 2001.

SEIFFERT, R. Q. Guerra-Fria e estratégicas ideológico-sociais da extensão rural (1946-1963). **Boletim de Ciências Sociais**, n.46, p.5-28, jul./set. 1987.

SULMMAN, V., DAVIS, K. The "new extensionist": roles, strategies, and capacities to strengthen extension and advisory services. Lindau, Switzerland: GFRAS, 2012. 145 p.

SVAMPA, M. As fronteiras do neosxtrativismo na América Latina. São Paulo: Elefante, 2019. 192p.

SWANSON, B. E., CLARR, J. B. Defining extension agriculture: a reference manual. Alternative models and recent trends in organizing agriculture extension. Rome: FAO, 1994. 312 p.

ZWANE, E. M. Does extension have a role to play in rural development? **South African Journal of Agricultural Extension**, v.40, p. 16-24, 2012.

CAPÍTULO 2

ESTUDO DAS CULTIVARES DE *Cannabis sativa* PARA FINS MEDICINAIS EM PRODUÇÃO "INDOOR"

STUDY OF Cannabis sativa CULTIVARS FOR MEDICINAL PURPOSES IN "INDOOR" PRODUCTION

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.02

Submetido em: 13/03/2025
Revisado em: 20/03/2025
Publicado em: 25/03/2025

Gabriel Cintra Mendes
Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia-BA
Carla F. de Cerqueira
Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia-BA
http://lattes.cnpq.br/4893133621736802
Julia Sampaio B. Fontes
Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia-BA
http://lattes.cnpq.br/1485766627857901
Adriana Rodrigues Passos
Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia-BA
http://lattes.cnpq.br/1980618320416476
Elielson Souza Rodrigues
Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia-BA
http://lattes.cnpq.br/5941457432431774
Orientador e Coordenador do LBC (Laboratório de Biologia Celular UEFS)

Resumo

Este trabalho tem como objetivo a análise do cultivo de Cannabis sativa com fins medicinais em ambientes controlados (indoor) com enfoque na produção do canabidiol (CBD). Trata-se de uma revisão bibliográfica que utilizou as principais bases de dados como Scielo, pubmed, etc. O CBD, é fundamental para o tratamento de doenças como epilepsia e esclerose múltipla. As condições de cultivo indoor analisadas foram desde a iluminação até a infecção por patógenos. Observou-se que fotoperíodos de no minimo 12 horas são eficazes para a floração da planta. Os controles fitossanitários são necessários para mitigar infecções por patógenos como Botrytis cinerea e Fusarium spp. O estudo contribui com subsídios técnicos para o aprimoramento do cultivo indoor da C. sativa.

Palavras-chave: C. sativa cultivo indoor; C. sativa cultivo indoor revisão; Canabidiol cultivo indoor.

Abstract

This work aims to analyze the cultivation of Cannabis sativa for medicinal purposes in controlled environments (indoors) with a focus on the production of cannabidiol (CBD). This is a bibliographic review that used the main databases such as Scielo, pubmed, etc. CBD is essential for the treatment of diseases such as epilepsy and multiple sclerosis. The indoor cultivation conditions analyzed ranged from lighting to pathogen infection. It was observed that photoperiods of at least 12 hours are effective for plant flowering. Phytosanitary controls are necessary to mitigate infections by pathogens such as Botrytis cinerea and Fusarium spp. The study contributes with technical support for improving the indoor cultivation of C. sativa.

Keywords: C. sativa indoor cultivation; C. sativa indoor cultivation review; Cannabidiol indoor cultivation.

Introdução

O termo Cannabis se refere a um gênero de plantas da família Cannabaceae, dentro da ordem Rosales. O gênero, por sua vez, apresenta três espécies: *C. sativa*, *C. indica* e *C. ruderalis*. Entre os principais canabinóides, destacam-se o THC (tetra-hidrocarbinol), o CBD (canabidiol) e o CBN (canabinol), cada um com diferentes impactos em comorbidades. "Dentre estes, destaca-se o canabidiol (CBD), que tem mostrado potencial no tratamento de diversas doenças, como autismo, epilepsia, ansiedade, entre outras" (GONTIJO *et al*., 2016).

Ao abordar a legislação vigente, incluindo a Resolução RE n° 3.893, de 24 de novembro de 2022, aprovada pela A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), pretende-se contextualizar o cenário regulatório brasileiro e suas implicações na produção e comercialização de produtos de Cannabis para fins medicinais. Nesse contexto, é importante considerar também as questões sociais e políticas relacionadas à legalização do cultivo e à criminalização da substância (ROMAN*I et al.,* 2010).

Praticamente toda a planta da Cannabis pode ser utilizada pela indústria: a semente, a fibra resistente, a flor e o cerne lenhoso, assim pode beneficiar o meio ambiente e a economia rural ao mesmo tempo em que proporciona uma fonte alternativa sustentável de fibra para papel, têxteis e outras finalidades (ROBINSON, 1999). A

Cannabis pode ser cultivada ao ar livre, também conhecido como cultivo outdoor, onde geralmente se utiliza o solo natural do próprio ambiente ou vasos de solo pré-fabricados; O cultivo indoor deve-se processar em espaço fechado, utilizando luz artificial. Uma das principais diferenças entre o cultivo indoor e o cultivo outdoor está na influência do clima sobre as plantas. No cultivo outdoor em cada estação do ano a influência é muito maior, enquanto no indoor os efeitos de temperatura, calor e umidade podem ser controlados ou, pelo menos, amenizados. Outro fator importante é a questão da iluminação.

A Agronomia, como ciência multidisciplinar, desempenha um papel crucial na busca por soluções inovadoras e sustentáveis para desafios contemporâneos na produção de substâncias com potencial medicinal. Nesse sentido, busca-se utilizar os conhecimentos da Agronomia para otimizar as práticas de cultivo indoor, identificando métodos eficientes que promovam o desenvolvimento saudável das plantas e a máxima expressão de seus compostos medicinais. Nesse sentido, permite identificar métodos eficientes que promovam o desenvolvimento saudável das plantas e a máxima expressão de seus compostos medicinais. Ademais, cultivar no interior pode produzir melhores resultados do que cultivar no exterior, caso as condições sejam apropriadas para isto. Os benefícios de cultivar dentro de casa incluem aumento de produtividade, maior controle de qualidade, facilidade de manejo e capacidade de cultivo em espaços menores.

O cultivo indoor, realizado em ambientes fechados com iluminação artificial e controle rigoroso de temperatura e umidade, oferece condições ideais para maximizar o potencial dos cultivares. Essa abordagem se mostra especialmente vantajosa quando comparada ao cultivo ao ar livre, que depende de condições climáticas imprevisíveis e, muitas vezes, desfavoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Ao focar no cultivo indoor, busca-se otimizar as práticas agronômicas, identificando métodos eficientes que promovam o desenvolvimento saudável das plantas e a máxima expressão de seus compostos medicinais. Dessa forma, este trabalho visa contribuir para o avanço do conhecimento sobre o manejo de *Cannabis sativa*, alinhando a produção às exigências rigorosas para aplicações medicinais.

Quando nos referimos ao tipo de cultivo da Cannabis sativa, estamos dando ênfase ao aumento na produtividade de bioativos, concretamente o canabidiol (CBD). Várias propriedades medicinais estão relacionadas a este componente da planta como por exemplo: redução de sintomas de ansiedade, depressão e burnout; Neuroproteção, na proteção de células cerebrais de danos e morte celular; recuperação das funções cognitivas após traumas; Controle de doenças neurodegeneração, desacelerando a

progressão de doenças como a esclerose múltipla, Parkinson e controle de crises epilépticas, onde medicamentos anticonvulsivantes tradicionais não oferecem resultados eficazes (DA COSTA *et al*., 2014 apud GONTIJO, 2016; PESSOA *et al*., 2021).

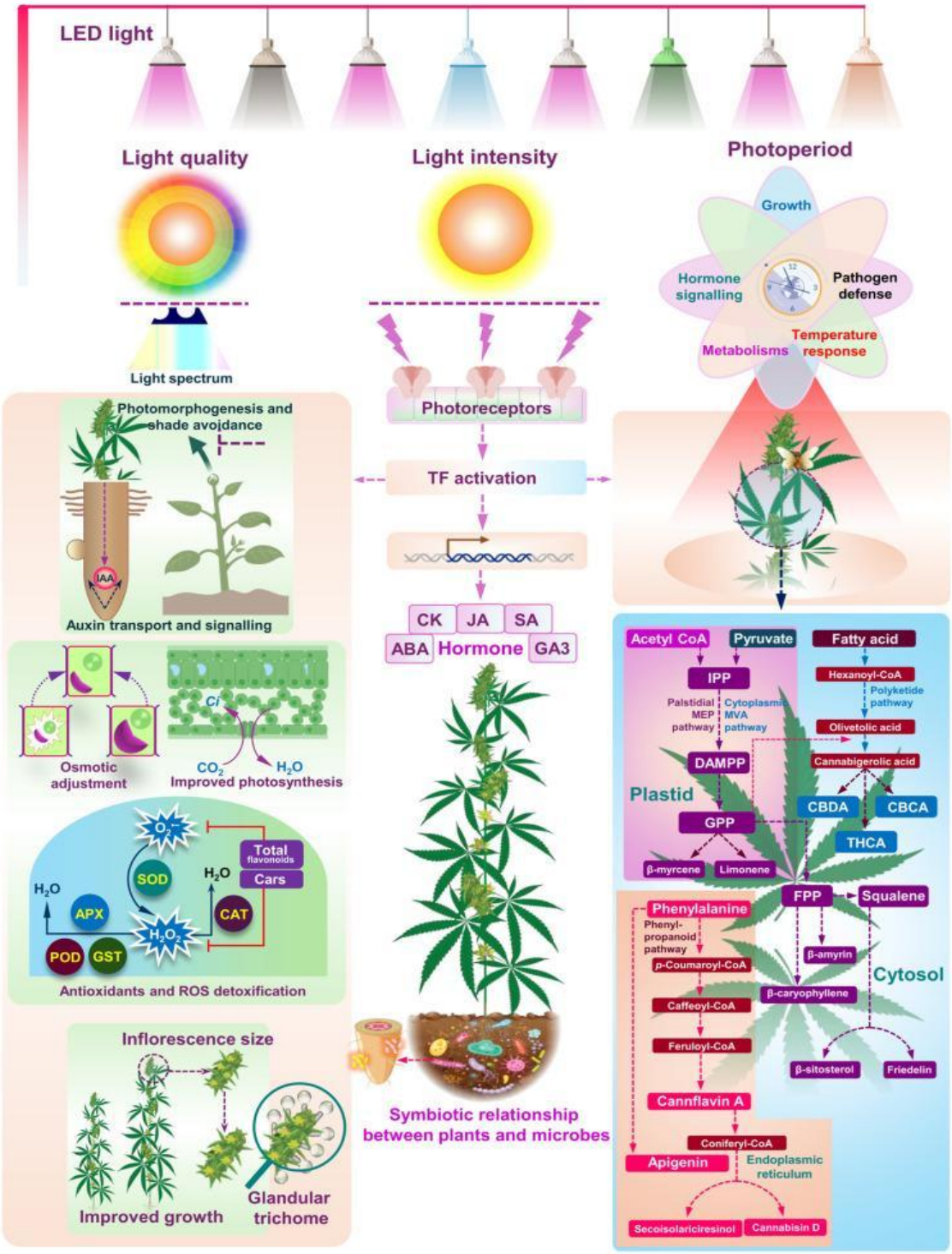
Este trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica sobre os cultivares de *Cannabis sativa* em ambientes controlados, ou seja, o cultivo *Indoor* que maximizem a produção de bioativos para fins medicinais principalmente o CBD.

Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de natureza descritivo-analítica, fundamentada em uma revisão bibliográfica que abrange artigos acadêmicos e publicações técnicas relacionadas ao cultivo de *Cannabis sativa* em ambientes controlados. A pesquisa foi organizada em etapas sistemáticas para assegurar a abrangência e a validade das informações analisadas.

Inicialmente, realizou-se uma busca em bases de dados científicas reconhecidas, como Scielo, PubMed e Google Scholar, utilizando palavras-chave como "tipos de cultivo de Cannabis *(Indoor-Outdoor)* com atenção aos aspectos: Fotoperíodo; Nutrientes; Iluminação no cultivo e Doenças (Figura 1). Foram selecionados 15 artigos de relevância que atendiam aos critérios de análise propostas e com informações sobre técnicas específicas de cultivo em ambientes controlados publicados no período de 2018 e 2023. A modalidade de cultivo *Outdoor* não foi analisada.

Figura 1: Critérios de produtividade da *C. sativa* em cultivo Indoor.



Fonte: (Ahsan SM e Cols, 2024). https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Os dados foram sistematizados e organizados em colunas temáticas, destacando-se os Fotoperíodos mais eficazes para as distintas fases do ciclo de crescimento, avaliando sua influência no rendimento final. No aspecto nutricional, foram analisadas tanto a

aplicação de macronutrientes e micronutrientes essenciais de manejo nutricional que promovem o crescimento saudável das plantas e otimizam a síntese de compostos bioativos. Além disso, foram explorados os tipos de iluminação mais utilizados no cultivo indoor e as principais doenças e pragas que afetam esses cultivares. Os dados das análises estão apresentados na Tabela 1.

Resultados e Discussão

As informações extraídas dos artigos selecionados foram organizadas nas colunas da Tabela 1, facilitando a análise e discussão dos dados.

Tabela 1: Síntese de artigos científicos sobre *Cannabis sativa*, em diferentes análises: tipos de cultivo; Fotoperíodo; nutrientes; iluminação; doenças registradas. Campos com (-) indicam ausência de dados no artigo correspondente.

Artigo	Tipo de cultivo	Fotoperíodo	Nutrientes	Iluminação	Doenças
AHREN.A. Cols, 2024	Indoor	12 a 15 horas	-	Efeito de diferentes períodos	
ZHANG, M, e Cols, 2021	Indoor	12 a 18 horas	Osmocote Plus 15-9-12, para fornecer nutrientes.	Ciclos de luz variados	-
SCHILLING, S. e Cols, 2023	Indoor	8h a 16h e Luz contínua	-	-	-
LLEWELLYN D, e Cols, 2022	Indoor	12h - floração 16h - cultivo	Gro A e Gro B, 5 mL/L	Variação de intensidades de luz (600, 800 e 1.000 µmol)	-
RODRIGUEZ-MORRISON V, e Cols, 2021	Indoor	Inicialmente 18h, 12h durante o crescimento vegetativo	Solução com Ca, N, Mg, P, K	Intensidade da luz entre 200 a 1,600 µmol·m−2·s−1,	-
MOHER, M, e Cols, 2022	Indoor	≥16 horas	-	Alta demanda de energia	-
PUNJA, Z. K, 2024	Indoor	18h - Fase vegetativa, 12h - Fase de floração	Nitrogênio (60 a 210 mg/L)	Luz solar com lâmpadas de vapor de mercúrio	-

PUNJA, Z. K, 2018	Indoor	18h - Fase vegetativa, 12h - Fase de floração	Nitrogênio (30 a 320 mg/L)	Lâmpadas de haleto metálico e sódio de alta pressão	-
DILENA, E, e Cols, 2024	Indoor	12h a 18h	Nitrogênio (30, 80, 160, 240, 320 mg/L)	Longo e curto período	-
SONG, C, e Cols, 2023	Indoor	16 h, 12h - Fase de floração.	Nitrogênio, cálcio, ferro, magnésio, fósforo	Lâmpadas fluorescentes T5 (432 W, 242 µmol/m²/s)	
SALONER & BERNSTEIN, 2020	Indoor	-	Nitrogênio, ferro, cálcio, NPK (magnésio, fósforo e potássio)	Radiação UV, luzes azul e vermelha	
AHMED & HIJRI, 2021	Indoor/ Outdoor	12h	-	Iluminação suplementar	*Aspergillus spp., Penicillium spp., Fusarium spp., Botrytis cinerea, Chaetomium spp., Mucor spp.*
PARK, S. H, e Cols, 2022	Indoor/ Outdoor	24h	-	-	*Fusarium oxysporum, Pythium spp., Botrytis cinerea*
PUNJA & SCOTT, 2023	Indoor	16h a 24h, 12h fase de floração	-	Iluminação suplementar ativa	*Botrytis cinerea, Fusarium spp.*
PUNJA Z. K, e Cols, 2012	Indoor/ Outdoor	-	-	-	*Botrytis cinerea, Fusarium spp. Penicillium sp.*

A análise dos dados apresentados na tabela evidencia como os fatores-chave, como fotoperíodo, nutrientes, iluminação e manejo de doenças, impactam diretamente o rendimento e a qualidade dos compostos bioativos da *Cannabis sativa.* Esses elementos, aliados às condições controladas do cultivo indoor, permitem identificar estratégias eficazes para maximizar a produção e minimizar os desafios enfrentados. A seguir, os principais aspectos analisados nos artigos são discutidos de forma detalhada.

Todos os estudos analisados focaram exclusivamente no cultivo indoor em sua grande maioria, o que proporcionou um maior controle sobre variáveis ambientais. Essas

condições controladas favorecem o crescimento saudável das plantas, otimizando a produção de compostos bioativos e reduzindo riscos associados a fatores climáticos e estressores ambientais, comuns no cultivo ao ar livre.

O Fotoperíodo foi identificado como um dos aspectos mais influentes no cultivo da *Cannabis sativa.* Nos cultivos indoor, os regimes variaram entre 8 e 24 horas de luz, dependendo da fase do ciclo da planta, sendo o regime de 12 horas o mais utilizado durante a floração. Com base nos artigos citados, esse controle rigoroso é fundamental para potencializar o rendimento, promovendo a floração em tempos específicos e com duração controlada, o que contribui para a eficiência do cultivo.

A nutrição das plantas também desempenhou um papel essencial, com destaque para a aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Estudos mostraram que concentrações de nitrogênio variando entre 30 e 320 mg/L, dependendo do ambiente, influenciam significativamente a biomassa. No entanto foi observado também que altas concentrações desse nutriente podem diminuir a concentração dos Canabinoides, evidenciando a necessidade de um manejo nutricional balanceado para atender a objetivos específicos de produção.

A iluminação foi outro fator avaliado, considerando a intensidade e o tipo de lâmpada utilizadas em ambientes controlados. Os artigos abordaram o uso de lâmpadas de sódio de alta pressão e haleto metálico, com intensidades variando de 200 a 1.600 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$. Estudos demonstraram que intensidades maiores aumentam a produção de inflorescências sem comprometer a qualidade dos compostos bioativos indicando a importância de ajustes na iluminação visando maximizar o potencial produtivo.

Por fim, o manejo de doenças representou um dos desafios mais relevantes, principalmente em cultivos indoor, onde a umidade e a densidade das plantações favorecem a proliferação de fungos como *Botrytis cinerea, Fusarium spp., Aspergillus spp. e Penicillium spp.*. Os estudos ressaltaram a importância de práticas de controle ambiental, como monitoramento da umidade e ventilação adequada, para prevenir estas possíveis infecções e proteger a qualidade do produto final.

Esses dados evidenciam a importância do cultivo indoor como estratégia para otimizar a produção de *Cannabis sativa* para fins medicinais, destacando a necessidade de práticas integradas e ajustadas às demandas específicas de cada ambiente. Assim, os fatores analisados não apenas reforçam as oportunidades de avanços no cultivo, mas também apontam para os desafios a serem superados para alcançar maior sustentabilidade e eficiência na produção dessa planta.

Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise acerca do cultivo de *Cannabis sativa* em ambientes controlados (indoor) para fins medicinais, com ênfase na identificação e avaliação de variáveis que influenciam a produtividade e a qualidade dos compostos bioativos. Uma vez analisados os dados coletados nos artigos podem-se ratificar que a produção dos bioativos da está em consonância com os critérios previstos e analisados como por exemplo o fotoperíodo ideal deve ser de no mínimo 12h; os suplementos básicos devem ser mantidos, com devida atenção à suplementação do nitrogênio pois o mesmo influencia na biomassa como também se recomenda ajustes da intensidade da iluminação o que maximiza o potencial produtivo da planta. O controle fitossanitário adequado da umidade e ventilação evitam a infecção da planta por algumas espécies de fungos. A aplicação dos resultados obtidos nesta revisão pode subsidiar futuras iniciativas voltadas ao aprimoramento das condições de cultivo, contribuindo para a consolidação de técnicas produtivas mais eficientes e alinhadas às demandas da indústria farmacêutica.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Biologia Celular (LBC) da Uefs pelo suporte neste trabalho.

Referências

AHMED, B.; HIJRI, M. Potential impacts of soil microbiota manipulation on secondary metabolites production in cannabis. **Journal of Cannabis Research**, v. 3, p. 1-9, 2021.

AHRENS, A.; LLEWENLLYN, D.; ZHENG, Y. Is twelve hours really the optimum photoperiod for promoting flowering in indoor-grown cultivars of *Cannabis sativa?*. **Plants,** v. 12, n. 14, p. 2605, 2023.

AHSAN, S. M.; Injamum-Ul-Hoque, M.; Shaffique, S.; Ayoobi, A.; Rahman, M. A.; Rahman, M. M.; Choi, H. W. Illuminating Cannabis sativa L.: The Power of Light in Enhancing C. sativa Growth and Secondary Metabolite. **Plants (Basel)**, v.13, n. 19, 2024.

BATISTA, L. A. C. S. B.; NUNES, P. H. G., MOREIRA F. Aspecto dual da maconha na ansiedade e no humor. **Revista da Biologia**, v. 13, n. 1, p. 36-42, 2014.

DILENA, E.; CLOSE, D. C.; HUNT, I.; GARLAND, S. M. Investigating how nitrogen nutrition and pruning impacts on CBD and THC concentration and plant biomass of *Cannabis sativa*. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 19533, 2023.

GONTIJO, É. C.; CASTRO, G. L.; PETITO, A. D. DE C.; PETITO, G. Canabidiol e suas aplicações terapêuticas. **Revista Eletrônica da Faculdade de Ceres**, v. 5, n. 1, 2016.

LLEWELLYND, D.; GOLEM, S.; FOLEY, E.; DINKA, S.; JONES, A. M. P.; ZHENG, Y. Indoor grown cannabis yield increased proportionally with light intensity, but ultraviolet radiation did not affect yield or cannabinoid content. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 974018, 2022.

MARTÍNEZ ORÓ, D. P.; APUD I.; SCURO, J.; ROMANÍ, O. La funcionalidad política de la "ciencia" prohibicionista: El caso del cannabis y los psicodélicos. **Salud Colectiva**, v. 16, p. 2493, 2020.

MOHER, M.; LLEWELLYN, D.; JONES, M.; ZHENG, Y. Light intensity can be used to modify the growth and morphological characteristics of cannabis during the vegetative stage of indoor production. **Industrial Crops and Products**, v. 183, p. 114909, 2022.

PARK, S. H.; PAULI, C. S.; GOSTIN, E. L.; STAPLES, S. K.; SEIFRIED, D.; KINNEY, C.; VANDEN HEUVEL, B. D. Effects of short-term environmental stresses on the onset of cannabinoid production in young immature flowers of industrial hemp (Cannabis sativa L.). **Journal of Cannabis Research,** v. 4, p. 1-13, 2022.

PESSOA, D. O. C.; LIRA, I. V.; SIQUEIRA, L. da P. Cannabis Sativa: an integrative review of legal, toxicological and pharmacotherapeutic aspects. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 15. p. e18101522408. 2021.

PUNJA, Z. K. Flower and foliage-infecting pathogens of marijuana (*Cannabis sativa L.*) plants. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 40, n. 4, p. 514-527, 2018.

PUNJA, Z. K.; COLLYER, D.; SCOTT, C.; LUNG, S.; HOLMES, J.; SUTTON, D. Pathogens and Molds Affecting Production and Quality of *Cannabis sativa L*. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1120, 2019.

PUNJA, Z. K.; SCOTT, C. Organically grown cannabis (*Cannabis sativa L.*) plants contain a diverse range of culturable epiphytic and endophytic fungi in inflorescences and stem tissues. **Botany,** v. 101, n. 7, p. 255-269, 2023.

PUNJA, Z. K. Emerging diseases of *Cannabis sativa* and sustainable management. **Pest management science**, v. 77, n. 9, p. 3857-3870, 2021.

ROBINSON, Rowan. **O grande livro da Cannabis: Guia completo de seu uso industrial, medicinal e ambiental**. Rio de Janeiro. Jorge Zahar, 1999.

RODRIGUEZ-MORRISON, V.; LLEWELLYN, D.; ZHENG, Y. Cannabis Yield, Potency, and Leaf Photosynthesis Respond Differently to Increasing Light Levels in an Indoor Environment. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 646020, 2021.

SALONER, A.; BERNSTEIN, N. Response of medical cannabis (*Cannabis sativa L.*) to nitrogen supply under long photoperiod. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 572293, 2020.

SCHILLING, S.; MELZER, R.; DOWLING, C. A.; SHI, J.; MULDOON, S.; MCCABE, P. F. A protocol for rapid generation cycling (speed breeding) of hemp (*Cannabis sativa*) for research and agriculture. **The Plant Journal**, v. 113, n. 3, p. 437-445, 2023.

SONG, C.; SALONER, A.; FAIT, A.; BERNSTEIN, N. Nitrogen deficiency stimulates cannabinoid biosynthesis in medical cannabis plants by inducing a metabolic shift towards production of low-N metabolites. **Industrial Crops and Products**, v. 202, p. 116969, 2023.

ZHANG, M.; ANDERSON, S. L.; BRYM, Z. T.; PEARSON, B. J. Photoperiodic flowering response of essential oil, grain, and fiber hemp (Cannabis sativa L.) cultivars. Frontiers in **Plant Science**, v. 12, p. 694153, 2021.

CAPÍTULO 3

PULSES AS SUSTAINABLE FOOD-NUTRITIONAL QUALITY, FUNCTIONAL PROPERTIES, PROCESSING AND ENVIRONMENTAL BENEFITS: A SHORT REVIEW

LEGUMINOSAS COMO ALIMENTO SUSTENTÁVEL - QUALIDADE NUTRICIONAL, PROPRIEDADES FUNCIONAIS, PROCESSAMENTO E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS: UMA BREVE REVISÃO

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.03

Submetido em: 29/07/2025
Revisado em: 14/08/2025
Publicado em: 23/08/2025

José Luis Ramírez Ascheri
Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro-RJ, Brazil
http://lattes.cnpq.br/1891994321882753
Diego Palmiro Ramírez Ascheri
Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO, Brazil
http://lattes.cnpq.br/3060340994426916

Resumo

As leguminosas, que incluem feijões, lentilhas, grão-de-bico e ervilhas, são nutricionalmente significativas devido ao seu alto teor de proteínas, fibras alimentares, vitaminas e minerais, incluindo ferro, potássio e folato. Reconhecidas globalmente como um componente crítico de dietas saudáveis, as leguminosas oferecem vantagens nutricionais consideráveis, particularmente para dietas à base de plantas. Métodos de processamento como imersão, cozimento, germinação e fermentação são comumente usados para melhorar sua qualidade nutricional e palatabilidade. Esses métodos reduzem significativamente os fatores antinutricionais (FANs) como fitatos, taninos e inibidores de enzimas, melhorando assim a biodisponibilidade de nutrientes. As leguminosas são amplamente utilizadas em produtos processados, incluindo farinhas, concentrados proteicos, salgadinhos e alternativas de carne à base de plantas, atendendo à demanda do consumidor por opções alimentares nutritivas, sustentáveis e convenientes. Abordar os FANs por meio do processamento adequado é essencial para otimizar o potencial nutricional das leguminosas. Deixar as leguminosas de molho antes do cozimento reduz efetivamente os fitatos e melhora a absorção de minerais. O cozimento e a cocção sob pressão reduzem ainda mais os níveis de substâncias antinutricionais,

melhorando a digestibilidade das proteínas e a absorção de nutrientes. Os processos de germinação e fermentação também são altamente eficazes na redução de FNAs, aumentando simultaneamente a biodisponibilidade de aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais. O consumo regular de leguminosas contribui positivamente para a ingestão de fibras alimentares, o controle do açúcar no sangue, a redução do colesterol e a saúde intestinal. Consequentemente, as leguminosas são recomendadas por diretrizes alimentares em todo o mundo devido aos seus consideráveis benefícios à saúde, à sua acessibilidade e ao seu papel na promoção da sustentabilidade alimentar. A incorporação de leguminosas devidamente processadas na dieta diária representa, portanto, uma abordagem estratégica para melhorar os resultados nutricionais e de saúde pública em todo o mundo.

Palavras-Chave: leguminosas, qualidade, funcionalidade, valor nutricional, benefícios.

Abstract

Pulses, comprising beans, lentils, chickpeas, and peas, are nutritionally significant due to their high content of proteins, dietary fibres, vitamins, and minerals, including iron, potassium, and folate. Recognized globally as a critical component of healthy diets, pulses offer considerable nutritional advantages, particularly for plant-based diets. Processing methods such as soaking, cooking, germination, and fermentation are commonly used to enhance their nutritional quality and palatability. These methods significantly reduce anti-nutritional factors (ANFs) like phytates, tannins, and enzyme inhibitors, thereby improving nutrient bioavailability. Pulses are utilized extensively in processed products, including flours, protein concentrates, snacks, and plant-based meat alternatives, meeting consumer demand for nutritious, sustainable, and convenient food options. Addressing ANFs through appropriate processing is essential to optimize pulses' nutritional potential. Soaking pulses before cooking effectively reduces phytates and enhances mineral absorption. Cooking and pressure-cooking further decrease levels of anti-nutritional substances, enhancing protein digestibility and nutrient uptake. Germination and fermentation processes are also highly effective in reducing ANFs, simultaneously increasing the bioavailability of essential amino acids, vitamins, and minerals. Regular consumption of pulses contributes positively to dietary fibre intake, blood sugar control, cholesterol reduction, and gut health. Consequently, pulses are recommended by dietary guidelines worldwide due to their considerable health benefits, affordability, and role in promoting dietary sustainability. Incorporating properly processed pulses into daily diets thus represents a strategic approach to improving nutrition and public health outcomes globally.

Keywords: Legumes, quality, functionality, nutritional value, benefits.

Introduction

Pulses, or dried legumes such as chickpeas, peas, lentils, beans, broad beans and lupins (Figure 1), are highly valued foods due to their high nutritional content and potential health benefits. This review explores the main processing methods applied to pulses, highlighting their technologies, nutritional impacts, comparison between different species and effective ways to reduce antinutritional agents.

Figure 1: Different pulses, recognized by FAO.

Source: https://pulses.org/what-are-pulses.

Pulses are one of the oldest staple foods of humanity. They are recognized for their high nutritional value, especially for their protein, fiber, B vitamins and mineral content. In addition, they have great cultural, economic and environmental importance in various regions of the world. The culinary use of pulses varies significantly between regions, being influenced by cultural traditions, local availability and dietary habits. In Latin America, countries such as Mexico and Brazil mainly use beans (such as carioca and black) in daily preparations. In Brazil, beans with rice are a national symbol of the staple diet. India is the world's largest consumer of pulses, especially lentils, chickpeas and mung beans. They are widely used in dishes such as dal, chana masala and sambar. In the Middle East, chickpeas are essential in cooking, being the basis of traditional dishes such as hummus and falafel. In sub-Saharan Africa, beans and other legumes are used extensively in soups and stews, often combined with cereals. In Europe and North America, consumption has grown in recent years, driven by vegetarian and vegan diets, as well as by the appeal of sustainability. According to FAO data, the largest consumers of pulses per capita are India, the world leader in both production and consumption. Ethiopia and Sudan, high dependence on pulses as a source of vegetable protein. Pakistan and Bangladesh, great diversity and frequency of consumption. Canada, although domestic consumption is moderate, is one of the world's leading exporters (Rawal & Navarro 2019).

With the advancement of food technology and the interest in plant-based products, pulses have been processed and applied in different forms, including whole and isolated flours, used in baking, pasta, snacks, and gluten-free products. Protein concentrates and isolates, generally used as the basis for formulations for meat analogues, plant-based beverages, supplements, and energy bars. Textured proteins, for use in plant-based products that imitate the texture of meat. In this sense, pulses are versatile and nutritious ingredients with historical and cultural importance in many parts of the world. Their consumption has expanded, especially in developed countries, due to the interest in sustainable and healthy diets. The industry has valued pulse derivatives, especially protein isolates, as a viable alternative to animal protein. The trend is for this market to continue growing with technological advances and greater consumer awareness of the benefits of pulses.

Sustainability and Environmental Benefits of Pulses in Food Production

The growing concern for agricultural sustainability is driving the search for environmentally friendly food alternatives. In this context, pulses (dry legumes such as lentils, beans, chickpeas and dried peas) stand out for their sustainable characteristics, including low carbon footprint, water efficiency and benefits for soil health.

Pulses and Low Carbon Footprint

Pulses have one of the lowest carbon footprints among food sources due to their ability to fix atmospheric nitrogen through symbiotic relationships with bacteria of the genus Rhizobium. This symbiosis significantly reduces the need for synthetic nitrogen fertilizers, which require high energy for production. The reduction in the use of these fertilizers directly implies lower emissions of nitrous oxide (N_2O), a gas with a global warming potential approximately 300 times greater than carbon dioxide (CO_2), responsible for approximately 46% of global agricultural emissions (Reay et al. 2012).

Water Efficiency in Pulses Production

Another important advantage of pulses lies in their remarkable water efficiency. Studies indicate that pulses consume between half and one tenth of the water needed to produce the same amount of protein from animal sources and even from some plant

sources (Hoekstra & Mekonnen 2012). Due to their natural adaptations to semi-arid environments, crops such as lentils and dry peas are able to extract water from the surface layers of the soil, preserving the deeper layers for subsequent crops. This increases the efficiency of water use in crop rotation systems (Buchholz & Musshoff 2014).

Benefits of Pulses for Soil Health

Growing pulses in rotation with other crops has a highly positive effect on soil health. After harvest, nitrogen-rich residues are incorporated into the soil, serving as nutrients for subsequent crops and promoting the development of beneficial microorganisms. Pulses also promote microbial biodiversity, helping to break disease, pest, and weed cycles, resulting in more sustainable and productive agricultural systems (Stagnari et al. 2017). In addition, substances exuded by pulse roots stimulate specific microbial communities, increasing microbial diversity and consequently the soil's ability to provide essential nutrients to subsequent plants (Drinkwater & Snapp 2007, Yan 2015, Kang, & Park 2014). Consequently, pulses present a unique set of environmental benefits that make them a highly sustainable choice in food production. With low environmental impact, high water efficiency, and the ability to improve soil fertility and health, they are fundamental in sustainable agriculture strategies, climate change mitigation, and global food security. Investing in research and public policies that encourage its cultivation can generate significant economic, environmental, and social benefits (Gan et al. 2015).

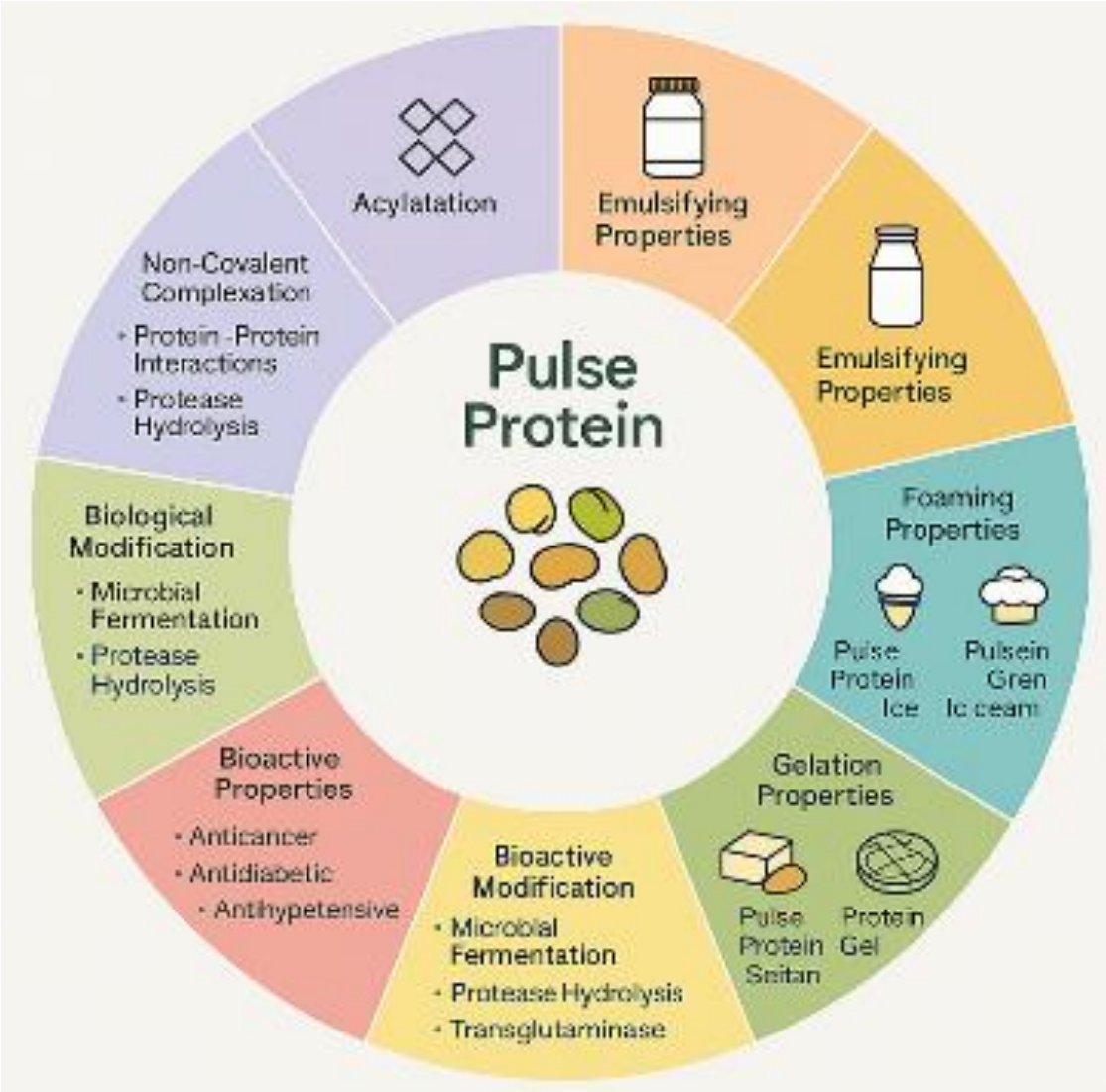
Pulse Processing Methods

It is clear that most pulses are consumed in the typical cuisine of each region, preparing typical dishes in combination with other foods, whether with meat, poultry, etc. and other vegetables.

The industrial use of these pulses can generally be transformed into edible products in the following ways: (a) Thermal cooking processing, essential to make pulses palatable and digestible, significantly reducing antinutritional compounds, such as trypsin inhibitors and tannins. (b) Autoclaving and Pasteurization: more intense methods that can influence the nutritional and sensory quality of pulses, used mainly in industry. (c) Germination, a process that improves the availability of nutrients and reduces antinutritional compounds. Lentils and chickpeas are often germinated to improve the bioavailability of proteins and minerals. (d) Fermentation, which reduces antinutritional

agents (phytates and oligosaccharides that cause flatulence). (e) Production of fermented foods, such as tempeh, using beans, peas and chickpeas. (f) Extrusion, a technological process used to produce pulse-based snacks, pasta and textured vegetable proteins, improving sensory acceptance and digestibility. (g) Milling and aero-classification; which consists of the production of flours and protein concentrates used in baking, pasta and protein enrichment of foods and meat analogues. Figure 2, attempts to show the different ways of using pulses.

Figure 2: Different ways of using pulses in the food industry.



Source: Prepared by the authors.

Extruded and baked snacks (peas and chickpeas) (Silva et al., 2023; Silva, et al., 2014); pasta made from lentil and chickpea flour; fermented vegetable drinks (lupin); textured proteins that are alternatives to soy (peas, mung beans and lentils, (Ascheri 2024); tempeh and traditional fermented products (Berrios et al. 2013, Silva 2011).

Pulses: A nutritional powerhouse for health

Pulses are increasingly recognized as essential components of a healthy diet due to their impressive nutritional profile. Rich in protein, fibre, vitamins, and minerals, pulses offer numerous health benefits that make them valuable for human nutrition (Tables 1 and 2; Figure 3).

Table 1: Amino acid values (mg/100g) of the main pulses used in humans.

Essential Amino Acid	Common bean (Phaseolus vulgaris)	Mung bean (Vigna radiata)	Lentil (Lens culinaris)	Chickpea (Cicer arietinum)	Dried pea (Pisum sativum)	Broad bean (Vicia faba)	Lupine (Lupinus albus)
Leucine	7.0 - 8.2	6.5 - 7.5	6.8 - 7.8	6.9 - 7.9	7.1 - 8.1	7.0 - 8.0	6.9 - 7.9
Lysine	6.5 - 7.2	6.8 - 7.5	7.0 - 7.7	7.1 - 7.8	6.9 - 7.6	6.8 - 7.5	7.2 - 7.9
Phenylalanine	4.5 - 5.2	4.3 - 5.0	4.6 - 5.3	4.7 - 5.4	4.4 - 5.1	4.5 - 5.2	4.6 - 5.3
Valine	4.5 - 5.0	4.2 - 4.8	4.3 - 4.9	4.4 - 5.0	4.5 - 5.1	4.4 - 5.0	4.6 - 5.2
Isoleucine	4.0 - 4.5	3.8 - 4.3	3.9 - 4.4	4.0 - 4.5	4.1 - 4.6	4.0 - 4.5	4.2 - 4.7
Threonine	3.5 - 4.0	3.3 - 3.8	3.4 - 3.9	3.5 - 4.0	3.6 - 4.1	3.5 - 4.0	3.7 - 4.2
Histidine	2.5 - 3.0	2.3 - 2.8	2.4 - 2.9	2.5 - 3.0	2.6 - 3.1	2.5 - 3.0	2.7 - 3.2
Methionine	0.5 - 1.0	0.6 - 1.1	0.5 - 1.0	0.6 - 1.1	0.5 - 1.0	0.6 - 1.1	0.7 - 1.2
Tryptophan	0.8 - 1.2	0.7 - 1.1	0.8 - 1.2	0.9 - 1.3	0.8 - 1.2	0.9 - 1.3	0.9 - 1.3

Note: The values presented are approximate and may vary depending on the cultivar, growing conditions and analysis methodologies.
Source: (Ribeiro et al. 2007, Marquezi 2013, Margier et al. 2018, Silva et al. 2023, Silva; 2011, Khattab et al. 2009, Boye et al. 2010, Sánchez-Vioque 1999).

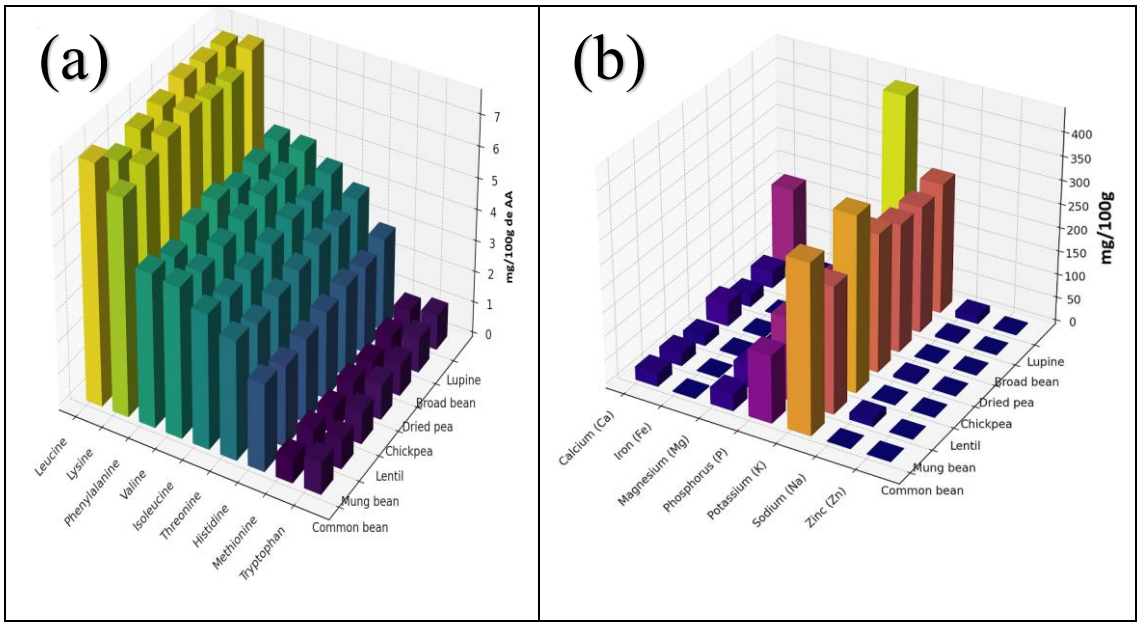
Table 2: Mineral profile (mg/100g) of the main pulses used for human consumption.

Mineral	Common bean (Phaseolus vulgaris)	Mung bean (Vigna radiata)	Lentil (Lens culinaris)	Chickpea (Cicer arietinum)	Dried pea (Pisum sativum)	Broad bean (Vicia faba)	Lupine (Lupinus albus)
Calcium (Ca)	28.0	27.0	19.0	49.0	25.0	36.0	176.0
Iron (Fe)	2.1	1.4	3.3	2.9	1.5	1.5	4.4
Magnesium (Mg)	36.0	48.0	36.0	48.0	33.0	43.0	90.0
Phosphorus (P)	142.0	173.0	180.0	168.0	187.0	125.0	440.0

Potassium (K)	355.0	266.0	369.0	291.0	271.0	268.0	277.0
Sodium (Na)	1.0	15.0	2.0	6.0	2.0	5.0	15.0
Zinc (Zn)	1.1	0.8	1.3	1.5	1.2	1.0	2.3

Note: The values presented are approximate and may vary depending on the cultivar, growing conditions and analysis methodologies.
Source: (Sinkovič et al. 2022, Langyan 2022, Singh & Prasad 2023).

Figure 3: Three-dimensional bars and respective comparisons of amino acid (a) and mineral (b) profiles of main pulses.



Source: prepared by the authors.

One of the standout features of pulses is their protein content. Pulses are notable for containing two to three times more protein than cereal grains such as wheat, rice, quinoa, oats, barley, and corn. To illustrate, just half a cup of lentils provides an equivalent protein content to one cup of quinoa or two cups of rice or corn. Due to their affordability and sustainability, pulses serve as an essential protein source globally, particularly in diets that are plant-based or in regions where animal protein is less accessible. Although plant proteins, including pulses, often lack one or more essential amino acids necessary for human health, this limitation can be easily overcome by combining different plant-based proteins. Such complementary combinations ensure a complete amino acid profile, thereby fulfilling the body's nutritional requirements. Moreover, pulses are exceptionally high in dietary fibre and complex carbohydrates. A single cup of cooked pulses can deliver over half the recommended daily intake of dietary fibre. Pulses contain both soluble and insoluble fibre, each offering distinct health

benefits. Soluble fibre aids in managing body weight, blood sugar regulation, and reducing cholesterol levels, while insoluble fibre supports digestive health by promoting regular bowel movements.

Additionally, pulses contain resistant starch, a type of complex carbohydrate that behaves similarly to dietary fibre within the body. Resistant starch has been linked to numerous health advantages, including lower blood cholesterol and blood sugar levels, as well as enhanced gut health by supporting beneficial gut bacteria. Dietary guidelines emphasize the inclusion of pulses as part of a balanced diet, underscoring their significant nutritional contribution. Research has consistently shown that individuals consuming at least half a cup of pulses daily tend to have better nutrient intakes—higher in fibre, protein, calcium, potassium, folate, zinc, iron, and magnesium—and lower intakes of saturated fats. Therefore, pulses represent a powerful nutritional resource, providing essential nutrients vital for maintaining and improving health. Encouraging their regular consumption can significantly contribute to healthier diets and sustainable food practices globally Silva 2011).

Pulses are rich in proteins (20-30%), dietary fiber (15-25%), vitamins (especially B complex), minerals (iron, zinc, calcium, magnesium) and low in lipids (1-2%). Considering a comparison between selected pulses (per 100g, raw), chickpeas: protein 19%, fiber 17%, iron 6.2 mg; lentils: protein 25%, fiber 11%, iron 7.5 mg; peas: protein 23%, fiber 16%, iron 5 mg; kidney beans: protein 22%, fiber 16%, iron 8 mg; lupins: protein 36%, fiber 18%, iron 5 mg/100, respectively (Marquezi 2013, Langyan 2022, Khattab 2009).

On the other hand, it must be considered the antinutritional compounds in pulses, as structure, mechanism of action and impacts on the human digestive system. Pulses have several nutritional and environmental benefits; however, they also contain compounds called antinutrients that can compromise the bioavailability of essential nutrients to the human body. The main antinutritional compounds include phytates, tannins, lectins, trypsin inhibitors and fermentable oligosaccharides (Samtiya 2020).

1. Phytates (phytic acid), is chemically known as myo-inositol hexaphosphate, with molecular formula $C_6H_{18}O_{24}P_6$. The mechanism of action is related to the formation of insoluble complexes with essential minerals such as iron, zinc, calcium and magnesium, reducing their intestinal absorption. (Schlemmer et al. 2009, Wu et al. 2009).

2. Tannins are phenolic compounds classified as condensed (proanthocyanidins) and hydrolyzable, with condensed compounds predominating in pulses (typical formula:

$C_{15}H_{14}O_6$). Their mechanism of action is related to the precipitation of dietary proteins and digestive enzymes, reducing protein digestibility and mineral absorption in the gastrointestinal tract (Chung et al. 1998).

3. Lectins are complex glycoproteins with a high affinity for specific sugars. Their mechanism of action involves the possibility of adhering to the intestinal mucosa, altering the integrity and permeability of the intestinal barrier and impairing the absorption of nutrients, in addition to stimulating local inflammation (Vasconcelos & Oliveira 2004).

4. Trypsin inhibitors are small proteins rich in disulfide bridges that stabilize their three-dimensional structure. In their mechanism of action, these proteins bind irreversibly or reversibly to digestive enzymes, especially trypsin and chymotrypsin, reducing the digestion of food proteins and causing gastrointestinal discomfort (Gilani et al. 2005, Avilés-Gaxiola, et al. 2018).

5. Fermentable Oligosaccharides (raffinose, stachyose and verbascose), these compounds, whose typical chemical structure (raffinose), $C_{18}H_{32}O_{16}$ have oligosaccharides that are not digestible by human enzymes, reaching the colon intact, where they are fermented by intestinal bacteria, causing excessive production of gases (hydrogen, carbon dioxide, methane) and intestinal discomfort (Suarez et al. 1999, Dent & Maleky 2022). In this sense, despite the nutritional benefits of pulses, it is essential to consider these antinutritional compounds in their composition. Appropriate technological processes, such as germination, fermentation, soaking and heat treatment, are essential to reduce these effects and improve the nutritional use of these foods.

Effective methods of reducing antinutritional action include germination: reduces phytates and oligosaccharides; fermentation: reduces oligosaccharides and tannins; thermal processing, highly effective in reducing lectins and trypsin inhibitors. Technologies such as germination, fermentation, extrusion and thermal processing offer promising possibilities to maximize nutritional benefits and minimize antinutritional compounds (Avilés-Gaxiola et al. 2018).

1. Aqueous extraction and isoelectric precipitation: This is a traditional and widely used technique, in which proteins are extracted by solubilization in an aqueous medium, followed by adjusting the pH to the isoelectric point, precipitating the protein. This technique results in high protein purity and is very common for soy and pea proteins (Tangeret et al. 2020).

2. Ultrafiltration and membrane diafiltration: This method uses membranes with specific pores to separate proteins from other components, such as fibers, carbohydrates and

lipids. It allows obtaining protein concentrates with a high degree of purity, maintaining the functional and nutritional properties of the proteins (Boye et al. 2011)

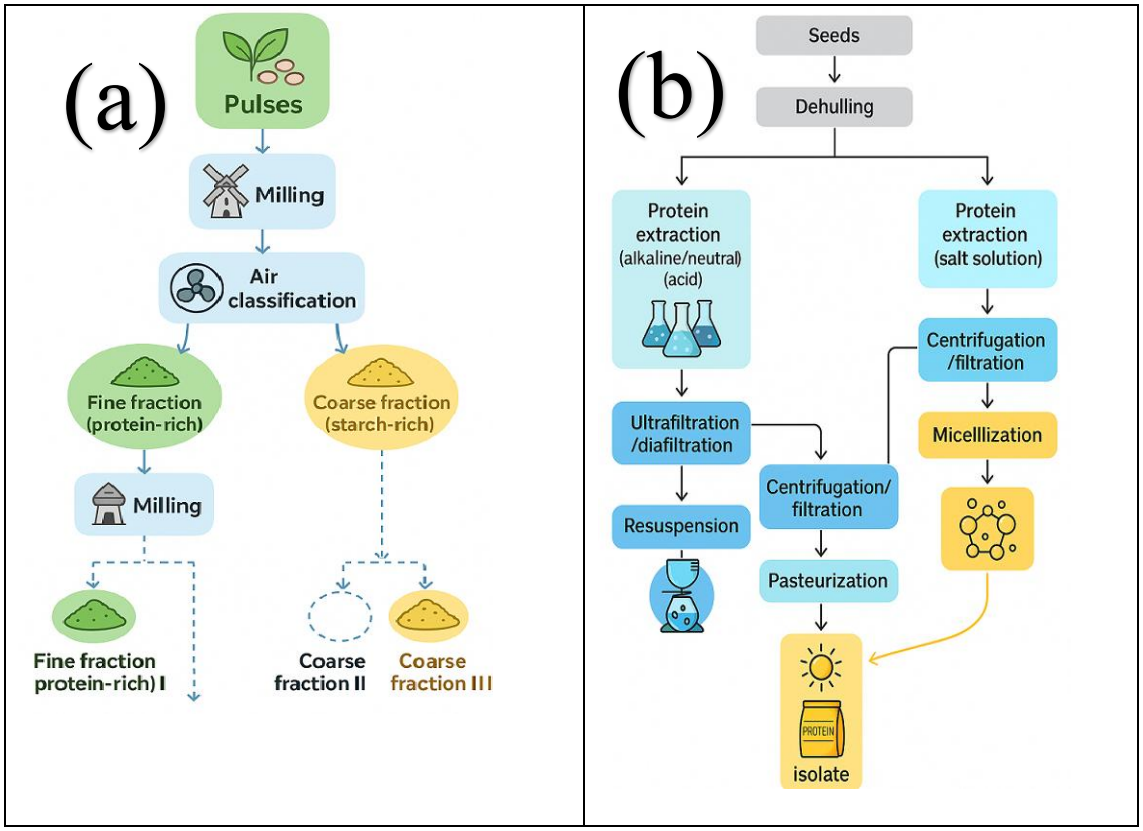
3. Electrodialysis: An innovative technique that applies an electric field to remove salts and undesirable compounds, producing high-quality proteins and reducing water waste, in line with sustainable practices (Boye et al. 2011).

4. Ultrasound or microwave-assisted extraction: Emerging methods that use ultrasonic waves or microwaves to improve the efficiency of protein extraction, reducing time and energy consumption. These techniques also help maintain the functional properties of proteins (Aghababaei & Mcclements 2025, Loushigam & Shanmugam 2023).

5. Enzymatic extraction: Involves the use of specific enzymes to increase the yield and purity of the extracted protein, improving the solubility and digestibility of the final protein.

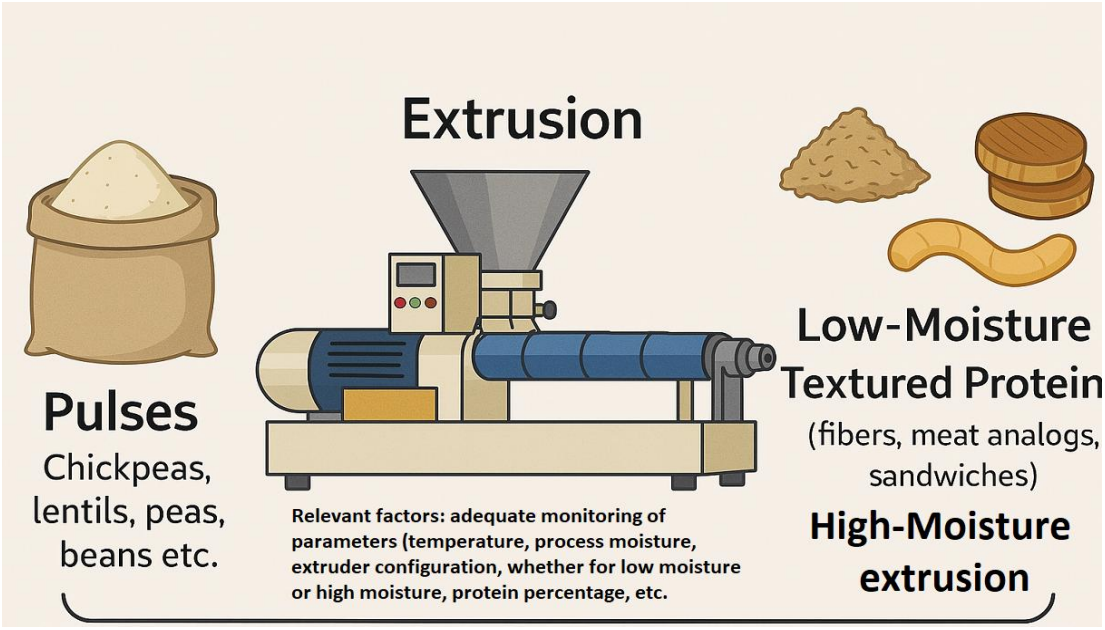
6. Additionally, air-classification (aero-classification) is an innovative, clean methodology used to obtain protein concentrates from pulses. This technique involves separating particles based on their size and density through air currents, effectively isolating protein-rich fractions from starch and fibre. Aero-classification, (Figure 4-b), offers significant advantages, such as being environmentally friendly due to the absence of solvents and reduced water usage, thus aligning with sustainable production practices. Nutritionally, proteins obtained via aero-classification maintain excellent functionality and nutritional integrity (Figure 4-a), with minimal alterations to amino acid profiles. These modern methods make it possible to obtain highly concentrated and functional vegetable proteins, ideal for application in plant-based foods, ensuring nutritional quality and environmental sustainability, including food extrusion process, (Figure 5), (Schutyser & van der Goot 2011).

Figure 4: Different ways of using pulse flours (a) by air classification and (b) alkaline extraction.



Source: Prepared by the authors.

Figure 5: Use of thermoplastic food extrusion for processing dry pulses to obtain texturized protein, and wet texturing of pulses and respective formulations using a twin-screw extruder and accessories for meat analogues.



Source: Prepared by the authors.

Several studies have explored the incorporation of bean flours into cereal mixtures for the development of convenience products, aiming to improve nutritional value and meet specific demands, such as the production of gluten-free foods or foods for vegans. Below is a summary of some of these studies, highlighting their objectives, methodologies and main conclusions.

Research entities allied Postgraduate Programs, have joined forces to find alternative uses for cereals and pulses, in the search for healthier, gluten-free and vegan foods. (Arévalo et al. 2024, Chamone et al. 2023, Silva et al. 2025, Comettant-Rabanal, et al. 2023) and millet with legumes such as chickpeas and carioca beans. Using thermoplastic food extrusion technology, aerated and crunchy whole grain snacks, pre-cooked whole grain flours, whole grain pasta and formulations for pita bread (Arabic or Syrian) were created. The final products presented protein contents between 10.5% and 12.8% and dietary fiber between 9% and 10% with sensory acceptance rates above 70%, indicating good acceptance and potential commercial interest. For other way, the use of extruded carioca bean flour in gluten-free cake mixes, in a master's dissertation, the physical, chemical and microbiological characterization of raw rice flour and extruded carioca bean flour was investigated with the aim of developing gluten-free cake mixes. The tested formulations completely replaced wheat flour with combinations of these flours with proportions ranging from 45% to 75% of bean flour. The results indicated that the inclusion of up to 75% of extruded bean flour is viable, improving the nutritional value of the cakes without compromising sensory acceptance. Furthermore, the flours used have demonstrated potential to replace wheat flour in the food industry, adding value to by-products from the rice and bean production chains (Gorissen et al. 2018). Consequently, the incorporation of bean flours or pulses flours in combination with cereals in the formulation of convenience products, especially those intended for gluten-free diets, has proven to be an effective strategy for improving the nutritional profile of foods without compromising their sensory characteristics. The studies highlight the potential of these combinations to offer healthier and more affordable food alternatives, in addition to adding value to agricultural by-products.

Conclusion

Pulses represent a nutritionally dense and highly beneficial food category essential for balanced diets globally. Their substantial content of proteins, dietary fibres, vitamins, and minerals underscores their importance in addressing nutritional deficiencies,

particularly within plant-based diets. However, optimizing their nutritional benefits requires careful consideration of processing methods such as soaking, cooking, pressure-cooking, germination, and fermentation. These techniques significantly reduce anti-nutritional factors like phytates, tannins, and enzyme inhibitors, thereby improving nutrient bioavailability, protein digestibility, and overall palatability. Regular intake of properly processed pulses contributes positively to health outcomes, enhancing dietary fibre consumption, blood sugar regulation, cholesterol reduction, and gut microbiome health. Additionally, pulses are valuable components in processed foods, including flours, protein concentrates, snacks, and plant-based meat alternatives, meeting rising consumer demands for nutritious, convenient, and sustainable food choices. Consequently, integrating suitably processed pulses into everyday diets emerges as an effective and strategic approach to enhancing nutrition, improving public health outcomes, and promoting dietary sustainability worldwide.

References

AGHABABAEI, F.; MCCLEMENTS, D. J.; HADIDI, MILAD. Strategies to overcome nutritional and technological limitations of pulse proteins, *Future Foods*, n.100624, 2025.

ARÉVALO, A. M.; ASCHERI, J. L. R.; de CARVALHO, C. W. P.; FREITAS, D. D. G. C. Preparation of an Instant Drink: Extruded Flour of Polished Red Rice (Oryza Sativa L) and Blackberry (Rubus Spp) Retentate by Microfiltration. *Discoveries in Agriculture and Food Sciences*, v.12, n.6, p.1–32, 2024.

ASCHERI, J. L. R. Why Food Technology by Extrusion-Cooking? *Discoveries in Agriculture and Food Sciences*, v.12. n.4, p.110–144., 2024.

AVILÉS-GAXIOLA, S.; CHUCK-HERNÁNDEZ, C.; SERNA SALDÍVAR, S.O. Inactivation Methods of Trypsin Inhibitor in Legumes: A Review. *Journal of Food Science,* v.83, n.1, p.17-29, 2018.

BERRIOS, J. J.; ASCHERI, J. L. R.; LOSSO, J. N. *Extrusion Processing of Dry Beans and Pulses* In: Dry Beans and Pulses, ed.1. Arnes: Iowa State University Press, v.1, p. 185-203, 2013.

BOYE, J.I.; AKSAY, S.; ROUFIK, S.; RIBÉREAU, S.; MONDOR, M.; FARNWORTH, E.; RAJAMOHAMED, S.H. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques, *Food Research International*, v.43, n.2, p. 537-546, 2010.

BOYE, J.; ZARE, F.; PLETCH, A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed, *Food Research International*, v.43, n.2, p. 414-431, 2010.

BUCHHOLZ, M.; MUSSHOFF, O. The role of weather derivatives and portfolio effects in agricultural water management. *Agricultural Water Management*, v.146, p.34–44, 2014.

CHAMONE, M. E. R.; ASCHERI, J. L. R.; VARGAS-SOLÓRZANO, J. W.; STEPHAN, M. P.; CARVALHO, C. W. P. Chemical Characterization of White Lupin (Lupinus albus) Flour Treated by Extrusion Cooking and Aqueous Debittering Processes, *Plant Foods for Human Nutrition*, v.1, p.1–7, 2023.

CHUNG, K. T.; WONG, T. Y.; WEI, C. I., HUANG, Y. W.; LIN, Y. Tannins and human health: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.38, n.6, p.421-464, 1998.

COMETTANT-RABANAL, R.; CHÁVEZ, H. D. W.; ASCHERI, J. L. R.; ELÍAS-PEÑAFIEL, C.; CARVALHO, C. W. P. Functionality of pre-cooked whole-grain corn, rice and sorghum flours for gluten-free Bread. *International Journal of Food Science and Technology*, v.1, p.1 – 12, 2023.

DENT, T.; MALEKY, F. Pulse protein processing: the effect of processing choices and enzymatic hydrolysis on ingredient functionality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.63, n.29, p.9914–9925, 2022.

DRINKWATER, L. E.; SNAPP, S. S. Nutrients in agroecosystems: Rethinking the management paradigm. *Advances in Agronomy,* v.92, p.163-186, 2007.

GAN, Y.; LIANG, C.; CAMPBELL, C. A.; ZENTNER, R. P.; LEMKE, R. L.; WANG, H.; YANG, C. Improving farming practices reduces the carbon footprint of spring wheat production. *Agricultural Water Management*, v.148, p.10–21, 2015.

GILANI, G. S.; COCKELL, K. A.; SEPEHR, E. Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. *Journal of AOAC International*, v.88, n.3, p.967-987, 2005.

GORISSEN S.H.M.; CROMBAG J.J.R.; SENDEN J.M.G.; WATERVAL W.A.H.; BIERAU J, VERDIJK, L.B.; VAN LOON, L.J.C. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids*, v.50, n.12, p.1685-1695, 2018.

HOEKSTRA A.Y.; MEKONNEN, M.M. The water footprint of humanity. *Proceeding National Academy Science U S A*., v.109, n.9, p.3232-7, 2012.

KANG, M.; PARK, S. Modeling water flows in a serial irrigation reservoir system considering irrigation return flows and reservoir operations. *Agricultural Water Management*, v.143, p.131-141, 2014.

KHATTAB, R.Y.; ARNTFIELD, S.D.; NYACHOTI, C.M. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments, Part 1: Protein quality evaluation, *LWT - Food Science and Technology*, v.42, n. 6, p.1107-1112, 2009.

LANGYAN, S.; YADAVA, P.; KHAN, F. N.; BHARDWAJ, R.; TRIPATHI, K.; BHARDWAJ, V.; BHARDWAJ, R.; GAUTAM, R. K.; KUMAR, A. Nutritional and Food Composition Survey of Major Pulses Toward Healthy, Sustainable, and Biofortified Diets. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v.6, n.878269, 2022.

LOUSHIGAM, G.; SHANMUGAM, A. Modifications to functional and biological properties of proteins of cowpea pulse crop by ultrasound-assisted extraction, *Ultrasonics Sonochemistry*, v.97, n.106448, 2023.

MARGIER, M.; GEORGÉ, S.; HAFNAOUI, N.; REMOND, D.; NOWICKI, M.; DU CHAFFAUT, L.; AMIOT, M.J.; REBOUL, E. Nutritional Composition and Bioactive Content of Legumes: Characterization of Pulses Frequently Consumed in France and Effect of the Cooking Method. Nutrients. v.10, n.11, 2018.

MARQUEZI, M. Physicochemical characteristics and evaluation of technological properties of common bean (Phaseolus vulgaris L.). Master's Dissertation, Federal University of Santa Catarina, 2013. https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/123456789/107535/1/317833.pdf.

REAY, D.S.; DAVIDSON, E.A.; SMITH, K.A.; SMITH, P.; MELILLO, J.M.; DENTENER, F.; CRUTZEN, P.J. Global Agriculture and Nitrous Oxide Emissions. *Nature Climate Change*, v.2, n. 410, 2012.

RAWAL, V.; NAVARRO, D. K., eds. *The Global Economy of Pulses*. Rome, FAO, 159 p., 2019.

RIBEIRO. N. D.R.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E.; POERSCH, N. L.; MALLMANN, C. A. Amino acid composition of bean cultivars and applications for genetic improvement. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.10, p. 1393-1399, 2007.

SAMTIYA, M.; ALUKO, R.; DHEWA, T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, v.2., n.6, 2020.

SÁNCHEZ-VIOQUE, R.; CLEMENTE, A.; VIOQUE, J.; BAUTISTA, J.; MILLÁN, F. Protein isolates from chickpea (Cicer arietinum L.): chemical composition, functional properties and protein characterization, *Food Chemistry*, v. 64, n.2, p.237-243, 1999.

SCHLEMMER, U.; FRØLICH, W.; PRIETO, R. M.; GRASES, F. Phytate in foods and significance for humans: Food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *Molecular Nutrition & Food Research*, v.53, n.2, 2009.

SCHUTYSER, M.A.I.; van DER GOOT, A.J. The potential of dry fractionation processes for sustainable plant protein production. *Trends in Food Science & Technology*, v.22, p. 154-164. 2011.

SILVA, E. M. M. da; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; BERRIOS, J. J. Physical characteristics of extrudates from corn flour and dehulled carioca bean flour blend. Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie / Food Science + Technology. p.620 - 626, 2014.

SILVA, F. L. *Evaluation of the centesimal composition of raw and germinated bean grains*. Master's Dissertation, Federal University of Pernambuco, 2011. Available at: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/18238/1/SILVA%2C%20Franciscleide%20Lauriano%20da.pdf.

SILVA, I. C. V.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; HASHIMOTO, J. M.; CARVALHO, C. W. P. de; ASCHERI, J. L. R.; GALDEANO, M. C.; ROCHA, M. de M. Effect of different processing conditions to obtain expanded extruded based on cowpea. Brazilian Journal of Food and Technology, v.26, p.1–13. 2023.

SINKOVIČ, L.; PIPAN, B.; ŠIBUL, F.; NEMEŠ, I.; TEPIĆ HORECKI, A.; MEGLIČ, V. (). Nutrients, Phytic Acid and Bioactive Compounds in Marketable Pulses. *Plants*, v.12, n.1, 2023.

STAGNARI, F., MAGGIO, A., GALIENI, A.; PISANTE, M. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture.,* v.4, n.2, 2017.

SUAREZ, F. L.; SPRINGFIELD, J.; FURNE, J. K.; LOHRMANN, T. T.; KERR, P. S.; LEVITT, M. D.. Gas production in humans ingesting a soybean flour derived from beans naturally low in oligosaccharides. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.69, n.1, 135-139, 1999.

TANGER, C.; ENGEL, J.; KULOZIK, U. Influence of extraction conditions on the conformational alteration of pea protein extracted from pea flour, *Food Hydrocolloids*, v.107, 2020.

VASCONCELOS, I. M.; OLIVEIRA, J. T. A. Antinutritional properties of plant lectins. *Toxicon*, 44(4), 385-403. 2004.

CAPÍTULO 4

EFEITO DE PROPORÇÕES VARIADAS DE FERTILIZANTE ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DO RABANETE 'SAXA'

EFFECT OF VARYING PROPORTIONS OF ORGANIC FERTILIZER ON THE PRODUCTION OF 'SAXA' RADISH

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.04

Submetido em: 24/08/2025
Revisado em: 30/08/2025
Publicado em: 03/09/2025

Camilla Pereira Furtado de Souza
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Mestranda em Ciências Agrárias, Cruz das Almas, BA
https://orcid.org/0000-0001-6605-0439

Larissa dos Santos Machado
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Mestranda em Ciências Agrárias, Cruz das Almas, BA
https://orcid.org/0009-0006-2093-5171

Alfredo Tales de Jesus Neto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Mestrando em Ciências Agrárias, Cruz das Almas, BA
https://orcid.org/0000-0002-9855-978X

Vitor Pereira da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Mestrando em Ciências Agrárias, Cruz das Almas, BA
https://orcid.org/0009-0000-2637-8480

Bernardo José Bloisi Vaz Sampaio da Paixão
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Mestrando em Ciências Agrárias, Cruz das Almas, BA

https://orcid.org/0000-0002-9250-8228

Damiana Amancio de Souza

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Mestre em Ciências Agrárias, Cruz da Almas, BA

http://lattes.cnpq.br/4924641421179266

Andreza de Jesus Correia

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Doutoranda em Ciências Agrárias, Cruz das Almas, BA

https://orcid.org/0000-0001-9897-699X

Júlio César Azevedo Nóbrega

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Dr. Prof. Adjunto, Cruz das Almas, BA

https://orcid.org/0000-0002-2726-8205

Fabiane Pereira Machado Dias

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Doutora em Agronomia, Cruz das Almas, BA

https://orcid.org/0000-0002-1153-9613

Caliane da Silva Braulio

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Doutora em Ciências Agrárias, Cruz das Almas, BA

https://orcid.org/0000-0003-3074-2876

Resumo

O rabanete (Raphanus sativus L.) é uma hortaliça de ciclo curto, crescimento rápido amplamente cultivada por sua importância na alimentação e por sua capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas. A utilização de compostagem orgânica tem se destacado como alternativa, alternativa sustentável de adubação para produção de alimentos em espaços reduzidos, contribuindo para a segurança alimentar, a reciclagem de resíduo. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes proporções de composto orgânico em Latossolo Amarelo sobre o desenvolvimento de plantas de rabanete, variedade Saxa, cultivadas em vasos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados, utilizando seis proporções de composto orgânico e solo (0:100; 20:80; 40:60; 60:40; 80:20; 100:0, v:v), com cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Decorridos 30 dias após a semeadura, avaliaram-se altura de planta, número de folhas, diâmetro da raiz, massa fresca e seca e teores de clorofila. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e à análise de regressão a 5% de probabilidade. Concluiu-se que plantas de rabanete cultivadas em substratos contendo composto orgânico apresentaram maiores incrementos em altura, biomassa e diâmetro da raiz, destacando-se a proporção 80:20 (composto:solo), na qual se observaram os melhores resultados. Dessa forma, a adubação orgânica se mostra uma prática eficiente para o cultivo de rabanete.

Palavras-chaves: Crescimento vegetal, nutrição de plantas, cultivo urbano, produtividade.

Abstract

Radish (Raphanus sativus L.) is a short-cycle, fast-growing vegetable widely cultivated for its nutritional value and adaptability to different growing conditions. The use of organic compost has emerged as a sustainable alternative for fertilizing food in small spaces, contributing to food security and waste recycling. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of different proportions of organic compost in a Yellow Latosol on the development of radish plants, variety Saxa, grown in pots. The experimental design was completely randomized, using six proportions of organic compost and soil (0:100; 20:80; 40:60; 60:40; 80:20; 100:0, v:v), with five replicates, totaling 30 experimental units. Thirty days after sowing, plant height, leaf number, root diameter, fresh and dry mass, and chlorophyll content were evaluated. Subsequently, the data were subjected to analysis of variance and regression analysis at 5% probability. It was concluded that radish plants grown in substrates containing organic compost showed greater increases in height, biomass, and root diameter, with the 80:20 ratio (compost:soil) showing the best results. Therefore, organic fertilization proves to be an efficient practice for radish cultivation.

Keywords: Plant growth, plant nutrition, urban cultivation, productivity.

Introdução

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma hortaliça pertencente à família Brassicaceae, caracterizada por seu ciclo curto, rápido crescimento e ampla adaptação a diferentes condições climáticas. Suas raízes comestíveis possuem sabor picante e elevado valor nutricional. Além de sua importância na alimentação, essa cultura tem sido alvo de estudos devido seu potencial terapêutico e contribuição para a produção agrícola sustentável (BATISTA et al., 2013). Em condições adequadas de fertilidade e umidade do solo, o rabanete pode ser colhido entre 25 e 35 dias após a semeadura (FILGUEIRA, 2008), sendo, portanto, uma excelente alternativa para a diversificação da produção em pequenas propriedades rurais e em quintais urbanos.

Nesse contexto, destaca-se a crescente valorização da agricultura urbana como uma estratégia eficaz para promover segurança alimentar, inclusão social e sustentabilidade ambiental nas cidades. Com o avanço da agricultura em áreas urbanas, novas demandas têm impulsionado a expansão das atividades agropecuárias nesses espaços. Entre os principais fatores estão a busca por cidades mais sustentáveis, a melhoria da qualidade ambiental e da saúde da população, especialmente por meio do acesso a alimentos frescos, cultivados de forma ambientalmente responsável e segura (NÓBREGA et al., 2016). Iniciativas como o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana, lançado pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) em 2023, reforçam essa tendência ao incentivar o aproveitamento de quintais, telhados e terrenos ociosos para o cultivo de alimentos e compostagem de resíduos orgânicos.

O desenvolvimento ideal do rabanete ocorre em regiões de clima ameno, com temperaturas entre 15 °C e 25 °C. Temperaturas elevadas podem gerar raízes fibrosas e

de menor qualidade, enquanto temperaturas muito baixas retardam o crescimento (SANTOS et al., 2017). As condições edáficas ideais incluem solos leves, bem drenados e ricos em matéria orgânica, com pH entre 5,5 e 6,8, além de irrigação equilibrada para evitar rachaduras nas raízes (GOUVEIA, 2016). A rotação de culturas também é recomendada para reduzir a incidência de patógenos e melhorar a estrutura do solo.

A nutrição equilibrada é também essencial para a produtividade e qualidade do rabanete. Os principais macronutrientes exigidos são o nitrogênio (N), que favorece o crescimento vegetativo, embora seu excesso possa prejudicar a formação das raízes; o fósforo (P), indispensável ao desenvolvimento radicular; e o potássio (K), que contribui para a qualidade das raízes e resistência a estresses abióticos (ALVES et al., 2022). Nesse sentido, adubações orgânicas, como o uso de composto orgânico e esterco curtido, têm se mostrado alternativas sustentáveis para a melhoria da fertilidade do solo e o aumento da produtividade. Assim, o uso de compostos orgânicos, por fornecer todos os nutrientes essenciais às plantas, representa uma opção viável especialmente em pequenas hortas urbanas e domésticas, contribuindo para a qualidade química dos substratos de cultivo.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), fertilizantes orgânicos são produtos obtidos a partir de matérias-primas de origem vegetal ou animal, urbana, rural ou industrial, enriquecidos ou não com nutrientes minerais. Esses insumos exercem um papel fundamental na agricultura sustentável, pois além de fornecerem nutrientes, melhoram as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (GALVÃO et al., 2019).

O uso de fertilizantes orgânicos na cultura do rabanete tem apresentado resultados promissores, promovendo crescimento vigoroso, maior homogeneidade das raízes e maior tolerância a estresses ambientais. Tais insumos facilitam a absorção de nutrientes, aumentam a resistência hídrica e térmica das plantas e podem ser produzidos localmente, por meio de práticas como a compostagem doméstica (COSTA et al., 2021). Isso reforça seu potencial como tecnologia acessível e ambientalmente responsável.

Diante desse cenário, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de composto orgânico no desenvolvimento do rabanete da variedade Saxa, buscando identificar o manejo nutricional mais adequado para maximizar a produtividade e a qualidade das raízes, com ênfase no cultivo em vasos e em ambientes urbanos.

Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (CCAAB/UFRB), localizado em Cruz das Almas-BA. O clima da região é classificado como Af, sendo a temperatura média anual da região de 24,2 °C (SILVA; COELHO FILHO; COELHO, 2016).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com seis doses distintas de composto orgânico nas proporções 0:100, 20:80, 40:60, 60:40, 80:20 e 100:0 (composto orgânico:solo, v:v), com cinco repetições por tratamento, totalizando 30 unidades experimentais.

O composto orgânico utilizado foi produzido no Núcleo de Meio Ambiente (NUMAM) da UFRB, por meio da compostagem de poda de árvores da UFRB, com adição de esterco bovino e caprino (3:1:1). A caracterização química do composto indicou: teor de matéria orgânica por combustão de 12,1%; teor de carbono orgânico de 6,0%; relação C/N de 8,7; pH de 6,6; condutividade elétrica de 0,806 dS/m; nitrogênio total de 0,7%; fósforo total (P_2O_5) de 0,2%; potássio total (K_2O) de 0,3%; cálcio total de 0,6%; magnésio total de 0,1%; enxofre total de 0,02%; cobre: 15 mg kg^{-1}; manganês: 127 mg kg^{-1}; zinco: 35 mg kg^{-1}; boro: 234 mg kg^{-1}; e sódio: 824 mg kg^{-1}.

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Amarelo, coletado na camada de 0–0,40m no CCAAB/UFRB. A caracterização química do solo indicou: pH em água de 5,2; fósforo: 5 mg/dm^3; potássio: 0,04 cmolc dm^{-3}; cálcio: 0,88 cmolc dm^{-3}; magnésio: 0,57 cmolc $^{-}dm^3$; cálcio + magnésio: 1,45 cmolc dm^{-3}; alumínio: 0,2 cmolc dm^{-3}; sódio: 0,02 cmolc $^{-}dm^3$; hidrogênio + alumínio: 2,77 cmolc dm^{-3}; soma de bases: 1,50 cmolc dm^{-3}; CTC: 4,27 cmolc dm^{-3}; saturação por bases: 35%; matéria orgânica: 11,6 g kg^{-1}.

As sementes de rabanete da variedade Saxa foram adquiridas em comércio local. O solo e o composto foram tamisados em peneiras com malha de 4,0 mm e, posteriormente, misturados nas proporções especificadas, sendo acondicionados em vasos plásticos de 0,5L.

Em cada vaso, foram semeadas cinco sementes de rabanete a uma profundidade aproximada de 2 cm. Após a semeadura, a irrigação foi realizada regularmente, com o objetivo de manter a umidade adequada do solo, sem causar encharcamento. Com a emergência das plântulas, procedeu-se ao desbaste, mantendo-se apenas uma planta por vaso, a fim de evitar a competição por água e nutrientes do substrato de cultivo. Ressalta-

se que, durante todo o ciclo da cultura, não foi utilizado nenhum outro fertilizante além do composto orgânico previamente incorporado ao solo.

Durante o ciclo experimental, as plantas foram monitoradas, e práticas de manejo, como a remoção de plantas espontâneas, foram realizadas. Ao final de 30 dias após a semeadura, as seguintes variáveis foram avaliadas: altura da planta (cm), medida da base até o ápice; número de folhas; diâmetro da raiz (cm), na região mais larga do rabanete; massa fresca (g); massa seca (g), após secagem em estufa a 65 °C até peso constante; e teores de clorofila a, b e total.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o software estatístico R (R Core Team, 2018), com o objetivo de avaliar a influência dos diferentes tratamentos nas variáveis estudadas. Além disso, foi realizada análise de regressão para as proporções de composto orgânico, considerando um nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

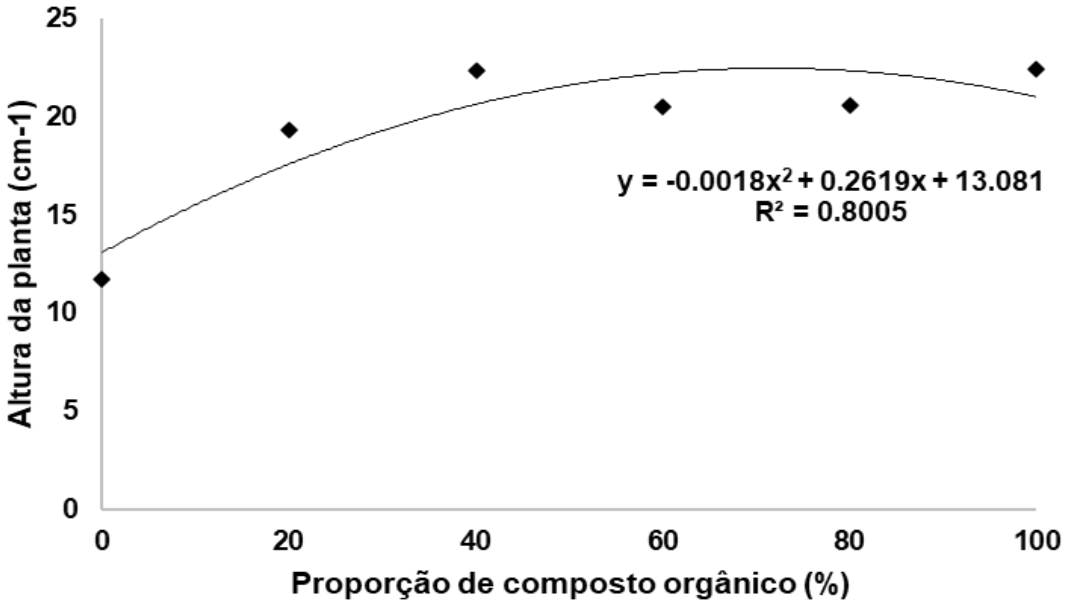
Na Figura 1 é verificado o desenvolvimento das plantas de rabanete aos 30 dias, em função das diferentes proporções solo:composto orgânico.

Figura 1. Comparação entre os rabanetes utilizando diferentes doses de composto orgânico em Latossolo Amarelo.

Fonte: Autores, 2024.

A altura da planta aumentou de 11,7 cm para 22,4 cm com até 40% de composto orgânico (Figura 2). A partir dessa proporção, a altura se estabilizou ou apresentou leve diminuição, sugerindo que teores mais elevados de composto podem não favorecer o crescimento vertical. Oliveira et al. (2015) demonstraram que o uso de composto orgânico à base de esterco de cabra e grama pode aumentar o crescimento de mudas, especialmente com 50% de volume para peso fresco e 25% para diâmetro do caule.

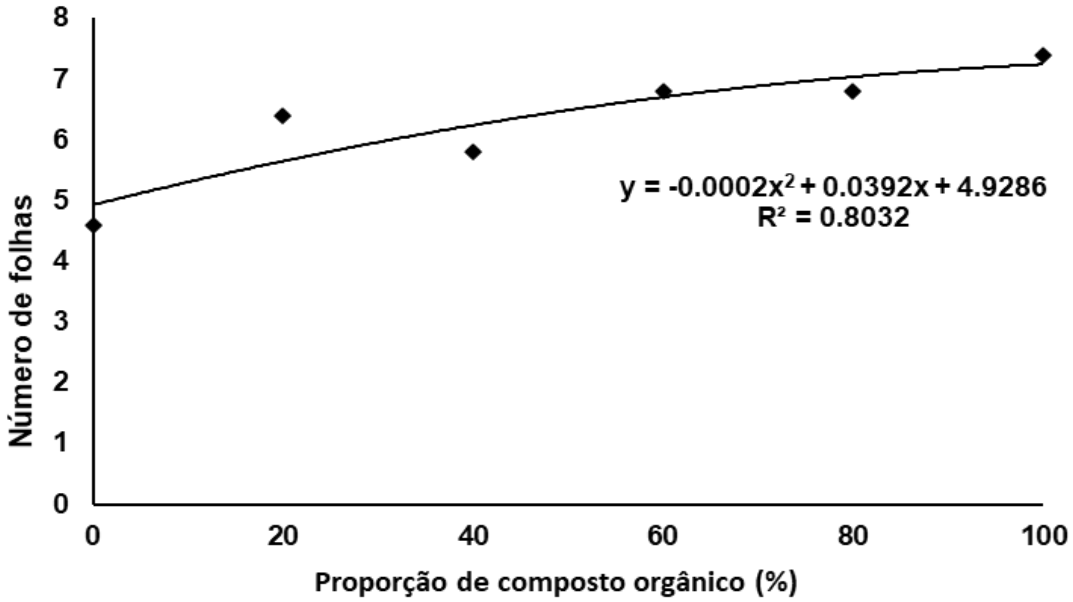
Figura 2. Altura de plantas de *Raphanus sativus* cultivadas em substratos formulados com diferentes proporções de composto orgânico em Latossolo Amarelo.



Fonte: Autores, 2024.

O número de folhas aumentou de 5 para 6 com a adição de 20% de composto orgânico (Figura 3), indicando que uma proporção moderada de composto orgânico favorece o crescimento foliar. A partir de 40%, o número de folhas se manteve entre 6 e 7, sugerindo que a adição do composto em proporções mais elevadas tem pouca influência adicional. O número de folhas nas plantas de rabanete é um indicador importante, pois é o local onde ocorre a fotossíntese, responsável pela produção de fotoassimilados que são enviados para os órgãos produtivos da planta, conforme Linhares et al. (2010).

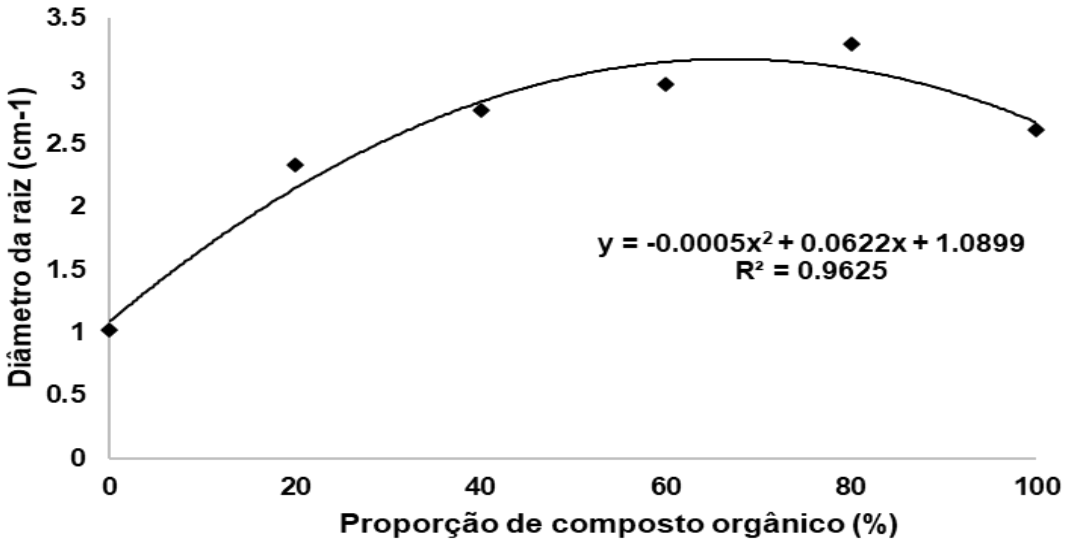
Figura 3. Número de folhas em plantas de *Raphanus sativus* cultivadas em substratos formulados com diferentes proporções de composto orgânico em Latossolo Amarelo.



Fonte: Autores, 2024.

O diâmetro da raiz aumentou de 10,18 cm (0:100) para 32,9 cm (80:20), indicando que o composto orgânico favorece o desenvolvimento radicular (Figura 4). O maior diâmetro de raiz foi alcançado com 80% de composto, sugerindo que a maior disponibilidade de nutrientes e melhorias nos atributos físicos do substrato de cultivo promovem o crescimento das raízes. Sousa et al. (2020) também identificaram que o crescimento radicular foi favorecido pela adição do composto orgânico, com aumento no comprimento da raiz em comparação às cultivadas sem adição do composto orgânico, além de melhorar os atributos químicos do solo, favorece também os atributos físicos, a exemplo da retenção de água e a aeração do solo, melhorando com isso, as condições ideais para o desenvolvimento radicular, o que está de acordo com estudos realizados por Peixoto Filho et al. (2013). Segundo os autores, a decomposição e mineralização deresíduos orgânicos influenciam diretamente a disponibilidade de nutrientes para as plantas, especialmente para aquelas de ciclo curto, como o rabanete.

Figura 4. Diâmetro da raiz em plantas de *Raphanus sativus* cultivadas em substratos formulados com diferentes proporções de composto orgânico em Latossolo Amarelo.



Fonte: Autores, 2024.

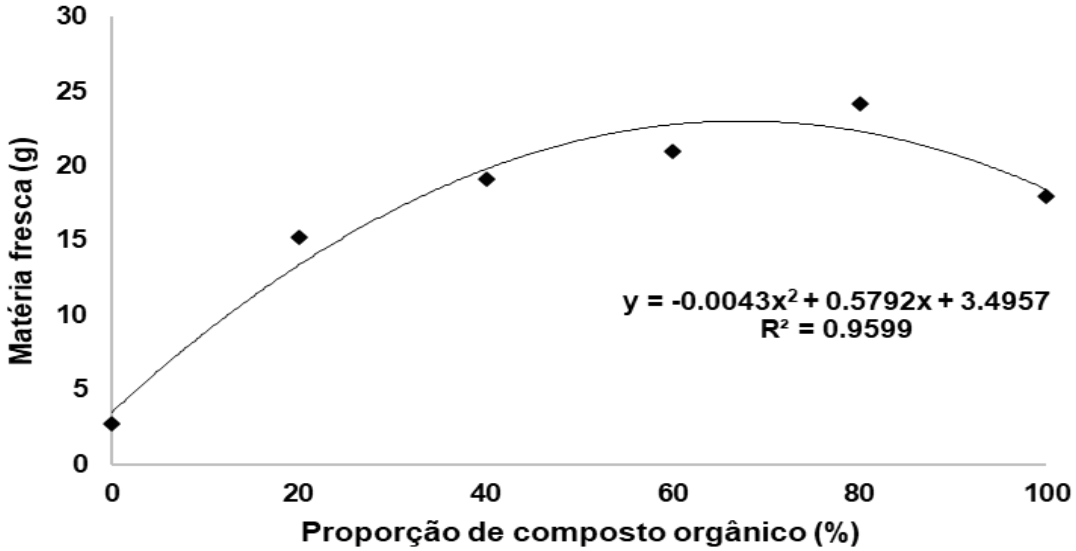
A massa fresca de rabanete (Figura 5) aumentou exponencialmente entre as proporções, passando de 2,76 g (0:100) para 24,14 g (80:20), refletindo o impacto positivo do composto orgânico na disponibilidade de nutrientes e no crescimento geral da planta. O aumento na biomassa fresca do rabanete sugere que o composto orgânico melhora a fertilidade do solo, promovendo o crescimento vigoroso das plantas. No geral, a aplicação de biofertilizantes e corretivos orgânicos tem sido associada à melhoria das características de crescimento, incluindo maior tamanho do bulbo e melhor desenvolvimento foliar, aspectos essenciais para rabanetes comercializáveis (Gondim et al., 2023; Saavedra et al., 2024).

A massa seca também apresentou igual comportamento (Figura 6), aumentando de 0,26 g (0:100) para 1,49 g (80:20). Semelhante à massa fresca, a massa seca alcançou seus maiores valores nas proporções mais altas de composto orgânico, indicando uma maior eficiência na conversão de nutrientes em biomassa estrutural, provavelmente devido à melhoria da qualidade do substrato de cultivo. Segundo Silva et al. (2020), o uso de compostos orgânicos pode melhorar significativamente as propriedades físicas e químicas do substrato, favorecendo o crescimento e acúmulo de biomassa das plantas.

No presente estudo, os resultados obtidos para os parâmetros de crescimento e produção de rabanete mostra que a proporção de composto orgânico em Latossolo

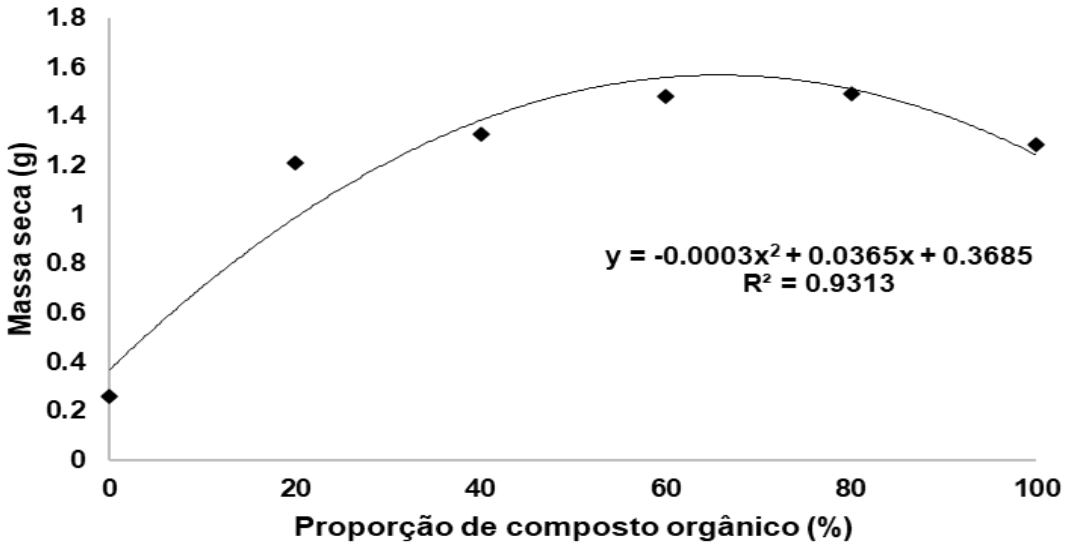
Amarelo deve ser ajustada de acordo com os objetivos desejados, como produtividade, qualidade sensorial ou sustentabilidade, a fim de potencializar os benefícios da agricultura orgânica em pequenos cultivos de áreas urbanas.

Figura 5. Matéria fresca em plantas de *Raphanus sativus* cultivadas em substratos formulados com diferentes proporções de composto orgânico em Latossolo Amarelo.



Fonte: Autores, 2024.

Figura 6. Matéria seca em plantas de *Raphanus sativus* cultivadas em substratos formulados com diferentes proporções de composto orgânico em Latossolo Amarelo.



Fonte: Autores, 2024.

Conclusão

A adição de composto orgânico no substrato de cultivo de rabanetes da variedade Saxa influencia positivamente o desenvolvimento das plantas, especialmente no aumento do diâmetro da raiz e da biomassa.

A melhor dose de composto orgânico para o desenvolvimento do rabanete da variedade Saxa é a de 80:20 (composto orgânico:solo, v:v).

O manejo nutricional adequado, com doses corretas de composto orgânico, pode ser uma estratégia eficiente para melhorar a produtividade e a qualidade das raízes, especialmente em cultivos urbanos e em vasos.

Referências

ALVES, C. L. et al. Nutrição e adubação da cultura do rabanete. *Revista Agroecossistemas*, v. 14, n. 2, p. 79–88, 2022.

BATISTA, M. A. et al. Caracterização morfológica e produtiva de cultivares de rabanete em cultivo orgânico. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 8, n. 1, p. 23–30, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Fertilizantes orgânicos: o que são, para que servem e quais os principais tipos. *Ecocert*, 23 ago. 2022. Disponível em: https://www.ecocert.com/index.php/pt-BR/artigo/5091589. Acesso em: 22 abr. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana. Brasília, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mds/pt-br/acoes-e-programas/acesso-a-alimentos-e-a-agua/programa-nacional-de-agricultura-urbana-e-periurbana. Acesso em: 22 abr. 2025.

COSTA, K. A. P. et al. Bioestimulantes no cultivo de hortaliças: potencialidades e desafios. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 15, n. 2, p. 318–328, 2021.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421 p.

GALVÃO JÚNIOR, Y.; YAKUWA, T. K. M.; COSTA, J. C. G.; SILVA, D. R.; ALMEIDA, K. C.; ARAÚJO, L. B. Óleo essencial e teores de nutrientes da priprioca em resposta à adubação orgânica e à calagem. *Revista Agrogeoambiental*, v. 11, n. 1, p. 207–217, 2019.

GONDIM, L. S. et al. Resposta do rabanete à adubação orgânica em solos degradados. *Horticultura Brasileira*, v. 41, n. 1, p. 45–52, 2023.

GOUVEIA, C. H. Práticas culturais no cultivo do rabanete. *Informe Agropecuário*, v. 37, n. 297, p. 49–56, 2016.

LINHARES, P. C. F. et al. Características fisiológicas de hortaliças sob diferentes tipos de adubação. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 3, p. 374–380, 2010.

MAYNARD, D. N.; LORENZ, O. A. Controlled-release fertilizers for horticultural crops. *Horticultural Reviews*, v. 1, p. 79–140, 1979.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. F. **O rabanete: cultivo e produção**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1994.

NETO, A. G. et al. Efeito de adubos orgânicos no desenvolvimento de hortaliças. *Revista Agroambiente On-line*, v. 18, n. 1, p. 97–106, 2024.

NÓBREGA, J. C. A.; BARBOSA, R. S.; DIAS, A. S.; NÓBREGA, R. S. A. Contribuições da ciência do solo para o desenvolvimento da agricultura urbana. *Boletim Informativo: A Ciência do Solo e a Agricultura Urbana*, v. 42, n. 3, p. 21–26, set./dez. 2016. ISSN 1981-979X.

OLIVEIRA, F. A. et al. Crescimento de mudas de hortaliças sob diferentes substratos orgânicos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 3, p. 45–51, 2015.

PEIXOTO FILHO, F. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos orgânicos em Latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 5, p. 1235–1243, 2013.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018.

SAAVEDRA, E. C. et al. Fertilizantes orgânicos no desempenho agronômico do rabanete. *Revista Agropecuária Técnica*, v. 45, n. 1, p. 15–22, 2024.

SILVA, J. M. da et al. Efeito de compostos orgânicos no crescimento e produção de mudas de hortaliças. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 14, n. 3, p. 3065–3075, 2020. DOI: https://doi.org/10.7127/rbai.v14n300991.

SILVA, T. S. M. da; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F. **Boletim meteorológico da estação convencional de Cruz das Almas, BA: variabilidade e tendências climáticas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1050036/boletim-meteorologico-da-estacao-convencional-de-cruz-das-almas-ba-variabilidade-e-tendencias-climaticas. Acesso em: 6 maio 2025.

SOUSA, I. B. C. de; BRAULIO, C. S.; SANTANA JÚNIOR, J. J. de; MAGALHÃES, I. R. T.; NÓBREGA, J. C. A.; ANJOS, Â. S. J. C. dos. Produção de rabanete cultivada em diferentes proporções de fertilizante orgânico. In: **AGRONOMIA: AVANÇOS E PERSPECTIVAS**. [S.l.]: [Editora], 2020. p. 63-73.

CAPÍTULO 5

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EXTRUSADO ENRIQUECIDO: EFEITOS DA ADIÇÃO DE ORA-PRO-NÓBIS (*PERESKIA ACULEATA* MILLER) NO TEOR PROTEICO E NA BIODISPONIBILIDADE DE FERRO

DEVELOPMENT OF AN ENRICHED EXTRUDED PRODUCT: EFFECTS OF ORA-PRO-NÓBIS (PERESKIA ACULEATA MILLER) ADDITION ON PROTEIN CONTENT AND IRON BIOAVAILABILITY

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.05

Submetido em: 24/11/2025
Revisado em: 10/12/2025
Publicado em: 17/12/2025

Ana Clara Souza
Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Maringá-PR.
http://lattes.cnpq.br/2900814712529071

Leonardo Martins Machado
Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Maringá-PR.
http://lattes.cnpq.br/5374599104443891

Nathalia Gouveia Botan
Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Maringá-PR.
http://lattes.cnpq.br/5451528416663930

Claudia Cirineo Ferreira Monteiro
Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Design, Paraná.

http://lattes.cnpq.br/4937821781512284

Antonio Roberto Giriboni Monteiro

Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Maringá-PR.

http://lattes.cnpq.br/8225119267165636

Resumo

A crescente busca da população por alimentos mais saudáveis e funcionais tem impulsionado o desenvolvimento de produtos enriquecidos com ingredientes de elevado valor nutricional. Nesse contexto, a *Pereskia aculeata* Miller (ora-pro-nóbis), uma PANC rica em proteínas, fibras e compostos bioativos, destaca-se como alternativa promissora. Este estudo teve como objetivo produzir snacks extrusados adicionados de 10% de farinha de *P. aculeata* e avaliar seus efeitos sobre a composição centesimal, o teor de ferro e a atividade antioxidante. A farinha das folhas apresentou altos teores de proteínas (35,29%), fibras (FB: 9,30%; FDN: 50,40%; FDA: 17,55%) e ferro (6,355 ppm), além de elevada atividade antioxidante (DPPH: 554,17 µM TE/µg; FRAP: 10,12 µM TE/mg). Nos snacks, a formulação enriquecida (EPA) apresentou teores de proteínas (11,73%), fibras (FB: 2,78%; FDN: 6,85%; FDA: 2,85%) e ferro (0,958 ppm) superiores ao extrusado padrão (EM), que apresentou 8,31% de proteínas, 0,23% de fibra bruta e 0,280 ppm de ferro. A atividade antioxidante também foi maior no EPA (DPPH: 529,15 µM TE/µg; FRAP: 5,39 µM TE/mg) em comparação ao EM (115,98 µM TE/µg e 0,91 µM TE/mg, respectivamente). Apesar da redução de compostos fenólicos após a extrusão, a incorporação da farinha elevou significativamente o valor nutricional e funcional do produto final. Os resultados evidenciam que a *P. aculeata* é um ingrediente eficaz para enriquecimento proteico, mineral e antioxidante em alimentos extrusados, apresentando grande potencial de aplicação industrial.

Palavras-Chave: *Pereskia aculeata*; extrusão; PANCs; snack funcional.

Abstract: The growing demand for healthier and functional foods has driven the development of products enriched with ingredients of high nutritional value. In this context, *Pereskia aculeata* Miller (ora-pro-nóbis), a non-conventional edible plant (PANC) rich in proteins, fibers, and bioactive compounds, stands out as a promising alternative. This study aimed to produce extruded snacks with the addition of 10% *P. aculeata* leaf flour and to evaluate their effects on proximate composition, iron content, and antioxidant activity. The leaf flour showed high levels of proteins (35.29%), fibers (CF: 9.30%; NDF: 50.40%; ADF: 17.55%), and iron (6.355 ppm), as well as high antioxidant activity (DPPH: 554.17 µM TE/µg; FRAP: 10.12 µM TE/mg). In the snacks, the enriched formulation (EPA) presented higher contents of proteins (11.73%), fibers (CF: 2.78%; NDF: 6.85%; ADF: 2.85%), and iron (0.958 ppm) compared to the standard extrudate (EM), which contained 8.31% proteins, 0.23% crude fiber, and 0.280 ppm iron. Antioxidant activity was also higher in the EPA (DPPH: 529.15 µM TE/µg; FRAP: 5.39 µM TE/mg) compared to the EM (115.98 µM TE/µg and 0.91 µM TE/mg, respectively). Despite the reduction in phenolic compounds after extrusion, the incorporation of the flour significantly increased the nutritional and functional value of the final product. The results demonstrate that *P. aculeata* is an effective ingredient for protein, mineral, and antioxidant enrichment in extruded foods, presenting great potential for industrial application.

Keywords: *Pereskia aculeata*; extrusion; PANCs; functional snack.

.

Introdução

Ao longo dos anos, observa-se uma notável transição nos hábitos de saúde da população. Dentre estas mudanças, o aumento da procura por uma alimentação mais saudável é percebido como uma estratégia eficaz para a melhoria da qualidade de vida.

Em resposta a essa demanda, o mercado de alimentos tem investido continuamente em inovações, visando satisfazer as novas expectativas e carências nutricionais dos consumidores (Santos *et al.*, 2022).

Neste cenário, um grupo de plantas vem ganhando destaque no Brasil entre consumidores interessados em alimentação saudável e sustentável, as chamadas plantas alimentícias não convencionais (PANCs). Elas incluem espécies comestíveis pouco conhecidas ou raramente utilizadas pela maior parte da população, especialmente em áreas urbanas. Esse conceito abrange diversas plantas silvestres com potencial alimentício, cuja produção e comercialização muitas vezes representam uma importante fonte complementar de renda para pequenos agricultores e extrativistas (Barbosa *et al.,* 2021).

O Brasil está entre os países mais abundantes em biodiversidade, abrigando mais de 45 mil espécies nativas. No caso específico das PANCs, estima-se que cerca de 3 mil espécies já tenham sido identificadas. No entanto, apesar dessa ampla diversidade, seu uso ainda é bastante limitado (Zappi *et al*., 2015)

Dentre as PANCs mais conhecidas, tem-se a *Pereskia aculeata* Miller, popularmente chamada de ora-pro-nóbis, cujo nome popular significa, em latim, "rogai por nós", é uma cactácea que destaca-se por apresentar folhas em sua estrutura. Pertence ao reino *Plantae*, classe *Magnoliopsida*, ordem Caryophyllales, família Cactaceae e gênero *Pereskia* (Almeida; Corrêa, 2012).

De acordo com a Embrapa Hortaliças (2017), o gênero *Pereskia* é considerado um ancestral primitivo dos cactos, abrangendo espécies de arbustos folhosos e plantas arbóreas. Nativa da flora brasileira, a ora-pro-nóbis é uma trepadeira frequentemente utilizada como cerca-viva devido aos seus espinhos, apresentando folhas carnosas e mucilagem (Almeida; Corrêa, 2012).

A ora-pro-nóbis é reconhecida como uma fonte importante de nutrientes minerais e orgânicos, além de apresentar compostos bioativos, como antioxidantes e substâncias com ação anti-inflamatória (Santos *et al*., 2022). Popularmente chamada de "carne dos pobres", essa espécie apresenta excelente composição nutricional, incluindo cerca de 23% de proteínas, 31% de carboidratos, 8% de lipídeos, 4% de fibras alimentares e 14% de minerais (Nogueira *et al.*, 2023), dentre eles, o ferro.

A importância do ferro para alimentação é notória. Este microelemento o qual é amplamente discutido e abordado nas demais camadas da sociedade é de extrema importância para a saúde; sua deficiência causa anemia descrita como anemia ferropriva,

a qual pode ocorrer como resultado de perda sanguínea, ingestão deficiente, entre outros, ocasionando a diminuição dos níveis plasmáticos de ferro. (Carvalho; Baracat; Sgarbieri, 2015). De acordo com Rogez (2000), as pessoas conseguem absorver apenas 5% do ferro disponível (forma livre) dos vegetais.

Dessa forma, a ora-pro-nóbis se destaca como uma alternativa alimentar promissora, capaz de suprir importantes necessidades nutricionais e acompanhar as crescentes tendências de consumo saudável. Considerando seu potencial nutricional e funcional, torna-se fundamental investigar novas formas de sua aplicação, ampliando seu uso na alimentação e promovendo a valorização de plantas alimentícias não convencionais.

Entre os processos utilizados na indústria de alimentos para a produção de produtos com maior vida útil, destaca-se a extrusão. Esse processo apresenta diversas vantagens, como a possibilidade de obtenção de diferentes formatos, ausência de efluentes, baixo custo, controle de texturas e cores, além da melhoria da disponibilidade de nutrientes das matérias-primas (Harper, 1979). As características dos produtos finais dependem do tipo de extrusora utilizada, das matérias-primas empregadas e dos parâmetros operacionais adotados.

É importante apresentar uma breve abordagem sobre o processo de extrusão, amplamente utilizado na indústria de alimentos. A extrusão consiste em moldar materiais amaciados, forçando-os a passar por matrizes ou furos sob pressão. De acordo com Harper (1989), a extrusora de alimentos é um equipamento capaz de reestruturar e moldar ingredientes, permitindo a produção de diversos tipos de produtos. Inicialmente aplicada à extrusão de pastas alimentícias, a técnica foi posteriormente aprimorada e passou a ser empregada na fabricação de *snacks*, cereais, pastas e análogos de carne (Rossen; Miller, 1973).

O processo de extrusão promove alterações significativas nas propriedades dos alimentos. Entre elas estão modificações no amido, gerando frações resistentes à ação de enzimas digestivas, complexação com outros polímeros e degradação de estruturas de baixo peso molecular, além de outras mudanças desejáveis para a formulação de produtos específicos (Bertipaglia *et al.*, 2008).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo a produção de alimentos extrusados com elevado valor nutricional, incorporando a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) na concentração de 10% em sua formulação. Busca-se avaliar possíveis diferenças centesimais em relação ao produto padrão, além de analisar a composição

nutricional das folhas da espécie. Propõe-se, ainda, investigar a disponibilidade dos nutrientes após o processamento por extrusão, com ênfase no aumento da digestibilidade proteica e na retenção de ferro no produto final.

Materiais e Métodos

- **Obtenção e desidratação das folhas**

Obtiveram-se as folhas de *Pereskia aculeata* Miller (PA) do horto medicinal localizado nas dependências da Universidade Estadual de Maringá (UEM) no período de setembro a outubro de 2018, em seguida foram higienizadas com água, escorrendo o excesso e submetidas à secagem em estufa com ventilação a aproximadamente 50° C até obtenção de massa constante. Após secas, as folhas foram trituradas em moinhos de facas (1 mm) tipo *Willey* e armazenadas de forma adequada, evitando umidade e ao abrigo de luz.

- **Formulação e preparo das amostras**

Foram elaboradas duas formulações extrusadas, cada uma composta por 100 gramas de amostra. Todas as amostras foram previamente ajustadas para atingir 20% de umidade. Dessa forma, obtiveram-se dois produtos extrusados, cujas composições estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição da composição das amostras.

Composição (%)	Amostras	
	EM	EPA
Gritz de milho	100	90
Farinha de *Pereskia aculeata* Miller	0	10

Fonte: Autores 2025. EM: Extrusado de Milho; EPA: Extrusado de *Pereskia aculeata* Miller.

- **Análise bromatológica das folhas e dos *snack***

O produto extrusado e as folhas secas foram submetidos a análises básicas de composição para fins de comparação. Os materiais foram avaliados quanto ao teor de cinzas, por incineração em mufla a 600 °C; à proteína bruta, determinada pelo método Kjeldahl, utilizando o fator de conversão de 6,25 (N × 6,25); e ao extrato etéreo, obtido

por extração contínua em aparelho *Soxhlet*. Também foram analisados os teores de fibra bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, além da concentração de ferro, medida por espectrofotometria de absorção atômica. Todas as determinações seguiram os protocolos recomendados pela AOAC (2010).

- **Determinação de Compostos Fenólicos Totais e Avaliação da capacidade antioxidante**

Os extratos a foram obtidos por extração com metanol na proporção 1:5 (material:solvente), permanecendo sob agitação constante a 130 rpm e protegidos da luz por 2 horas. Após esse período, cada amostra foi filtrada a vácuo, e o extrato líquido obtido foi utilizado nas análises subsequentes.

Para a determinação do teor de fenólicos totais, foi empregado o método de Folin-Ciocalteu, conforme descrito por Singleton e Rossi (1995). A quantificação foi realizada a partir de uma curva padrão de ácido gálico ($R^2 = 0,99$), e os resultados foram expressos em µg de equivalente de ácido gálico (EAG) por mg de alimento.

A atividade antioxidante foi avaliada por meio do método de 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) para sequestro de radicais livres e do ensaio de capacidade redutora do ferro (FRAP), conforme descrito por Rufino *et al.* (2010). No método DPPH, a curva padrão foi construída com Trolox, apresentando coeficiente de determinação $R^2 = 0,99$, e os resultados foram expressos em µM equivalentes de Trolox (ET)/µg de alimento. Para o método FRAP, também foi utilizada curva padrão com Trolox ($R^2 = 0,99$), e os resultados foram expressos em µM equivalentes de Trolox (ET)/mg de alimento.

- **Análise Estatística**

A análise estatística foi realizada utilizando o software computacional R, com base no aplicativo RStudio. Os resultados foram expressos pela média seguida de desvio padrão, e tratados pela análise de variância (ANOVA) e pelo Teste de Tukey, para avaliar a diferença entre as médias ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Resultados e Discussões

- **Parâmetros bromatológicos**

A partir das análises centesimais realizadas nas amostras obtidas após a extrusão, bem como nas farinhas das folhas abordadas neste estudo, apresentam-se os resultados referentes aos parâmetros bromatológicos, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado dos parâmetros bromatológicos das folhas de *Pereskia aculeata* Miller e nos extrusados formulados.

Parâmetros	Amostras		
	PA	EPA	EM
Cinzas (%)	45,05 ± 2,57[a]	46,53 ± 0,91[a]	45,23 ± 1,23[a]
Lipídeos (%)	7,31 ± 1E-04[a]	3,86 ± 1E-04[b]	3,44 ± 1E-04[c]
Proteínas (%)	35,29 ± 0,45[a]	11,73 ± 0,23[b]	8,31 ± 0,002[c]
Fibra Bruta (%)	9,30 ± 0,096[a]	2,78 ± 0,064[b]	0,23 ± 0,006[c]
Fibra Detergente Ácido (%)	17,558 ± 0,049[a]	2,85 ± 0,013[b]	0,28 ± 1,45E-06[c]
Fibra Detergente Neutro (%)	50,40 ± 0,048[a]	6,85 ± 1,18E-30[b]	3,46 ± 0,0003[c]
Teor de Ferro (ppm)	6,355	0,958	0,280

Fonte: Autores 2025. Méd±DP: média±desvio padrão, letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de variância. PA: Farinha de *Pereskia aculeata* Miller; EM: Extrusado de Milho; EPA: Extrusado de *Pereskia aculeata* Miller.

O teor de cinzas reflete a quantidade de minerais remanescentes após a calcinação das amostras (Rodrigues *et al.*, 2015). No presente trabalho, não houve diferença estatística significativa entre as amostras avaliadas ($p > 0,05$), indicando que a concentração de minerais presentes nas folhas e nos extrusados foi semelhante.

Ao compararmos os valores obtidos para as folhas de *Pereskia aculeata* com dados da literatura, observa-se que os resultados deste estudo foram superiores, já que estudos anteriores relataram valores de aproximadamente 16,10% (Takeiti *et al*., 2009) e 15% (Almeida *et al*., 2014). A maior concentração de cinzas observada nas amostras analisadas provavelmente se deve a fatores como localização geográfica, período de colheita, características do solo e outras condições ambientais que influenciam a composição mineral das plantas.

Quanto ao teor de lipídios, observaram-se diferenças estatisticamente significativas entre as amostras ($p < 0,05$). O valor obtido para a farinha de *Pereskia aculeata* (PA) foi semelhante aos relatados por Ferreira *et al.* (2022) e Santana *et al.* (2018), que encontraram 6,74% e 10,23%, respectivamente, em farinhas de folhas secas da espécie. Nos *snacks* formulados, verificou-se um discreto aumento no teor lipídico na amostra com adição da farinha (EPA), em comparação à amostra sem a adição (EM),

embora ambos os valores permaneçam baixos. Esse comportamento é favorável do ponto de vista nutricional, uma vez que tanto os *snacks* quanto as farinhas apresentam teor de lipídios totais reduzido, característica desejável para produtos destinados a dietas com baixa ingestão lipídica (Rodrigues *et al.*, 2015).

Os teores de proteínas diferiram significativamente entre as amostras avaliadas ($p < 0,05$). A farinha de *Pereskia aculeata* (PA) apresentou o maior valor proteico (35,29 ± 0,45%), superior ao reportado em diversos estudos prévios, que indicam concentrações entre 17,9% e 23,8% em farinhas ou folhas secas da espécie (Santos *et al*., 2021; Souza *et a*l., 2016; Vargas *et al*., 2017).

Essa amplitude é característica de *P. aculeata*, reconhecida como uma fonte de proteína não fracionada, com valores comparáveis a outras plantas folhosas de elevado valor nutricional, como a taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) (Araújo *et al*., 2019) e até mesmo a leguminosas e oleaginosas tradicionalmente ricas em proteínas, como feijão-guandu, feijão-mangalo e amendoim (Nepa, 2011; Benevides *et al*., 2019).

A variabilidade nos teores proteicos relatados para a espécie pode estar associada a fatores agronômicos e ambientais. O sombreamento, por exemplo, tem sido relacionado ao aumento no acúmulo proteico nas folhas, segundo Queiroz *et al*. (2015), enquanto a disponibilidade de nitrogênio no solo exerce influência direta sobre a síntese de proteínas nas plantas (Guimarães *et al.*, 2013). Assim, o teor elevado observado nesta pesquisa para PA pode refletir condições favoráveis de cultivo e desenvolvimento vegetal.

Nos produtos extrusados, o teor proteico do EPA foi reduzido em relação à farinha PA, o que pode ser explicado tanto pelo efeito de diluição decorrente da formulação à base de milho quanto pelas alterações estruturais provocadas pelo processamento por extrusão. Apesar dessa redução, a adição de *P. aculeata* no extrusado (EPA) elevou significativamente o teor proteico em comparação ao produto padrão (EM), evidenciando o potencial da espécie para o enriquecimento nutricional de *snacks* extrusados. Esses resultados reforçam a viabilidade do uso de *P. aculeata* como ingrediente funcional e alternativa vegetal relevante para aumentar o valor proteico de produtos processados.

A análise dos parâmetros de fibra bruta (FB), fibra detergente ácido (FDA) e fibra detergente neutro (FDN) revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras estudadas, evidenciando o impacto do processamento sobre a composição fibrosa.

Os dados indicam que a porcentagem de fibra bruta (FB) nas amostras extrusadas apresenta redução em relação ao teor inicial das farinhas. Entretanto, observa-se que os extrusados contendo folhas de *Pereskia aculeata* (EPA) mantêm uma quantidade

significativa de FB em comparação ao extrusado de milho (EM). No que se refere à composição das farinhas das folhas, Silva *et al.* (2006) reportaram 5,58% de FB em base seca, enquanto Ferreira *et al.* (2022) encontraram valores superiores (6,93 %), valores inferiores aos obtidos no presente estudo.

Segundo a legislação brasileira, alimentos com pelo menos 3% de fibra podem ser considerados fonte de fibra (Brasil, 2022), indicando que o material vegetal apresenta potencial nutricional relevante quando consumido na forma natural e na porção adequada. Esses valores são consistentes com os resultados obtidos na presente pesquisa e confirmam que a farinha de folhas de *Pereskia aculeata* possui teor expressivo de fibra, contribuindo positivamente para o perfil nutricional dos extrusados formulados.

Quanto às fibras em detergente ácido (FDA) e em detergente neutro (FDN), os resultados mostram um padrão de teores elevados nas farinhas, enquanto os *snacks* contendo folhas apresentam valores moderados, porém ainda superiores ao extrusado de milho. Isso evidencia que o processo de extrusão permite preservar propriedades funcionais importantes presentes nas folhas. Almeida *et al.* (2014) relataram valores de FDA significativamente inferiores (2,43%), e Takeiti *et al.* (2009) registraram 5,2% para PA, ambos abaixo dos encontrados neste estudo. No caso da FDN, Takeiti *et al.* (2009) relataram 33,9% para a farinha de PA, inferior ao valor obtido neste estudo. Esses resultados reforçam que a incorporação das folhas nos extrusados contribui para a preservação de fibras importantes, elevando o valor nutricional do produto final.

Em relação ao teor de ferro, o valor obtido para a farinha das folhas de *Pereskia aculeata* (PA) foi inferior ao reportado por outros autores. Santos (2023) registrou aproximadamente 154 ppm, resultado semelhante ao de Girão *et al.* (2003), que encontrou 140,36 ppm, enquanto Almeida *et al.* (2014) relatou o maior teor, 205 ppm, para farinhas de folhas da espécie.

As diferenças entre o teor observado neste estudo e os valores descritos na literatura podem ser atribuídas ao estado nutricional da planta, à concentração e à forma química em que o mineral se encontra, bem como à presença de compostos inibidores ou promotores de sua absorção (Almeida; Silva, 2016). Além disso, fatores como espécie ou variedade, condições de cultivo, tempo e condições de armazenamento, métodos analíticos empregados e a parte da planta utilizada também influenciam significativamente o conteúdo mineral (Bauer; Wally; Peter, 2014).

Almeida *et al.* (2014) relataram que a farinha de *Pereskia aculeata* apresenta teor de ferro superior ao do fígado bovino (5,6-5,8 ppm) e à maioria das hortaliças e

leguminosas. No entanto, como destaca Gallaghe (2010), o ferro não heme presente na planta possui absorção reduzida, cerca de 5% do total ingerido. Ainda assim, a ora-pro-nobis representa uma fonte relevante desse mineral, podendo contribuir para reduzir a deficiência de ferro na população brasileira.

Quanto ao teor de ferro nos *snacks* formulados, verificou-se um leve aumento na amostra contendo farinha de *Pereskia aculeata* (EPA) em comparação à amostra sem adição (EM), evidenciando a contribuição nutricional dessa planta quando incorporada a formulações alimentícias.

- **Compostos Fenólicos Totais e Capacidade Antioxidante**

A avaliação da capacidade antioxidante das amostras obtidas após a extrusão, bem como da farinha das folhas abordadas neste estudo, apresenta-se os resultados referentes à composição fenólica total e atividade antioxidante por DPPH e FRAP, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado da composição fenólica total e atividade antioxidante das folhas de *Pereskia aculeata* Miller e nos extrusados formulados.

Parâmetros	Amostras		
	PA	EPA	EM
Compostos Fenólicos Totais (µg GAE/mg de alimento)	2,05 ± 0,40[a]	0,97 ± 0,09[b]	0,17 ± 0,01[c]
DPPH (µM TE/µg de alimento)	554,17 ± 20,14[a]	529,15 ± 36,26[b]	115,98 ± 11,51[c]
FRAP (µM TE/mg de alimento)	10,12 ± 2,55[a]	5,39 ± 1,01[a]	0,91 ± 0,20[b]

Fonte: Autores 2025. Méd±DP: média±desvio padrão, letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de variância. PA: Farinha de *Pereskia aculeata* Miller; EM: Extrusado de Milho; EPA: Extrusado de *Pereskia aculeata* Miller.

Os compostos fenólicos são caracterizados por possuírem um ou mais anéis aromáticos com grupos hidroxila, enquanto os polifenóis consistem em moléculas formadas por múltiplos anéis aromáticos e um ou vários grupos hidroxila (Zhang; Tsao, 2016). Esses compostos são amplamente reconhecidos por suas propriedades antioxidantes, entendidas, segundo Halliwell (1990), como substâncias capazes de retardar significativamente ou até inibir a oxidação de determinados substratos quando presentes em concentrações adequadas.

A ação antioxidante dos fenólicos pode se manifestar por meio de diversos mecanismos bioquímicos, incluindo a captura de radicais livres, a quelagem de íons

metálicos, a inativação de enzimas geradoras de radicais, o estímulo de enzimas endógenas com potencial antioxidante, além da prevenção da peroxidação lipídica, danos ao DNA, modificação de proteínas e degradação de açúcares (Carocho; Morales; Ferreira, 2017).

O teor de compostos fenólicos totais da farinha de *Pereskia aculeata* (PA) obtido neste estudo foi inferior aos valores reportados na literatura. Sim *et al.* (2010) identificaram, em suas análises, um teor de 45,99 mg GAE/g de extrato, enquanto Almeida *et al.* (2014) encontraram, em média, 19,7 mg EAG por 100 g nas duas espécies avaliadas por eles.

As diferenças observadas no teor de compostos fenólicos podem ser atribuídas a diversos fatores relacionados ao processo de extração. A proporção solvente:amostra influencia diretamente o rendimento, sendo que maiores volumes de solvente favorecem o contato dos bioativos com o extrator até atingir o equilíbrio de concentração. Além disso, o tamanho da partícula da amostra vegetal afeta a extração, já que partículas menores aumentam a superfície disponível e promovem ruptura das paredes celulares, facilitando a liberação dos fenólicos. A temperatura também desempenha papel importante, pois sua elevação aumenta a solubilidade dos compostos e a taxa de transferência de massa, embora exposições prolongadas a altas temperaturas possam degradar os fenólicos devido à sua suscetibilidade à oxidação (Souza, 2014).

Embora o valor obtido tenha sido inferior aos reportados na literatura, a incorporação da farinha de *Pereskia aculeata* na formulação do *snack* (EPA) promoveu um aumento significativo ($p < 0,05$) nos compostos fenólicos no produto final, em comparação à formulação sem adição da farinha (EM).

Quanto à atividade antioxidante determinada pelos métodos DPPH e FRAP, os resultados obtidos para a farinha das folhas de *Pereskia aculeata* (PA) no presente estudo são semelhantes aos reportados por Wolupeck *et al.* (2025) para extratos das folhas da mesma espécie, com 554,17 μM TE μg^{-1} para DPPH e 10,12 μM TE mg^{-1} para FRAP, ambos também extraídos com metanol como solvente.

Além disso, em ambas as técnicas avaliadas, a incorporação da farinha de ora-pro-nobis na formulação do *snack* (EPA) resultou em um aumento da atividade antioxidante do produto final em relação ao *snack* sem adição da farinha (EM), evidenciando o potencial funcional da *Pereskia aculeata* na melhoria do valor nutricional de alimentos processados.

Considerações Finais

A adição de 10% de farinha de *Pereskia aculeata* Miller aos produtos extrusados (EPA) resultou em *snacks* nutricionalmente superiores ao controle (EM), com aumento significativo nos teores de proteínas, fibras, ferro e atividade antioxidante, demonstrando o potencial da espécie como ingrediente funcional e enriquecedor. Embora o processamento por extrusão possa ter ocasionado redução parcial de compostos fenólicos e frações fibrosas, os valores obtidos no produto enriquecido permaneceram superiores aos do extrusado padrão, evidenciando boa retenção de componentes bioativos e minerais. Os resultados confirmam que a ora-pro-nóbis é uma PANC de elevado valor nutricional, capaz de melhorar a qualidade de alimentos processados e contribuir para a diversificação de ingredientes alternativos na indústria de alimentos. Dessa forma, sua aplicação em formulações extrusadas mostra-se viável e promissora, sendo recomendada a continuidade de estudos que explorem diferentes proporções de adição, variações no processo de extrusão e análises complementares de biodisponibilidade.

Referências

ALMEIDA CALLOU; DA SILVA, K.R. Mariana Costa Fonseca. Biodisponibilidade de micronutrientes e compostos bioativos: aspectos atuais. **Revista Eletrônica da Estácio Recife**, v. 2, n. 1, 2016.

ALMEIDA, Martha Elisa Ferreira de *et al.* Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como ora-pro-nobis. **Biosci. j.(Online)**, p. 431-439, 2014.

ALMEIDA, Martha Elisa Ferreira de; CORRÊA, Angelita Duarte. Utilização de cactáceas do gênero Pereskia na alimentação humana em um município de Minas Gerais. **Ciência Rural**, v. 42, p. 751-756, 2012.

ARAUJO, Sarah de Souza et al. Bromatology, food chemistry and antioxidant activity of Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott. 2019. DOI: https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i3.1924

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: AOAC, 2010.

BARBOSA, Déborah Monteiro *et al*. Does the label 'unconventional food plant'influence food acceptance by potential consumers? A first approach. **Heliyon**, v. 7, n. 4, 2021.https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06731

BAUER, V.R.P; WALLY, A.P; PETER, M.Z. Tecnologia de frutas e hortaliças. Instituto Federal de Educação, Ciencia e Tecnologia – Campus Pelotas. **Apostila e-Tec Brasil**. 2014.

BENEVIDES, CM de J. et al. Germinação e desidratação de leguminosas: efeito na composição nutricional, compostos bioativos e atividade antioxidante de feijão andu e mangalô do Peru. **Revista Virtual de Química**, v. 4, 2019.

BERTIPAGLIA, Liandra Maria Abaker *et al.* Alterações bromatológicas em soja e milho processados por extrusão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 2003-2010, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 711, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, p. 183, 6 jul. 2022.

CAROCHO, Márcio; MORALES, Patricia; FERREIRA, Isabel CFR. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. **Trends in food science & technology**, v. 71, p. 107-120, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.008

CARVALHO, Miriam Corrêa de; BARACAT, Emílio Carlos Elias; SGARBIERI, Valdemiro Carlos. Anemia ferropriva e anemia de doença crônica: distúrbios do metabolismo de ferro. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, SP, v. 13, n. 2, p. 54–63, 2015. DOI: https://doi.org/10.20396/san.v13i2.1832

EMBRAPA HORTALIÇAS. Equipe técnica: BOTREL, Neide; MADEIRA, Nuno Rodrigo; MELO, Raphael Augusto de Castro; AMARO, Geovani Bernardo. **Hortaliças não convencionais. Hortaliças tradicionais: ora-pro-nóbis**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017. 1 folder.

FERREIRA, Aline Louzada *et al*. Caracterização do pó de ora-pro-nóbis e utilização em massas alimentícias. **Ed. Cient. Dig**, v. 9, 2022.

GALLAGHER, M. L. Os nutrientes e seu metabolismo. In: MAHAN, L. K.; ESCOTTSTUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia.** 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. cap. 3, p. 39-143

GIRÃO, Lúcio Vilela Carneiro et al. Avaliação da composição bromatológica de ora-pro-nobis. **Hortic Bras**, v. 21, n. 2, p. 411-403, 2003.

GUIMARÃES, Dimitrius Santiago P. *et al*. Concentração de proteína solúvel por Bradford revela diferenças no metabolismo de plantas de ora-pro-nobis em diferentes doses de nitrogênio. 2013.

HALLIWELL, Barry. How to characterize a biological antioxidant. **Free radical research communications**, v. 9, n. 1, p. 1-32, 1990. DOI: https://doi.org/10.3109/10715769009148569

HARPER, J. M. (1989). Food extrusion. In: SINGH, R. P.; MEDINA, A. G. (Ed.). **Food properties and computer-aided engineering of food processing systems.** Dordrecht: Springer, v. 168, NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences).

NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisa de Alimentos. **Tabela brasileira de composição de alimentos.** 4. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011.

NOGUEIRA SILVA, Naaman Francisco *et al.* Pereskia aculeata Miller as a novel food source: a review. **Foods**, v. 12, n. 11, p. 2092, 2023.DOI: https://doi.org/10.3390/foods12112092

QUEIROZ, Carla Regina Amorim dos Anjos et al. Crescimento inicial e composição química de *Pereskia aculeata* Miller cultivada em diferentes luminosidades. **Revista Agrogeoambiental,** [S. l.], v. 7, n. 4, 2015. DOI: 10.18406/2316-1817v7n42015695. Disponível em: https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/695. Acesso em: 19 nov. 2025.

RODRIGUES, Sueli et al. Caracterização química e nutricional da farinha de ora-pro-nóbis (Pereskia aculeata Mill.). **Revista Científica Eletrônica de Ciência Aplicadas da FAEF.** São Paulo, Brasil, 2015.

ROGEZ, Hervé. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação**. 2000.

ROSSEN, JL; MILLER, RC. Food Extrusion. **Food Technology**, v. 27, n. 8, p. 46-53, 1973

RUFINO, M. S. M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry,** v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SANTANA, Clistiane Santos et al. Desenvolvimento de suplemento alimentar utilizando ora-pro-nóbis (Pereskia aculeata). **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 10-10, 2018.

SANTOS, Amanda Martins. Elaboração e caracterização físico-química e de compostos fenólicos de farinha de ora-pro-nóbis (Pereskia aculeata). 2023. **Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos)** — Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2023. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3578. Acesso em: 20 nov. 2025.

SANTOS, Lara Soares; DOS ANJOS QUEIROZ, Carla Regina Amorim; MELO, Claudia Maria Tomáz. Cactáceas do gênero Pereskia: composição nutricional e algumas aplicações. **ForScience**, v. 9, n. 2, p. e00702-e00702, 2021.

SANTOS, Pedro Paullo Alves dos *et al.* Desenvolvimento e caracterização de sorvete funcional de alto teor proteico com ora-pro-nóbis (Pereskia aculeata Miller) e inulina. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, p. e2020129, 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/1981-6723.12920

SILVA, M. C. et al. *et al.* Teores de proteína fibra das folhas de taioba, ora-pro-nóbis, serralha e mostarda coletadas no município de Diamantina. **Jornada Acadêmica Cientifica E Tecnologia Da UFVJM**, v. 8, 2006.

SIM, K. S.; SRI NURESTRI, A. M.; NORHANOM, A. W. Phenolic content and antioxidant activity of *Pereskia grandifolia* Haw. (Cactaceae) extracts. **Pharmacognosy Magazine**, Mumbai, v. 6, n. 23, p. 248-254, 2010

SINGLETON, Vernon L.; ROSSI, Joseph A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOUZA, Maria Regina de Miranda et al. Teores de minerais, proteína e nitrato em folhas de ora-pro-nobis submetido a adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, p. 43-50, 2016. DOI:https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4637959

SOUZA, T. C. L. de. Perfil de compostos fenólicos extraídos de folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller). 2014. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)** — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

TAKEITI, C. Y. *et al.* Nutritive evaluation of non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Hants, v. 60, n. 1, p. 148-160, 2009.

VARGAS, Aline Garcias de; DA ROCHA, Raquel Dalla Costa; TEIXEIRA, Sirlei Dias. Influência da sazonalidade na composição centesimal da *Pereskia aculeata* Miller. **Synergismus Scyentifica UTFPR**, v. 12, n. 1, p. 1-7, 2017.

WOLUPECK, H. L. et al. Antioxidant Potential of Pereskia aculeata Miller: A Systematic Review of Evaluation Methods and Bioactive Compounds. **ACS Food Science & Technology**, 2025. DOI: https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.5c00193

ZAPPI, D. C. *et al*. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. Rodriguésia, v. 66, n. 4, p. 1085-1113, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411

ZHANG, Hua; TSAO, Rong. Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti inflammatory effects. **Current Opinion in Food Science**, v. 8, p. 33-42, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.02.002.

CAPÍTULO 6

BIOINSUMOS: USO E APLICAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA

BIOINPUTS: USE AND APPLICATION IN BRAZILIAN AGRICULTURE

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.06

Submetido em: 30/01/2026
Revisado em: 02/01/2026
Publicado em: 03/02/2026

Pedro Octavio Perina
Centro Paula Souza, Escola Técnica Dr José Coury, Rio das Pedras-SP
http://lattes.cnpq.br/1045827394859201

Jean Carlos Sousa da Silva
Centro Paula Souza, Escola Técnica Dr José Coury, Rio das Pedras-SP
http://lattes.cnpq.br/5872301948572039

Joji Shimada
Centro Paula Souza, Escola Técnica Dr José Coury, Rio das Pedras-SP
http://lattes.cnpq.br/69725994353487552757

Rian Albanez Azenha
Centro Paula Souza, Escola Técnica Dr José Coury, Rio das Pedras-SP
http://lattes.cnpq.br/5872301948572039

Alasse Oliveira da Silva
Mestre e doutorando em Fitotecnia ESALQ/USP , Piracicaba-SP
https://orcid.org/0000-0003-2230-1747

Alane Oliveira da Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia, Departamento de Agronomia, Belém-PA

http://lattes.cnpq.br/6972599435348755275 7

Eduarda Pacheco Leão

Universidade Federal Rural da Amazônia, Departamento de Agronomia, Belém-PA

http://lattes.cnpq.br/6972599435348755 27

Dioclea Almeida Seabra Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia, Departamento de Agronomia, Capanema-PA

https://orcid.org/0000-0002-7102-7580

Lenize Oliveira Dos Reis

Universidade Federal Rural da Amazônia, Departamento de Agronomia, Capanema-PA

http://lattes.cnpq.br/6758493029183746

Gustavo Goes dos Santos

Agente de Extensão Rural, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Santa Catarina-SC

http://lattes.cnpq.br/5647382910564738

Resumo

A agricultura brasileira, responsável por grande parte da produção mundial de alimentos, enfrenta desafios relacionados ao uso excessivo de produtos químicos, com impactos ambientais e na saúde, os bioinsumos, compostos por microrganismos, biofertilizantes e defensivos biológicos entre outros, servindo como alternativas aos insumos químicos sintéticos, reduzindo impactos ambientais e promovendo a saúde do solo. A pesquisa baseia-se na análise de estudos acadêmicos e documentos técnicos para avaliar os benefícios dos bioinsumos na melhoria da fertilidade do solo, no controle biológico de pragas e doenças e no aumento da produtividade agrícola. O uso de bionematicidas como Bacillus e fungos, como: Pochonia chlamydosporia, Purpureocillium lilacinus e Trichoderma harzianum são os mais utilizados no manejo biológico atual. Os resultados demonstram que o uso de bioinsumos pode contribuir para a redução da dependência de agroquímicos, melhorar a qualidade dos alimentos e favorecer práticas agrícolas efetivas nas condições tropicais do Brasil. Além disso, sua aplicação integrada a outras tecnologias pode potencializar a resiliência dos sistemas agrícolas frente às mudanças climáticas. Conclui-se que os bioinsumos representam uma alternativa para uma agricultura mais sustentável e produtiva. No entanto, a ampliação de pesquisas, incentivos governamentais específicos e programa de capacitação dos agricultores são fundamentais para garantir sua eficácia e ampla adoção no setor agrícola.

Palavras-Chave: biológicos, agricultura tropical, produtividade, sustentabilidade, inoculantes.

Abstract

Brazilian agriculture, responsible for a large share of global food production, faces challenges related to the excessive use of chemical products, with environmental and health impacts. Bioinputs, composed of microorganisms, biofertilizers, and biological control agents, among others, serve as alternatives to synthetic chemical inputs, reducing environmental impacts and promoting soil health. This research is based on the analysis of academic studies and technical documents to assess the benefits of bioinputs in improving soil fertility, biologically controlling pests and diseases, and increasing agricultural productivity. The use of bionematicides such as *Bacillus* and fungi like *Pochonia chlamydosporia, Purpureocillium lilacinus,* and *Trichoderma harzianum* are among the most commonly used in current biological management. The results show that the use of bioinputs can help reduce dependence on agrochemicals, improve food quality, and support effective agricultural practices under Brazil's tropical conditions. Furthermore, their integration with other technologies can enhance the resilience of agricultural systems in the face of climate change. It is concluded that bioinputs represent an alternative for more sustainable and

productive agriculture. However, expanding research, specific government incentives, and farmer training programs are essential to ensure their effectiveness and widespread adoption in the agricultural sector.

Keywords: biologicals, tropical agriculture, productivity, sustainability, inocula.

Introdução

De acordo com Boschiero (2024), o mercado de bioinsumos no Brasil tem apresentado, nos últimos anos, uma expansão acelerada, indicando uma mudança estrutural no modelo agrícola nacional. Segundo a CropLife Brasil (2024), "o mercado global de bioinsumos agrícolas em 2023 foi avaliado entre US$ 13 e 15 bilhões, incluindo todos os segmentos: controle, inoculantes, bioestimulantes e solubilizadores. A estimativa é que a taxa anual de crescimento global até 2032 seja entre 13% e 14%, o que corresponde a US$ 45 bilhões, valor três vezes maior que o atual".

Nas últimas décadas, a agricultura brasileira passou por um processo de expansão expressiva, consolidando-se como um dos principais produtores e exportadores globais de commodities agrícolas, superando sua antiga condição de país importador de alimentos (CNA, 2021). Esse avanço foi viabilizado por uma combinação de fatores, como a ampla disponibilidade de recursos naturais, o suporte de políticas públicas, o acúmulo de conhecimento técnico-científico e a incorporação contínua de inovações tecnológicas, gera sustentabilidade e competitividade do setor agrícola nacional (EMBRAPA, 2018).

No entanto, os modelos de produção tradicionais demandam por uso excessivo de produtos químicos, como forma de aumentar a produtividade e mitigar efeitos bióticos e abióticos (Rempelos *et al*., 2023). Apesar de ter gerado aumentos consideráveis na produção de alimentos, o uso desses produtos ainda gera muitas controvérsias no cenário ambiental (Moraes; 2019).

Enquanto, por um lado, alegam que são produtos indispensáveis na agricultura por realizar o controle de pragas e doenças que comprometem as lavouras, por outro defendem o combate ao uso excessivo, além de causar riscos ao ambiente, como perda da biodiversidade, contaminação do solo e da água, e a saúde humana dos consumidores (Schmidt *et al*. 2021).

Ademais, a elevação nas concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, especialmente o dióxido de carbono (CO_2), tem provocado impactos adversos, como a intensificação da poluição atmosférica e a alteração dos padrões climáticos,

resultando em riscos à saúde pública e à qualidade de vida em escala global (Schmidt *et al*., 2021).

O uso de bioinsumos tem ganhado cada vez mais espaço na agricultura brasileira devido à demanda por tecnologias que favoreçam a eficiência do manejo, com menor impacto ambiental e compatíveis com diferentes sistemas produtivos. Segundo dados da CropLife Brasil, o mercado de bioinsumos no país teve uma alta de 15% na safra 2023/24, atingindo R$ 2,9 bilhões em valor, impulsionado especialmente pelos biofertilizantes e inoculantes. Além do estímulo governamental por meio do Programa Nacional de Bioinsumos, produtores têm recorrido a essas ferramentas para reduzir a dependência de insumos importados, minimizar os riscos de flutuação cambial e buscar maior estabilidade nos custos de produção. Os bioinsumos oferecem uma alternativa mais compatível com práticas regenerativas, sendo utilizados não apenas para nutrição vegetal, mas também para o manejo biológico de pragas e doenças, com destaque para os microrganismos promotores de crescimento e os agentes de controle biológico. A integração desses produtos às lavouras reflete a busca por práticas agronômicas mais equilibradas e com menor interferência química no solo e no ambiente agrícola (Agroadvance, 2024).

A utilização de bioinsumos na agricultura tropical brasileira apresenta potencial consistente para qualificar o manejo agrícola, ao viabilizar a redução da dependência de insumos químicos sintéticos, favorecer a dinâmica biológica do solo e ampliar as opções de manejo de pragas, doenças e nematoides, sem gerar impactos negativos sobre os níveis produtivos. Nesse contexto, o presente trabalho tem como foco o aprofundamento técnico sobre os bioinsumos em ambientes tropicais, contemplando suas características operacionais, limitações e desafios, bem como a análise do arcabouço regulatório vigente no Brasil, incluindo legislações, políticas públicas e normativas ambientais aplicáveis. Adicionalmente, são discutidas as aplicações práticas desses insumos no sistema produtivo, considerando seus reflexos no funcionamento do agroecossistema e na condução técnica das lavouras.

Metodologia

Este estudo aborda a temática dos bioinsumos no Brasil, destacando sua importância no contexto agrícola e seu impacto na sustentabilidade e inovação do setor. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica nos principais buscadores acadêmicos, reunindo e analisando estudos sobre o tema.

A pesquisa é de natureza secundária, com caráter exploratório e bibliográfico, buscando identificar tendências, desafios e oportunidades relacionadas ao uso de bioinsumos na agricultura brasileira. A busca dos dados foi realizada no período do início de fevereiro de 2025 até final de junho de 2025.

Figura 1: Fluxograma da metodologia e etapa de pesquisa.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os termos de pesquisas utilizados para obtenção de dados durante a pesquisa, sendo pesquisados em dois idiomas (português e inglês), desse modo os tópicos abordados foram:

- Uso de bioinsumos / *Use of Bioinputs*
- Regulamentação e legislação de bioinsumos no Brasil / *Regulation and legislation of bioinputs in Brazil*
- Uso para tratamento de sementes: inoculação e coinoculação / Use for seed treatment: inoculation and co-inoculation
- Biofungicidas no manejo de doenças / Biofungicides in disease management

- Bionematicidas no manejo de nematóides / Bionematicidas no manejo de nematóides
- Bioinseticidas no manejo de pragas / Bioinsecticides in pest management

Desenvolvimento

- **Uso de bioinsumos no Brasil e no mundo**

Embora as pesquisas com bioinsumos no Brasil tenham se intensificado desde a década de 1970, foi nos últimos três anos que o setor experimentou uma aceleração significativa em seu desenvolvimento e adoção comercial (Camargo, 2024). Atualmente, o país ocupa uma posição de destaque no cenário global, sendo líder na produção e aplicação de bioinsumos, como inoculantes, biofertilizantes e agentes biológicos para o controle de pragas. Além disso, o Brasil é reconhecido internacionalmente como referência em regulação de produtos de base biológica, possuindo uma das legislações mais avançadas do mundo nesse segmento (MAPA, 2024).

A crescente demanda por alimentos, aliada à necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis, tem levado a agricultura global a buscar alternativas aos insumos químicos tradicionais. Nesse contexto, os bioinsumos, que são produtos derivados de organismos vivos ou seus metabólitos, ganham destaque como uma solução ecologicamente correta e eficaz para o manejo agrícola. No Brasil, um dos maiores produtores agrícolas do mundo, o uso de bioinsumos tem se expandido principalmente em culturas como soja, milho e cana-de-açúcar, reduz os impactos ambientais da agricultura intensiva (Macedo *et al*., 2020).

Esses produtos, que incluem microrganismos, extratos vegetais e enzimas, têm eficácia mostrada no controle de diretrizes, na promoção do crescimento das plantas e na melhoria das características do solo (Santos *et al*., 2021). Em nível mundial, o uso de bioinsumos também tem se consolidado como tendência no setor agrícola.

No entanto, apesar do potencial, a aplicação de bioinsumos enfrenta desafios, como a escassez de pesquisa apresentada para soluções específicas para diferentes ecossistemas e a falta de capacitação de muitos produtores (Gusmão *et al*., 2019).

- **Regulamentação e legislação de bioinsumos no Brasil**

O uso de bioinsumos na agricultura brasileira tem se expandido nos últimos anos, impulsionado pela busca por práticas mais sustentáveis e pelo interesse crescente em reduzir os impactos ambientais e a dependência de produtos químicos. Bioinsumos são

compostos por microrganismos, extratos vegetais ou outros produtos biológicos que auxiliam no crescimento das plantas, controle de pragas e doenças, e melhoria da qualidade do solo (Macedo *et al*., 2020).

Entretanto, para garantir a segurança e a eficácia desses produtos, é essencial que exista uma regulamentação clara e robusta que regule sua produção, comercialização e aplicação. No Brasil, a regulamentação dos bioinsumos começou a ganhar forma com a publicação da Instrução Normativa nº 2, em 2019, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2019).

Essa normativa estabelece os requisitos técnicos e procedimentos para o registro, a produção e a fiscalização desses produtos, definindo critérios para garantir sua segurança para a saúde humana, animal e o meio ambiente (Brasil, 2019). A legislação visa ainda fornece um ambiente regulatório que fomente a inovação e a adoção de tecnologias biológicas, alinhando-se com as tendências globais de sustentabilidade e atendendo à demanda por alimentos produzidos de maneira mais ecológica e responsável (FAO, 2020).

No entanto, a regulamentação de bioinsumos no Brasil ainda desafios enfrentados, como a necessidade de aprimoramento constante das normas e o estabelecimento de procedimentos mais ágeis para o registro desses produtos. Para que os bioinsumos se consolidem como uma alternativa viável na agricultura, é essencial que a legislação consolide os avanços tecnológicos e as particularidades do setor agrícola brasileiro, promovendo a confiança dos produtores e consumidores (Faria & Santos, 2021).

Dessa forma, uma regulamentação eficaz não só facilita a adoção dessas tecnologias, mas também garante sua implementação de forma segura e sustentável.

- **Uso para tratamentos de sementes: inoculação e coinoculação**

A inoculação e a coinoculação são técnicas de tratamento de sementes que utilizam microrganismos para melhorar o crescimento e a produtividade das plantas (HUNGRIA; CAMPO, 2020).

A inoculação é a introdução de um único microrganismo, enquanto a coinoculação é a introdução de mais de um microrganismo. Na coinoculação, os microrganismos interagem de forma sinérgica, resultando em um maior crescimento vegetal (Hungria; campo, 2020). Exemplo de inoculante usando o a bactéria rizóbios para enriquecer a quantidade de nitrogênio na soja.

Figura 2: Soja inoculada e não inoculada com rizóbio.

Fonte: (Mendes, 2007 apud Viera, 2017, p.54)

A inoculação de sementes de soja com estirpes eficientes e selecionadas de Rhizobium constitui uma prática agronômica fundamental para viabilizar a Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), processo no qual o nitrogênio atmosférico (N_2) é convertido em formas assimiláveis pela planta através da simbiose estabelecida entre os microrganismos e o sistema radicular da leguminosa. Após a inoculação, os rizóbios infectam os pelos radiculares, formando nódulos nas raízes, onde ocorre a fixação do nitrogênio. Quando eficientemente conduzida, a FBN pode suprir integralmente as demandas de nitrogênio da cultura, reduzindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados e promovendo maior sustentabilidade no sistema produtivo (HUNGRIA *et al*., 2007).

Estudos realizados em diferentes regiões produtoras de soja indicam que a Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN) é responsável por mais de 80% do nitrogênio assimilado pela planta ao longo do ciclo produtivo. Esse alto nível de eficiência evidencia que a adoção da FBN foi um dos principais fatores para o êxito da sojicultura no Brasil, contribuindo decisivamente para a competitividade da cultura no cenário agrícola mundial (ZILLI *et al*., 2006).

O trabalho de pesquisa realizada de Co-inoculação de soja com Bradyrhizobium e Azospirillum mostra as vantagens do uso desse método, além disso a diminuição do uso de químicos como nitrogênios. O experimento foi realizado em canteiros,dividos em seis tratamentos, conclui-se que o melhor resultado obtido foi através do uso de bradyrhizobium + azospirillum + P (fósforo) (Dalolio *et al*, 2020) conforme tabela abaixo:

Tabela 1:Valores de p da análise de variância (ANOVA) referentes ao número de vagens (NDV) por planta, número de grãos por planta (NGP) e peso de mil grãos (g).

Tratamento	NDV (número de dias de vigor)	NGP (número de grãos por planta)	Peso (g) por planta
Controle	66,80 ± 0,58e	118,00 ± 0,70e	91,20 ± 0,66e
Bradyrhizobium	80,20 ± 1,39c	175,80 ± 0,86c	115,00 ± 1,64c
Bradyrhizobium* + *Azospirillum	118,40 ± 1,03b	216,00 ± 4,39b	151,20 ± 6,12ª
***Bradyrhizobium* + *Azospirillum* + P**	136,40 ± 1,07ª	237,00 ± 3,08ª	157,40 ± 3,04ª
Azospirillum	70,40 ± 1,36d	126,60 ± 3,95d	102,20 ± 1,88d
***Azospirillum* + P**	81,00 ± 1,00c	182,60 ± 2,24c	125,20 ± 1,35b

Fonte: Dalólio *et al*. (2020, p. 4).

- **Bionematicidas no manejo de nematoides**

O uso de bionematicidas tem se consolidado como uma estratégia eficiente e sustentável no manejo de nematoides fitoparasitas, pragas que causam prejuízos significativos à agricultura brasileira. Diferente dos nematicidas químicos, que geralmente apresentam alta toxicidade e impacto ambiental, os bionematicidas são compostos por microrganismos que agem de forma natural e seletiva sobre os nematoides, promovendo o controle biológico e a recuperação da saúde do solo (Moura, 2021).

Segundo Boschiero (2024), o Brasil conta atualmente com 62 bionematicidas comerciais registrados. Cerca de 70% desses produtos têm como base bactérias do gênero Bacillus, sendo as espécies mais comuns *Bacillus amyloliquefaciens, B. subtilis, B. licheniformis, B. firmus e B. thuringiensis.* Essas bactérias colonizam a rizosfera das plantas, criando barreiras físicas e químicas que dificultam a penetração dos nematoides nas raízes. Além disso, produzem metabólitos tóxicos aos nematoides e alteram a

composição dos exsudatos radiculares, o que dificulta o reconhecimento das raízes pelos patógenos.

Além das bactérias do gênero Bacillus, outros microrganismos também se destacam na formulação de bionematicidas. A bactéria *Pasteuria nishizawae,* por exemplo, é eficaz contra nematoides do gênero Pratylenchus. Fungos como *Pochonia chlamydosporia, Purpureocillium lilacinus* e *Trichoderma harzianum* atuam como parasitas de ovos e juvenis de nematoides, além de promoverem o desenvolvimento vegetal ao induzirem resistência sistêmica e estimularem o crescimento radicular (Lordêlo, 2020).

O modo de ação dos bionematicidas é diverso: pode envolver a morte direta dos nematoides, a inibição de sua reprodução ou ainda a obstrução de sua entrada nas raízes. Segundo a Global Crop Protection (2023), esses microrganismos também restauram o equilíbrio microbiológico do solo, tornando-o menos favorável aos fitonematoides e mais propício ao crescimento das plantas.

Os benefícios dos bionematicidas vão além do controle eficiente. De acordo com a Biotrop (2022), esses produtos apresentam menor custo, não deixam resíduos tóxicos no solo, têm baixa toxicidade ao ser humano e ao meio ambiente e são de fácil aplicação. Outro ponto importante é que muitos desses produtos são desenvolvidos e fabricados no Brasil, o que contribui para sua acessibilidade e disseminação no campo

O crescimento do mercado de bionematicidas reflete a confiança do setor agrícola nesses insumos. Segundo Boschiero (2024) aponta que o mercado de produtos biológicos deve alcançar R$ 3,7 bilhões até 2030, sendo que os bionematicidas representarão cerca de 35% desse valor. Na safra 2018/2019, estima-se que mais de 2,5 milhões de hectares de soja foram tratados com bionematicidas, o que demonstra a adoção crescente dessa tecnologia.

LIMA *et al*. (2019, p. 90) destacam que "os bionematicidas constituem uma alternativa promissora e ecologicamente correta no controle de nematoides, alinhando-se ao manejo integrado de pragas e à agricultura sustentável".

- **Bioinseticidas no manejo de pragas**

POLANCZYK (2023, p. 1) afirma que "bioinseticidas são produtos biológicos que combatem pragas que atacam a lavoura. Mas, diferentemente dos defensivos químicos, eles são formulados a partir de microrganismos ou de moléculas derivadas

destes organismos, o que os torna menos agressivos ao meio ambiente do que os agrotóxicos convencionais".

Microrganismos entomopatogênicos, incluindo vírus, fungos e bactérias, são capazes de induzir doenças específicas em insetos-praga, contribuindo efetivamente para o controle populacional desses organismos. A principal vantagem do uso desses agentes biológicos reside em sua elevada seletividade e especificidade em relação aos alvos, além da ampla diversidade taxonômica e da facilidade de manejo em sistemas agrícolas. Adicionalmente, inseticidas biológicos apresentam baixo impacto ambiental e não acarretam riscos significativos à saúde humana (SILVA, 2023).

Destaca-se que *Bacillus thuringiensis* (Bt) é reconhecido como seguro para humanos e constitui um dos biopesticidas ambientalmente compatíveis mais utilizados globalmente. Genes inseticidas oriundos dessa bactéria foram incorporados a diversas culturas agrícolas de importância econômica, conferindo resistência a insetos-praga e estabelecendo um paradigma para a aplicação da engenharia genética na agricultura moderna (IBRAHIM *et al*., 2010).

- **Bioestimulantes**

Bioestimulantes são substâncias que, quando aplicadas em plantas, estimulam processos naturais que melhoram o desenvolvimento e a saúde das plantas. Eles podem ser de origem natural ou sintética e são utilizados em aplicações como tratamento de sementes, aplicação foliar ou no solo (Lopes, 2021). Silva (2023) apresenta alguns exemplos de bioestimulantes e seus respectivos mecanismos de ação: Extratos de algas marinhas, obtidos a partir de diferentes grupos de algas, como as vermelhas, verdes e pardas, esses extratos são ricos em compostos com atividade biológica, a exemplo de aminoácidos, vitaminas, minerais, polissacarídeos e fitohormônios. Sua aplicação favorece o desenvolvimento vegetal, reforça a nutrição das plantas e contribui para que elas enfrentem melhor as condições desfavoráveis, além de influenciar positivamente na fisiologia e nas características finais das culturas.

Ácidos húmicos e fúlvicos, formados a partir da decomposição de resíduos orgânicos no solo, esses compostos influenciam diretamente nas propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente edáfico. Entre os efeitos observados, estão o favorecimento das trocas iônicas, a melhoria da retenção de água e nutrientes e o estímulo às comunidades microbianas do solo.

Microrganismos associados às plantas, englobam bactérias, fungos e outros seres microscópicos que estabelecem relações simbióticas ou de cooperação com as raízes. Essas interações atuam em processos como a fixação de nitrogênio atmosférico, liberação de fósforo presente no solo, produção de substâncias reguladoras do crescimento vegetal e supressão de organismos patogênicos.

Aminoácidos e peptídeos, presentes na estrutura das proteínas, são elementos-chave no metabolismo celular. Servem como base para a formação de hormônios, enzimas, pigmentos e compostos de defesa. Também participam da complexação de nutrientes, favorecendo seu transporte e assimilação pelas plantas.

Enzimas, sendo moléculas proteicas com função catalítica, promovem reações indispensáveis ao funcionamento da planta. Estão envolvidas em processos como fotossíntese, respiração, produção de compostos orgânicos e degradação de macromoléculas. A aplicação exógena pode otimizar o uso dos recursos energéticos e a assimilação de nutrientes.

Bioestimulantes vegetais são formulações que reúnem reguladores naturais com compostos de origem biológica, como aminoácidos, vitaminas e minerais, aplicados durante diferentes fases do ciclo das culturas. Esses produtos favorecem processos celulares como divisão, elongação e diferenciação, resultando em melhor aproveitamento da água e dos nutrientes disponíveis no solo. Tais efeitos podem ser observados em etapas como germinação, desenvolvimento vegetativo, florescimento, formação de frutos e maturação, com reflexos diretos sobre o comportamento agronômico da lavoura (Silva *et al*., 2008).

No experimento realizado por Silva (2010), que avaliou o impacto da aplicação de bioestimulantes na soja, foi constatado aumento no número de vagens por planta e na produção final de grãos. As aplicações via semente e foliar apresentaram resultados equivalentes, com destaque para o tratamento com bioestimulante, que alcançou resultado 37% superior em comparação à área não tratada.

Considerações Finais

O uso de bioinsumos no Brasil tem se tornado uma alternativa sustentável a agricultura convencional, apesar do avanço, existe a necessidade de mais pesquisa e capacitação para adoção de forma eficiente e segura. A regulamentação dos bioinsumos é fundamental para assegurar a sua eficácia, segurança e confiabilidade no uso agrícola.

É necessário que a legislação continue evoluindo conforme os avanços tecnológicos e as demandas do setor produtivo.

O Brasil já conta com mais de 60 bionematicidas comerciais registrados, sendo a maioria baseada em bactérias do gênero Bacillus. Resultados de experimentos com coinoculação, como os realizados com *Bradyrhizobium e Azospirillum*, demonstraram um aumento na produtividade da soja. Os bionematicidas como os nematoides fitoparasitas, se destacam como uma solução sustentável e economicamente viável.

Os bioinseticidas são produtos biológicos que combatem pragas de forma mais sustentável que os agrotóxicos químicos, utilizando microrganismos como vírus, fungos e bactérias. Eles são altamente seletivos, não causam poluição ambiental nem prejudicam a saúde humana. O *Bacillus thuringiensis* (Bt) é um exemplo eficaz, amplamente utilizado em culturas resistentes a insetos.

Os bioestimulantes são substâncias que promovem o crescimento e a saúde das plantas, estimulando processos naturais essenciais. Sua aplicação pode melhorar a absorção de nutrientes e aumentar a produtividade das culturas. Exemplos incluem extratos de algas, ácidos húmicos e microrganismos benéficos. Os bioestimulantes oferecem uma solução sustentável para otimizar a agricultura.

Referências

AGROADVANCE. Controle biológico de nematoides: 5 microrganismos utilizados. Agroadvance, 2023. Disponível em: https://agroadvance.com.br/blog-controle-biologico-de-nematoides/. Acesso em: 29 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 2, de 10 de janeiro de 2019. Estabelece os procedimentos para a produção, comercialização e utilização de bioinsumos de uso agrícola. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 8, p. 4, 11 jan. 2019. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/60345652. Acesso em: 29 abr. 2025.

BUCHELT, A. C. et al. Aplicação de bioestimulantes e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 6, n. 4, p. 69–74, out./dez. 2019.

CAMARGO, I. Brasil pode liderar uso de bioinsumos no mundo ainda nesta década. **Globo Rural**, 18 mar. 2024. Disponível em: https://globorural.globo.com/agricultura/noticia/2024/03/brasil-pode-liderar-uso-de-bioinsumos-no-mundo-ainda-nesta-decada.ghtml. Acesso em: 28 abr. 2025.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). Panorama do agro. Brasília, DF: CNA, 2021. Disponível em: https://cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro. Acesso em: 8 ago. 2024.

CROPLIFE BRASIL. Mercado de bioinsumos cresceu 15% na safra 2023/2024. São Paulo: CropLife Brasil, 2024. Disponível em: https://croplifebrasil.org/mercado-de-bioinsumos-cresceu-15-na-safra-2023-2024/. Acesso em: 26 maio 2025.

DALOLIO, R. S. et al. Co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 7, n. 2, p. 1–7, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327097118. Acesso em: 20 abr. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Fome zero e agricultura sustentável: contribuições da Embrapa*. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FAO. *The state of food and agriculture 2018: migration, agriculture and rural development*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.

GUSMÃO, P. A. et al. Bioinsumos: potencial para uma agricultura sustentável no Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 2, p. 123–135, 2019.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C.; GRAHAM, P. H. *Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Soja, 2007.

JACQUES, R. J. S. et al. *Desenvolvimento de um bioinseticida para o controle das lagartas da soja*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, [s.d.].

LIMA, I. M. et al. Bionematicidas contemporâneos: aplicabilidade e importância no manejo de fitonematoides em áreas agrícolas. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 10, p. 90–104, 2019. Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/3962. Acesso em: 5 maio 2025.

LOPES, V. R. Bioestimulantes na agricultura. **Boletim Informativo dos Projetos Públicos de Irrigação**, 24. ed. Brasília, DF: CODEVASF, 2021. Disponível em: https://www.codevasf.gov.br/assuntos/agricultura-irrigada/projetos-de-irrigacao/bip/24a-edicao/bioestimulantes-na-agricultura. Acesso em: 21 abr. 2025.

MACEDO, I. R. et al. Bioinsumos no Brasil: impacto no controle biológico e na produtividade agrícola. **Jornal de Agricultura Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 45–59, 2020.

MARCELINO, A. F. *Bacillus thuringiensis como bioinseticida: uma avaliação do estado da arte e bioensaio*. 2019. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019.

MORAES, R. F. *Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política de regulação e prevenção da captura regulatória*. Brasília, DF: IPEA, 2019. (Texto para Discussão, n. 2506).

PIOVESAN, R.; TAVARES, C. A.; PUTTI, F. F. Avaliação de substratos para o cultivo de orquídeas. **Revista Cultivando o Saber**, v. 2, n. 3, 2009. Disponível em: https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/675/593. Acesso em: 21 abr. 2025.

POLANCZYK, R. A. Ação de bioinseticidas pode levar ao desenvolvimento de resistência por parte das pragas. **Jornal da Unesp**, 19 abr. 2023. Disponível em: https://jornal.unesp.br/2023/04/19/acao-de-bioinseticidas-tambem-pode-levar-ao-desenvolvimento-de-resistencia-por-parte-das-pragas-problema-que-ja-afeta-agrotoxicos-tradicionais/. Acesso em: 5 maio 2025.

REMPELOS, L. et al. Effects of climatic conditions and agronomic practices on yield and nutritional composition of crops. **Agronomy**, v. 13, n. 5, p. 1225, 2023.

SANTOS, A. D. et al. Bioinsumos e qualidade do solo: estudo no estado de São Paulo. **Ciência e Tecnologia Agropecuária**, v. 39, n. 3, p. 215–227, 2021.

SANTOS, D. G. et al. Germination and early development of corn seeds under the influence of plant growth regulator. **Journal of Agriculture and Ecology Research International**, v. 17, n. 1, p. 1–6, 2018.

SANTOS, J. P.; OLIVEIRA, A. L. P.; PUTTI, F. F. Bioinsumos na agricultura: panorama tecnológico das patentes biológicas. **Revista de Gestão e Secretariado – GeSec**, São José dos Pinhais, v. 15, n. 9, p. 1–18, 2024. DOI: 10.7769/gesec.v15i9.4137. Acesso em: 24 mar. 2025.

SCHMIDT, M. W. et al. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. **Nature**, v. 478, n. 7367, p. 49–56, 2011.

SILVA, A. O. Bioestimulantes: o que são, como funcionam, mecanismos de ação e formas de aplicação. **Agroadvance**, 29 nov. 2023. Disponível em: https://agroadvance.com.br/blog-bioestimulantes/. Acesso em: 29 abr. 2025.

SILVA, A. S. V. Fungos entomopatogênicos como agentes de controle biológico. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/55459/1/TCC%20Andressa%20Samara%20Vieira%20da%20Silva.pdf. Acesso em: 29 abr. 2025.

CAPÍTULO 7

MÉTODO ENVIRONMENTAL RISK INDEX APLICADO AOS AGROTÓXICOS COMERCIALIZADOS EM VITÓRIA DE SANTO ANTÃO-PE, COM FOCO NA COMUNIDADE DO NATUBA

RISK INDEX ENVIRONMENTAL METHOD APPLIED TO PESTICIDES SOLD IN VITÓRIA DE SANTO ANTÃO-PE, WITH FOCUS AT THE NATUBA COMMUNITY

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.07

Submetido em: 13/01/2026
Revisado em: 27/01/2026
Publicado em: 03/02/2026

Jonathas Gomes de Carvalho Marques
Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/5660568289427068

Suzana Maria Gico Lima Montenegro
Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/7831378362627809

Marília Regina Costa Castro Lyra
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Departamento Acadêmico de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/8377604450079156

Anderson Luiz Ribeiro de Paiva
Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/8275483858862408

Rogéria Mendes do Nascimento
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Departamento Acadêmico de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, Recife-PE

http://lattes.cnpq.br/2783592629711288

Jurandir Barbosa Cavalcante Júnior

Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do Estado de Pernambuco, Superintendência de Defesa e Inspeção Vegetal, Recife-PE

http://lattes.cnpq.br/5204052890141270

Elifas Soares dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina, Carpina-PE

http://lattes.cnpq.br/5082372610315997

Resumo

O crescimento do uso de agrotóxicos no Brasil, associado às características específicas dos compostos, tem levado a um cenário de alto risco para degradação das matrizes ambientais a partir da bioacumulação destas na cadeia trófica, inclusive o ser humano. Sendo assim, este estudo visou calcular e ranquear os agrotóxicos utilizados no município de Vitória de Santo Antão (PE), com foco na comunidade agrícola de Natuba (importante polo agrícola de Pernambuco), quanto ao potencial de contaminação do meio ambiente, inclusive o aquífero local. Para tanto, foi realizada análise amostral de 1.375 receituários agronômicos (biênio 2022-2023) de duas casas de revenda agropecuária do município e foram aplicados questionários a 24 produtores rurais da referida comunidade, para levantamento dos produtos comercializados na cidade e aplicados na microrregião, respectivamente. Os resultados indicam maior potencial contaminante dos compostos diuron, glifosato, mancozeb e MSMA para Vitória de Santo Antão e do glifosato e mancozebe para a comunidade de Natuba. Os dados sugerem evitar a utilização destes compostos e, caso necessário seu uso, substituí-los por outros com menor potencial contaminante, visando à menor inserção de substâncias danosas no meio ambiente.

Palavras-Chave: avaliação de risco ambiental, contaminação ambiental por agrotóxicos, ERI

Abstract

The growth in the use of pesticides in Brazil, associated with the specific characteristics of the compounds, has led to a high-risk scenario for the degradation of environmental matrices due to their bioaccumulation in the trophic chain, including humans. Therefore, this study aimed to calculate and rank the pesticides used in the city of Vitória de Santo Antão (PE), focusing on the agricultural community of Natuba (an important agricultural hub in Pernambuco), regarding the potential for contamination of the environment, including the aquifer. So, a sample analysis of 1,375 agronomic prescriptions (2022-2023) from two agricultural resale houses in the city was carried out and questionnaires were applied to 24 rural producers from the aforementioned community, to survey the products sold in the city and applied in the microregion, respectively. The results indicate greater contaminant potential of the compounds diuron, glyphosate, mancozeb and MSMA for Vitória de Santo Antão and glyphosate and mancozeb for the community of Natuba. The data suggests avoiding the use of these compounds and, if necessary, replacing them with others with less contaminating potential, aiming to reduce the insertion of harmful substances into the environment.

Keywords: environmental risk assessment, environmental contamination by pesticides, ERI

Introdução

A utilização de agrotóxicos na agricultura brasileira foi impulsionada pela redução/isenção de impostos, dentre outros benefícios para os produtores, que implicou diretamente no barateamento desses insumos químicos (Marques *et al*., 2019, 2020). Apesar de evidências científicas a respeito dos impactos ambientais negativos, o poder decisório se concentra no confronto entre apoiadores e opositores (Moraes, 1990). Diante desse contexto, o país se tornou gradativamente o maior consumidor deste agroquímico no mundo, com valores crescentes ano após ano (Pignati *et al.,* 2017; Marques *et al.,* 2020).

Apesar da utilização desses produtos para combater as pragas/doenças nos cultivos agrícolas, utilizando a justificativa de aumento da produtividade, diversos estudos concluíram a necessidade de atenção quanto ao potencial de contaminação ambiental desses compostos para as diversas matrizes ambientais (Moreira *et al*., 2012; Nascimento, 2013; Mahmood *et al.,* 2014; Barizon *et al*., 2020; Okala, 2020; Aguera *et al.,* 2022; Figueiredo *et al*., 2023; Grondona *et al*., 2023). Tal cenário de identificação de traços nas diversas matrizes ambientais em geral e, por vezes, em ambiente específico, pode ser elucidado por meio da análise das características físico-químicas das substâncias, do meio ambiente, e da interrelação entre esses fatores com os métodos de manejo.

Ferracini *et al.* (2022) indicam que há majoração dos riscos de lixiviação e escoamento superficial de agrotóxicos em regiões agrícolas com ocorrência de aquífero livre e/ou que possuam pluviosidade média acima anual de 250 mm. E estas são duas das características da sub bacia do baixo rio Natuba, região conhecida pela grande produção de hortaliças folhosas, com extensa área de agricultura familiar, que, além de possuir aquífero livre raso e precipitação média anual de 1005 mm (Apac, 2022), apresenta utilização de agrotóxicos em altas proporções (Nascimento, 2013; Marques *et al*., 2019).

Tendo em vista esta conjuntura e a dificuldade de estudos de análises laboratoriais constantes para monitoramento do grau de contaminação do meio ambiente e sabendo-se do alto custo financeiro desta metodologia, pesquisas (Laskowski *et al*., 1982; Bishop, 1986; Marques *et al*., 2019; Marques *et al*., 2020) indicam que a seleção de agrotóxicos por suas características físico-químicas é uma saída possível e auxiliam na escolha de compostos que sejam menos danosos ao meio ambiente, nas condições em que tais compostos sejam essenciais ao funcionamento da agricultura local.

Dentre diversos índices existentes, Labite, Butler e Cummins (2011) avaliaram 19 métodos de avaliação de risco ambiental pelo uso de agrotóxicos e classificou o método Environmental Risk Index (ERI) como de fácil utilização, que fornece uma clara distinção entre os compostos para efeito comparativo e pode ser aplicado em diversos níveis de escala (do micro para o macro). Além disso, o índice ERI já foi utilizado em estudo na Argentina (Agost; Angel-Velázquez, 2020) e foi adaptado para situações específicas como para indicar contaminação pontual em locais de abastecimento de pulverizadores de agrotóxicos (Gebler, 2011).

Ressalta-se que existem estudos preliminares que fazem uso de índices e critérios para estimativa do potencial de lixiviação de agrotóxicos utilizados no município de Vitória de Santo Antão, a exemplo do critério da *California Departament of Food and Agriculture* (CDFA) (Wilkerson; Kim, 1986), critério da *Evironmental Protection Agency* (EPA) (Cohen et al., 1995), *Groundwater Screening Index* (GSI) (Bishop, 1986), *Leaching Index* (LEACH) (Laskowski *et al.,* 1982), índice LIX (Spadotto, 2002), índice *Groundwater Ubiquity Score* (GUS) (Gustafson, 1989), *Relative Leaching Potential Index* (RLPI), especificamente Marques (2017) e Nascimento (2013).

Apesar disso, o ERI traz a utilização de novos dados, ainda não processados por tais modelos matemáticos de lixiviação, quais sejam: perfil toxicológico do composto em animais, dose de aplicação de campo e dose de referência (R_{fd}), fato que o torna aplicável não somente para a contaminação das águas subterrâneas, mas ao meio ambiente como um todo.

É possível, então, indicar os compostos mais propensos a lixiviar no perfil do solo e que também possuem maior risco de atingir outras matrizes ambientais (como as águas subterrâneas), melhorando a avaliação dos compostos utilizados no município de Vitória de Santo Antão. Assim, seria possível suspender o uso ao menos dos ingredientes ativos que sejam sabidamente mais danosos ao meio ambiente.

Dessa forma, este estudo objetivou calcular o risco potencial de contaminação ambiental dos princípios ativos de agrotóxicos que são comercializados no município de Vitória de Santo Antão (PE), com foco na comunidade do baixo rio Natuba.

Metodologia

- **Determinação da área de estudo**

A região do baixo Natuba (Figura 1) está situada completamente no município de Vitória de Santo Antão (PE) e, juntamente com o médio e alto Natuba (entre Vitória de Santo Antão e Pombos-PE), é sub bacia do rio Tapacurá (Marques *et al.,* 2019). A área é utilizada, preponderantemente, para o cultivo de hortaliças folhosas. Para tanto, a utilização de agrotóxicos, muitas vezes sem o manejo adequado, é algo recorrente para tentativa de controle de pragas/doenças, colocando em risco o meio ambiente nas suas mais diversas matrizes ambientais como solo, sedimento, ar, água, fauna (Nascimento, 2013; Marques *et al.,* 2019).

A bacia é imbuída de grande relevância para o cenário hídrico de Pernambuco, tendo em vista seu uso para irrigação e abastecimento populacional. Sendo assim, sua contaminação um fator de preocupação sob o ponto de vista dos prejuízos para a saúde da população exposta aos resíduos dos contaminantes agrícolas.

Figura 1: Vista de horta na comunidade agrícola do baixo rio Natuba, município de Vitória de Santo Antão-PE.

Fonte: O Autor, 2024.

- **Método ERI**

Visando fornecer subsídios para uma análise dos riscos de utilização dos agrotóxicos na comunidade de Natuba, foram coletadas informações de receituários agronômicos advindos de casas de revenda agropecuária cadastradas pela Adagro em todo o município de Vitória de Santo Antão (PE). Foram considerados uma amostra de 1375 receituários, apurados para o biênio 2022/2023.

Como forma de confirmar que os compostos utilizados na comunidade agrícola de Natuba estão incluídos na listagem obtida na avaliação dos receituários agronômicos, foram aplicados questionários direcionados a 24 produtores rurais, escolhidos de forma aleatória dentro da área produtiva de hortaliças da comunidade do Natuba, bairro do município de Vitória de Santo Antão (PE), tendo sido este contabilizado como 23 o n amostral pelo cálculo de amostras em populações finitas (Equação 1).

Ressalta-se que o quantitativo amostrado (n=24) reproduz aproximadamente 70% dos membros associados de Natuba. O grau de confiança foi de 90%, 10% de erro amostral no cálculo do referido n amostral e p=0,50 como padrão por não se ter informações atualizadas da probabilidade de os produtores aplicarem agrotóxicos (Meunier; Silva; Ferreira, 2001), a qual depende da localidade, época do ano, incidência de pragas, dentre outros fatores.

$$n = \frac{N.Z^2.p\,.(1-p)}{Z^2.p\,.(1-p) + e^2\,.(N-1)} \qquad (1)$$

Em que:

n = amostra calculada (número de produtores a entrevistar): 23

N - população (produtores rurais da comunidade do Natuba): 34

Z - variável normal padronizada associada ao nível de confiança - 90%: 1,65

p - probabilidade de o produtor não utilizar agrotóxicos (padrão 50%): 0,50

e - erro amostral (10%): 0,10

Este estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) antes do início da abordagem e aprovado sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) n. 69413823.5.0000.5208.

De posse da lista dos compostos comercializados no município, comparou-se aos ingredientes ativos listados pelos produtores rurais nos questionários (Tabela 1) e percebeu-se que estes últimos já estavam todos contidos na listagem inicial, advinda dos

receituários. Isto comprova que a amostra foi suficiente para identificar adequadamente o perfil de venda de agrotóxicos no município, com ênfase na comunidade de Natuba.

Os dados físico-químicos de entrada (Tabela 1) necessários para obter os resultados das equações foram extraídos, em sua maioria das seguintes bases de dados: *Pesticides Properties Database* (PPDB) (Lewis *et al.,* 2016), *Pesticide Action Network* (PAN) (Kegley *et al*., 2016), *The EXtension TOXicology* (EXTOXNET, 2023). As informações de dose do produto foram retiradas das bulas dos produtos formulados, especificamente para dosagem de máxima eficiência agronômica (Gebler; Fialho, 2011) para a cultura em que é indicado maior volume de aplicação, visando padronizar a avaliação entre ingredientes, tendo em vista que houve compostos comercializados no município que não tinham aprovação para as culturas cultivadas especificamente na região de Natuba.

Tabela 1: Ingredientes ativos utilizados no município de Vitória de Santo Antão – PE (com compostos utilizados em Natuba destacados em cinza).

Ranking de utilização	Princípio ativo	Quantidade comercializada (Kg ou L)	Quantidade comercializada (%)	Maior dosagem (kg ia/ha)	Persistência (P) (DT_{50}, dias)	Lixiviação (L) Índice LIX	Volatilidade (V) (mm Hg)	Dose (D) (kg ia ha^{-1})	Log K_{ow}	Rfd (mg kg^{-1} dia^{-1})	LD_{50} (mg kg^{-1})	Pato real LD_{50} (mg kg^{-1})	Truta arco-íris LC_{50} (mg L^{-1})	Abelha LD_{50} (mg kg^{-1})
1º	Glifosato	6.330,7	70,86%	3,493	15,0	$2,68 \times 10^{-29}$	98,26	3,49	4,80	0,1000	2000	4500	86	100
2º	2,4 D	782	8,75%	2,821	4,4	2×10^{-3}	67,50	2,82	-0,82	0,0100	1500	1000	100	100
3º	Diurom	377,35	4,22%	3,2	75,5	$5,74 \times 10^{-4}$	8,62	3,20	2,87	0,0020	5000	1104	6,7	101,7
4º	Hexazinona	215	2,41%	0,426	105,0	7×10^{-1}	225,02	0,43	1,17	0,0330	5000	2258	321	100
5º	Mancozeb	154	1,72%	4	0,1	0	97,51	4,00	1,33	0,0030	10000	6400	2,2	85,3
6º	Picloram	141	1,58%	1,5532	82,8	$8,96 \times 10^{-1}$	0,60	1,55	-1,92	0,0700	4000	5000	19,3	83,5
7º	MSMA	115	1,29%	2,37	200	$2,05 \times 10^{-2}$	75,01	2,37	-3,10	0,0005	2000	3269	100	24
8º	Diquat	103	1,15%	0,7	2345,0	$3,70 \times 10^{-281}$	7,50	0,70	-4,60	0,0002	400	83	21	60
9º	Metomil	87	0,97%	0,43	7	$8,02 \times 10^{-4}$	5400,45	0,43	0,09	0,0250	5880	24,2	3,4	$1,6 \times 10^{-1}$
10º	Atrazina	83	0,93%	4	75,0	$3,9 \times 10^{-1}$	292,52	4,00	2,70	0,0200	3100	4237	4,5	100
11º	Tebuconazol	62	0,69%	0,2	63	$1,67 \times 10^{-5}$	9,75	0,20	3,69	0,0300	2000	1988	4,4	200
12º	Cipermetrina	59,5	0,67%	0,09	60,0	0	1,73	0,09	5,30	0,0100	2000	9520	$2,8 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^{-2}$
13º	Trifloxistrobina	33	0,37%	0,1	0,34	0	25,50	0,10	4,50	0,1000	2000	2000	$2,2 \times 10^{-2}$	200
14º	Flutriafol	32	0,36%	0,6875	1358,0	$1,31 \times 10^{-1}$	3,00	0,69	2,30	0,0100	1000	616	33	50
15º	Beta-ciflutrina	31	0,35%	0,0125	13,0	0	0,42	0,01	5,89	0,0100	2000	170	$6,8 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-2}$

16º	Deltametrina	21,75	0,24%	0,015	13,0	0	0,09	0,02	4,60	0,0250	2000	4640	$1,5 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-3}$
17º	Mesotriona	23	0,26%	0,12	19,6	$1,33 \times 10^{-2}$	1,90	0,12	0,11	0,0100	2000	3776	120	100
18º	Abamectina	19	0,21%	0,036	28,7	$7,52 \times 10^{-60}$	27,75	0,04	4,39	0,0004	1914	26	$3,6 \times 10^{-3}$	2×10^{-3}
19º	Piraclostrobina	19	0,21%	0,41625	41,9	$1,47 \times 10^{-67}$	0,20	0,42	3,99	0,0300	2000	2000	0,006	100
20º	Azoxistrobina	18,45	0,21%	0,24	78,0	$5,33 \times 10^{-3}$	0,00	0,24	2,50	0,6700	2000	2000	0,47	200
21º	Pendimetalina	18	0,20%	2,5025	182,3	$1,32 \times 10^{-29}$	25052,07	2,50	5,40	0,1250	5000	1421	$1,96 \times 10^{-1}$	100
22º	Nicossulfurom	17	0,19%	0,6	26	$4,49 \times 10^{-1}$	0,01	0,60	0,61	2,0000	2000	2000	65,7	76
23º	Clorpirifós	16	0,18%	0,96	386,0	$5,06 \times 10^{-5}$	10725,89	0,96	4,70	0,0030	1250	39,2	$2,5 \times 10^{-2}$	$6,8 \times 10^{-2}$
24º	Dimetoato	15	0,17%	0,5	2,5	$2,90 \times 10^{-2}$	18751,55	0,50	0,75	0,0004	2000	10,5	30,2	10^{-1}
25º	Lambda-Cialotrina	14,65	0,16%	0,265	175,0	0	1,50	0,27	5,50	0,0050	632	3950	$2,1 \times 10^{-4}$	$3,8 \times 10^{-2}$
26º	Alfa-cipermetrina	12	0,13%	0,025	35,0	0	2,55	0,03	5,49	0,0400	2000	4640	$2,8 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-2}$
27º	Sulfluramida	11	0,12%	0,24	360	0	405,03	0,24	3,10	0,0083	2000	461	8	5
28º	Imidacloprido	10,78	0,12%	0,28	191,0	$3,86 \times 10^{-1}$	0,00	0,28	0,57	0,0570	5000	31	211	$8,1 \times 10^{-2}$
29º	Ácido giberélico	10,125	0,11%	0,016	0,3	$1,95 \times 10^{-10}$	75,01	0,02	0,72	0,6800	2000	2000	120	25
30º	S-Metolacloro	10	0,11%	1,305	51,8	$4,86 \times 10^{-2}$	27752,29	1,31	3,05	0,1000	2000	2510	1,23	200
31º	Fluasifop-P-butílico	9	0,10%	0,625	1,0	0	900,07	0,63	4,50	0,0170	2110	3960	1,42	200
32º	Tiametoxam	8,69	0,10%	0,5	50	$4,58 \times 10^{-1}$	0,05	0,50	-0,13	0,5000	2000	576	125	$2,4 \times 10^{-2}$
33º	Clorfenapir	8,75	0,10%	0,36	1,4	0	73,58	0,36	5,21	0,0150	2000	10	7×10^{-3}	$3,7 \times 10^{-1}$

34º	Dibrometo de diquat	7	0,08%	1,309	2345,0	$3,99 \times 10^{-281}$	75,01	1,31	-4,60	0,0002	2000	71	67	20,1
35º	Profenofós	6	0,07%	0,6	7	$2,09 \times 10^{-87}$	18976,57	0,60	1,70	0,0300	472	70	8×10^{-2}	$9,5 \times 10^{-1}$
36º	Acefato	5	0,06%	1,125	3,0	$5,04 \times 10^{-31}$	1695,14	1,13	-0,85	0,0030	10000	350	110	1,78
37º	Epoxiconazol	5	0,06%	0,075	353,5	$1,22 \times 10^{-1}$	2,63	0,08	2,30	0,0080	2000	2000	0,92	100
38º	Difenoconazol	4,45	0,05%	0,15	130,0	$6,78 \times 10^{-15}$	0,24	0,15	4,36	0,1600	2010	2150	1,1	100
39º	Aminopiralide	4	0,04%	0,19225	35,0	$8,1 \times 10^{-1}$	0,19	0,19	-2,87	0,2600	5000	2250	100	6,26
40º	Ciclaniliprole	3	0,03%	0,0273	1161,0	$5,09 \times 10^{-1}$	12,38	0,03	2,70	0,0410	2000	2000	$1,95 \times 10^{-1}$	$4,86 \times 10^{-1}$
41º	Fluxapiroxade	3	0,03%	0,20875	183,0	$2,94 \times 10^{-2}$	0,02	0,21	3,13	0,0200	2000	2000	0,466	100
42º	Casugamicina	2	0,02%	0,07	73,0	$9,09 \times 10^{-1}$	97,51	0,07	1,96	0,1130	4000	4000	40	40
43º	Cletodim	2	0,02%	0,24	0,6	0	15,60	0,24	4,14	0,1600	4167	1640	25	51
44º	Fenpropatrina	2	0,02%	0,12	34,0	$5,49 \times 10^{-45}$	5700,47	0,12	6,04	0,0300	870	1089	$2,3 \times 10^{-3}$	5×10^{-2}
45º	Fipronil	2	0,02%	0,4	142,0	$1,78 \times 10^{-2}$	15,00	0,40	3,75	0,0002	354	11,3	$2,48 \times 10^{-1}$	$5,9 \times 10^{-3}$
46º	Linurom	2	0,02%	0,99	57,6	$3,94 \times 10^{-5}$	3825,32	0,99	3,00	0,0020	2000	3000	16	98
47º	Melaleuca alernifólia - óleo essencial	2	0,02%	0,55625	75,0	$1,29 \times 10^{-1}$	1,90	0,56	3,13	0,0300	2000	2000	5,67	331
48º	Metalaxil-M	2	0,02%	0,16	6,5	$2,83 \times 10^{-08}$	24752,05	0,16	1,71	0,5000	3100	981	101	100
49º	Oxicloreto de cobre	2	0,02%	3,528	0,1	0	0,08	3,53	0,44	0,1500	2000	173	43,8	44,3
50º	Tiofanato-metílico	2	0,02%	0,7875	0,5	$2,30 \times 10^{-199}$	67,51	0,79	1,40	0,0200	2000	4640	11	100
51º	Benthiavalicarb-isopropyl	1	0,01%	0,05625	13,8	$4,49 \times 10^{-6}$	2250,19	0,06	2,56	0,1000	2000	2000	10	100

52º	Clorotalonil	1	0,01%	0,5625	3,5	$3,95 \times 10^{-225}$	570,05	0,56	2,94	0,0150	5000	2000	$1,7 \times 10^{-2}$	101
53º	Enxofre	1	0,01%	3,2	30,0	$2,73 \times 10^{-20}$	735,06	3,20	0,23	0,01	2000	2000	0,063	100
54º	Flumioxazina	1	0,01%	0,2	21,9	$6,06 \times 10^{-13}$	2400,20	0,20	2,55	0,0180	2000	2250	2,3	200
55º	Metiram	1	0,01%	2,75	1,3	0	0,56	2,75	0,33	0,0300	2000	2150	$3,36 \times 10^{-1}$	80
56º	Metsulfurom-metílico	1	0,01%	0,018	10	$8,25 \times 10^{-3}$	0,01	0,02	-1,87	0,2200	2000	2510	110	50
57º	Oxifluorfem	1	0,01%	1,44	35	$2,94 \times 10^{-77}$	195,02	1,44	4,86	0,0030	5000	947	$2,5 \times 10^{-1}$	100
58º	Piroxasulfona	1	0,01%	0,2	22	$8,89 \times 10^{-4}$	18,00	0,20	2,39	1,0000	2000	2250	2,2	100
59º	Propargito	1	0,01%	1,08	56	$4,46 \times 10^{-221}$	303,03	1,08	5,70	0,0300	4000	4640	$4,3 \times 10^{-2}$	47,9
60º	Acetamiprido	0,7	0,01%	0,08	1,6	$2,39 \times 10^{-38}$	7,50	0,08	0,80	0,0250	2000	98	100	8,09
61º	Clorantraniliprole	0,6	0,01%	0,04	597,0	$6,56 \times 10^{-1}$	4,72 x 10-5	0,04	2,86	1,5800	5000	2250	12	4
62º	Halossulfurom-metílico	0,4	0,004%	0,1125	26,7	$5,90 \times 10^{-2}$	99,76	0,11	-0,02	0,0630	2000	2250	118	100
63º	Indoxacarbe	0,4	0,004%	0,12	113,2	$1,20 \times 10^{-12}$	0,07	0,12	4,65	0,0050	5000	73,5	$1,7 \times 10^{-1}$	8×10^{-2}
64º	Espinosade	0,25	0,003%	0,2016	14,0	0	75,01	0,20	4,10	0,0240	5000	2000	27	$3,6 \times 10^{-3}$
65º	Ciromazina	0,09	0,001%	0,09	93,0	$3,34 \times 10^{-3}$	3,36	0,09	0,07	0,0600	3100	1785	100	200

Fonte: EPA (1999, 2023), Anvisa (2002), European Comission (2004), EFSA (2008), PestGenie (2010), New York (2015), Kegley *et al*. (2016); Lewis *et al*. (2016); Qchem (2017), Federal Register (2018), Lopes (2019), USDA (2019), GSI Environmental (2020), APVMA (2023), Echa (2023), Echemi (2023), NETwork Extoxnet (2023), NIH (2023).

* Tendo em vista a escassez de alguns dados na literatura, em alguns casos foi necessário utilizar: LD_{50} ser humano, a partir dos dados obtidos para outros mamíferos; LD_{50} de pato, a partir de dados de outros pássaros; e LD_{50} de abelha, a partir de outros insetos; e LD_{50} de truta, a partir de outros peixes. Ademais, assumiu-se que o valor de Log K_{ow} do glifosato potássio é similar ao glifosato.

A partir dessas informações, aplicou-se o *Environmental Risk Index* (ERI) (Alister; Kogan, 2006) que se trata de um modelo matemático para avaliação preliminar de risco (do tipo *screening*) que, avaliando diversos parâmetros relacionados ao solo e ao composto, caracteriza o risco ambiental de contaminação de cada agrotóxico ao meio ambiente. Gebler e Fialho (2011) reforçam a aplicabilidade deste modelo matemático em áreas agrícolas e a possibilidade de se ter respostas coerentes.

A equação linear que traduz o modelo ERI está descrita abaixo (Equação 2):

$$ERI = (P + L + V + TP) * D \quad (2)$$

Em que P: a persistência do agrotóxico no solo (DT_{50} no solo em dias); L: capacidade de lixiviação (índice LIX); V: capacidade de volatilização (pressão de vapor em mm Hg); TP: perfil toxicológico; D: dose de aplicação do composto (kg ia ha $^{-1}$).

O perfil toxicológico (TP) é calculado pela seguinte equação:

$$TP = K_{ow} + R_{fd} + LD_{50} + AT \quad (3)$$

Em que: Kow: coeficiente de partição octanol-água; Rfd: dose de referência (mg kg^{-1} dia^{-1}); LD50: dose letal aguda dérmica para humanos (mg kg^{-1}); AT: toxicologia animal (mg kg^{-1}).

Para encontrar o valor de lixiviação, foi calculado o índice de LIX proposto por Spadotto (2002) (Equação 4):

$$LIX = \exp(-k \cdot K_{oc}) \quad (4)$$

Em que k: taxa constante de primeira ordem do composto, descrito pela Equação 4; Koc: coeficiente de adsorção ao carbono orgânico.

$$k = 0{,}693/DT_{50} \quad (5)$$

Por fim, o cálculo das equações para TP e ERI foram feitas baseados nos intervalos de ranqueamento de cada parâmetro, conforme seu grau de severidade ambiental e respectivos valores indicativos (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2: Classificação de severidade dos compostos agrotóxicos por meio dos dados do Environmental Risk Index (ERI).

Graus de severidade e seus valores indicativos		Intervalos de ranqueamento				
		Persistência (P) (DT_{50}, dias)	Dose (D) (kg ia ha $^{-1}$)	Lixiviação (L) Índice LIX	Volatilidade (V) (mm Hg)	Perfil toxicológico (TP)
Baixo	1	≤ 30	≤ 1	≤ 0,09	≤ 10 -6	≤ 8
Médio	2	30 ≤ 60	1 ≤ 2	0,09 ≤ 0,25	10-6 ≤ 10-5	8 ≤ 14
Alto	3	60 < 90	2 < 3	0,25 < 0,50	10-5 < 10-4	14 < 20
Muito alto	4	≥ 90	≥ 3	≥ 0,50	≥ 10-4	≥ 20

Fonte: Alister e Kogan (2006).

Tabela 3: Classificação de severidade dos compostos agrotóxicos por meio dos dados de seu Perfil Toxicológico.

Graus de severidade e seus valores indicativos		Intervalos de ranqueamento					
		Log K_{ow}	Rfd (mg kg^{-1} day^{-1})	Ser humano LD_{50} (mg kg^{-1})	Pato LD_{50} (mg kg $^{-1}$)	Truta LD_{50} (mg L $^{-1}$)	Abelha LD_{50} (mg kg $^{-1}$)
Baixo	1	≤ 1	≥ 0,1	≥ 4000	≥ 5000	≥ 100	≥ 100
Médio	2	1 ≤ 2	0,1 ≥ 0,01	4000 ≥ 400	5000 ≥ 500	100 ≥ 50	100 ≥ 50
Alto	3	2 < 3	0,01 > 0,001	400 > 40	500 > 50	50 > 10	50 > 25
Muito alto	4	≥ 3	≤ 0,001	≤ 40	≤ 50	≤ 10	≤ 25

Fonte: Alister e Kogan (2006).

Resultados e Discussão

Após os cálculos, foi obtido ranqueamento dos ingredientes ativos comercializados nas casas de revenda de Vitória de Santo Antão, com ênfase nos compostos relatados para uso na comunidade de Natuba (grifados de cinza na Tabela 4), quanto à capacidade de impactar negativamente o meio ambiente.

Tabela 4: Ranqueamento dos produtos comerciais de agrotóxicos, quanto à capacidade de contaminação ambiental.

Ingredientes ativos	Persistência (dias)	P	Dose	D	Lixiviação (LIX Index)	L	Volatilidade (mm Hg)	V	Perfil toxicológico	TP	ERI
Atrazina	75	3	4,00	4	3,9 x 10-1	3	292,52	4	14	2	48
Diurom	75,5	3	3,20	4	5,74 x 10-4	1	8,62	4	14	2	40
MSMA	200	4	2,37	3	2,05 x 10-2	1	75,01	4	14	2	33
Pendimetalina	182,3	4	2,50	3	1,32 x 10-29	1	25052,07	4	13	2	33
Enxofre	30	1	3,20	4	2,73 x 10-20	1	735,06	4	12	2	32
Glifosato	15	1	3,49	4	2,68 x 10-29	1	98,26	4	12	2	32
Mancozeb	0,1	1	4,00	4	0	1	97,51	4	13	2	32
Oxicloreto de cobre	0,1	1	3,53	4	0	1	0,08	4	14	2	32
Picloram	82,8	3	1,55	2	8,96 x 10-1	4	0,60	4	10	2	26
2,4 D	4,4	1	2,82	3	2 x 10-3	1	67,50	4	9	2	24
Dibrometo de diquat	2345	4	1,31	2	3,99 x 10-281	1	75,01	4	16	3	24
Metiram	1,3	1	2,75	3	0	1	0,56	4	13	2	24
Oxifluorfem	35	2	1,44	2	2,94 x 10-77	1	195,02	4	15	3	20
Propargito	56	2	1,08	2	4,46 x 10-221	1	303,03	4	16	3	20
S-Metolacloro	51,8	2	1,31	2	4,86 x 10-2	1	27752,29	4	14	2	18
Acefato	3	1	1,13	2	5,04 x 10-31	1	1695,14	4	13	2	16
Ciclaniliprole	1161	4	0,03	1	5,09 x 10-1	4	12,38	4	17	3	15
Hexazinona	105	4	0,43	1	7 x 10-1	4	225,02	4	9	2	14
Casugamicina	73	3	0,07	1	9,09 x 10-1	4	97,51	4	12	2	13
Clorantraniliprole	597	4	0,04	1	6,56 x 10-1	4	4,72 x 10-5	3	14	2	13
Clorpirifós	386	4	0,96	1	5,06 x 10-5	1	10725,89	4	21	4	13
Epoxiconazol	353,5	4	0,08	1	1,22 x 10-1	2	2,63	4	15	3	13
Fipronil	142	4	0,40	1	1,78 x 10-2	1	15,00	4	23	4	13

Imidacloprido	191	4	0,28	1	3,86 x 10-1	3	0,00	4	13	2	13
Sulfluramida	360	4	0,24	1	0	1	405,03	4	20	4	13
Aminopiralide	35	2	0,19	1	8,1 x 10-1	4	0,19	4	10	2	12
Diquat	2345	4	0,70	1	3,70 x 10-281	1	7,50	4	15	3	12
Flutriafol	1358	4	0,69	1	1,31 x 10-1	2	3,00	4	14	2	12
Fluxapiroxade	183	4	0,21	1	2,94 x 10-2	1	0,02	4	15	3	12
Indoxacarbe	113,2	4	0,12	1	1,20 x 10-12	1	0,07	4	19	3	12
Lambda-Cialotrina	175	4	0,27	1	0	1	1,50	4	19	3	12
Melaleuca alernifólia - óleo essencial	75	3	0,56	1	1,29 x 10-1	2	1,90	4	15	3	12
Ciromazina	93	4	0,09	1	3,34 x 10-3	1	3,36	4	9	2	11
Difenoconazol	130	4	0,15	1	6,78 x 10-15	1	0,24	4	14	2	11
Tebuconazol	63	3	0,20	1	1,67 x 10-5	1	9,75	4	15	3	11
Tiametoxam	50	2	0,50	1	4,58 x 10-1	3	0,05	4	11	2	11
Abamectina	28,7	1	0,04	1	7,52 x 10-60	1	27,75	4	22	4	10
Alfa-cipermetrina	35	2	0,03	1	0	1	2,55	4	18	3	10
Azoxistrobina	78	3	0,24	1	5,33 x 10-3	1	8,2 x 10-4	4	13	2	10
Cipermetrina	60	2	0,09	1	0	1	1,73	4	17	3	10
Clorfenapir	1,4	1	0,36	1	0	1	73,58	4	20	4	10
Fenpropatrina	34	2	0,12	1	5,49 x 10-45	1	5700,47	4	18	3	10
Linurom	57,6	2	0,99	1	3,94 x 10-5	1	3825,32	4	16	3	10
Nicossulfurom	26	1	0,60	1	4,49 x 10-1	3	0,01	4	10	2	10
Piraclostrobina	41,9	2	0,42	1	1,47 x 10-67	1	0,20	4	15	3	10
Beta-ciflutrina	13	1	0,01	1	0	1	0,42	4	19	3	9
Deltametrina	13	1	0,02	1	0	1	0,09	4	18	3	9
Dimetoato	2,5	1	0,50	1	2,90 x 10-2	1	18751,55	4	18	3	9

Espinosade	14	1	0,20	1	0	1	75,01	4	16	3	9
Fluasifop-P-butílico	1	1	0,63	1	0	1	900,07	4	15	3	9
Metomil	7	1	0,43	1	8,02 x 10-4	1	5400,45	4	16	3	9
Profenofós	7	1	0,60	1	2,09 x 10-87	1	18976,57	4	17	3	9
Acetamiprido	1,6	1	0,08	1	2,39 x 10-38	1	7,50	4	13	2	8
Ácido giberélico	0,31	1	0,02	1	1,95 x 10-10	1	75,01	4	11	2	8
Benthiavalicarb-isopropyl	13,8	1	0,06	1	4,49 x 10-6	1	2250,19	4	13	2	8
Cletodim	0,55	1	0,24	1	0	1	15,60	4	13	2	8
Clorotalonil	3,53	1	0,56	1	3,95 x 10-225	1	570,05	4	13	2	8
Flumioxazina	21,9	1	0,20	1	6,06 x 10-13	1	2400,20	4	14	2	8
Halossulfurom-metílico	26,7	1	0,11	1	5,90 x 10-2	1	99,76	4	9	2	8
Mesotriona	19,6	1	0,12	1	1,33 x 10-2	1	1,90	4	9	2	8
Metalaxil-M	6,5	1	0,16	1	2,83 x 10-08	1	24752,05	4	9	2	8
Metsulfurom-metílico	10	1	0,02	1	8,25 x 10-3	1	0,01	4	9	2	8
Piroxasulfona	22	1	0,20	1	8,89 x 10-4	1	18,00	4	13	2	8
Tiofanato-metílico	0,5	1	0,79	1	2,30 x 10-199	1	67,51	4	12	2	8
Trifloxistrobina	0,34	1	0,10	1	0	1	25,50	4	14	2	8

Fonte: O Autor, 2024.

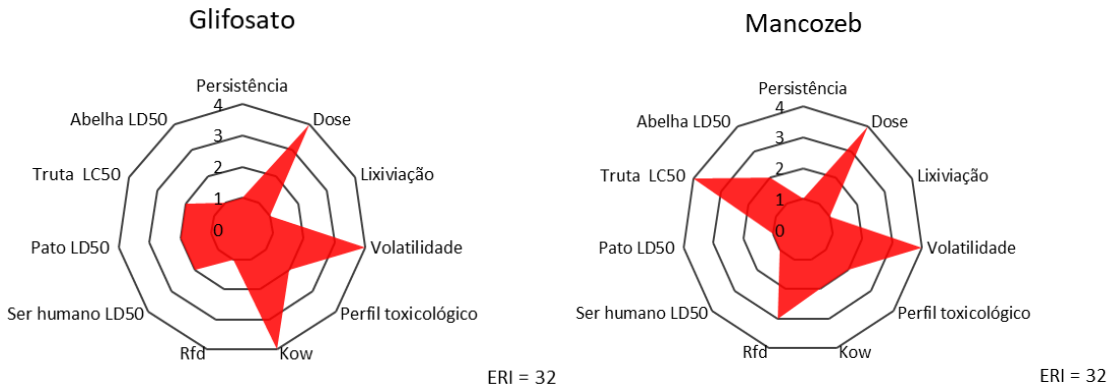
Do total analisado no índice, destacaram-se atrazina, diurom, MSMA, pendimetalina, enxofre, glifosato, mancozeb e oxicloreto de cobre, entre os 8 ingredientes com valores de ERI acima da média da variação. Para maior atenção no município de Vitória de Santo Antão, são realçados os compostos diuron, glifosato, mancozebe e MSMA pelo fato de também estarem presentes na lista dos 10 mais vendidos na cidade e possuindo, potencialmente, maior carga pulverizada nas lavouras locais.

Estas substâncias são utilizadas majoritariamente como herbicidas (exceto mancozebe), ou seja, possuem a finalidade de eliminar ervas daninhas das plantações. Um dos fatores para este número elevado é a grande área de cultivo de cana-de-açúcar (Silva *et al.,* 2020), que existe no município e na circunvizinhança.

Ampliando a análise dos agrotóxicos, identifica-se baixa potencialidade de lixiviar no perfil do solo e atingir o aquífero, tendo em vista estarem classificados como grau 1 (risco baixo). Entretanto, salienta-se que em situações de características do meio (hidrogeológicas e do solo) que permitam maior acesso desses compostos ao seu aquífero e a elevadas doses de pulverização, podem ocorrer situações de percolação.

Para a comunidade de Natuba, o foco dentre os ingredientes ativos, que estão alocados entre as 8 primeiras posições do ranking ERI, é para herbicida glifosato e fungicida mancozebe (Figura 2), pois foram relatados seu uso na região na presente análise.

Figura 2: Gráfico radar para os compostos glifosato e mancozebe.



Fonte: O Autor, 2024.

A verificação individual de cada matriz, em comum, para os dois compostos revela o baixo potencial de lixiviação, ou seja, de percolação para o aquífero local. Se comparado ao estudo de Marques *et al.* (2020), apesar de terem trabalho com quantidade

distintas de compostos, o glifosato foi classificado na 13ª colocação e mancozebe na 27º, quanto ao potencial de lixiviação (por meio da verificação conjunta dos índices GSI, GUS, LEACH, LIX e RLPI), alinhando-se aos resultados apresentados para esta matriz específica no ERI. Entretanto, apresentam alto risco para volatilizar e possuem altas doses máxima recomendada pelos fabricantes.

Marques *et al.* (2021) divulgaram uma revisão ampla que revelou cenário de impactos do glifosato nas mais diversas matrizes no Brasil e no mundo, corroborando com a análise aqui efetuada a respeito do alto potencial de risco de contaminação ambiental desse composto. Por sua vez, o mancozebe, no estudo de Ferreira e Dias Júnior (2023), verificaram sua periculosidade à espécie do crustáceo Artemia salina, demonstrando ser mais danoso quando aplicado em locais com pulverização também de glifosato, tendo em vista os resultados da junção de suas substâncias nesta espécie não alvo.

Indo além na análise, fazendo-se uma observação isolada de cada termo da fórmula para os compostos utilizados em Natuba, os quais possuem focos distintos quanto à matriz alvo no meio ambiente, destaca-se imidacloprido no potencial de persistência no solo (meia vida no solo); mancozebe e glifosato para alta dose de aplicação; todos os compostos para volatilização; e abamectina para o perfil toxicológico.

A preocupação a respeito da contaminação quando da aplicação destes produtos é grande, tendo em vista a possibilidade de atingir organismos não alvo. Segundo Filizola, Gomes e Souza (2006) somente cerca de 32% dos agrotóxicos vão atingir as plantas e os demais vão pra o solo e sofrerão deriva técnica. Caso ocorram situações climáticas e de manejo adversas, este percentual pode ser agravado, o que implica em necessidade de utilização de outras formas de manejo agrícola e, na impossibilidade desta ferramenta prática, utilização de compostos menos danosos, visando menor impacto ambiental negativo.

Considerações Finais

O método ERI se mostrou bastante eficiente, ao ponto em que permite uma análise ampla dos compostos para o meio ambiente e para cada matriz ambiental de forma isolada.

Os agrotóxicos diuron, glifosato, mancozeb e MSMA se destacaram pelo fato de ter o maior potencial de contaminação ambiental, com agravante de estarem na lista das substâncias mais comercializadas em Vitória de Santo Antão no biênio 2022-2023. Para

a comunidade de Natuba, destacaram glifosato e mancozebe, ambos bastante utilizados também no cenário nacional.

Dentre todos os compostos relatados para uso em Natuba, imidacloprido e abamectina devem ser colocados em observação quanto à sua real necessidade de uso na região, quando o foco da proteção é especificamente a salubridade do solo e aos animais não-alvo.

Por fim, faz-se necessário que, em um primeiro momento, haja modificação do conjunto de agrotóxicos utilizados na região de Natuba, trocando-se os atuais compostos por outros com menor potencial contaminante, a exemplo dos produtos biológicos e, posteriormente, modificação por manejos mais sustentáveis.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece à Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do estado de Pernambuco (Adagro) pela disponibilização de alguns dos dados utilizados para elaboração do presente estudo (o qual faz parte da Tese de doutorado do primeiro autor).

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Nota técnica**: Reavaliação Toxicológica do Ingrediente Ativo MSMA. [2002]. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/111215/117761/NT_MSMA_FINAL_3.pdf/4b05e6fd-52b8-41f0-9de8-9e0775014af9. Acesso em: 17 dez. 2023.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. **Monitoramento pluviométrico**. Disponível em: http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php. Acesso em: 06 de jun. 2022.

AGUERA, R. G.; FREIRES, C. S.; OLIVEIRA, L. O.; MONTEIRO, R. L.; LINI, R. S.; ROMOLI, J. C. Z.; FREIRE, B. M.; NERILO, S. B.; MACHINSKI JÚNIOR, M.; BATISTA, B. L.; MOSSINI, S. A. G. Risk evaluation of occupational exposure of southern Brazilian flower farmers to pesticides potentially leading to cholinesterase inhibition and metals exposure. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 93, p. 1-9, jul. 2022.

ALISTER, C.; KOGAN, M. ERI: Environmental risk index. A simple proposal to select agrochemicals for agricultural use. **Crop Protection**, v. 25, n. 3, p. 202-211, mar. 2006.

AGOST; L.; ANGEL-VELÁZQUEZ, G. Peri-urban pesticide contamination risk index. **Ecological Indicators**, v. 114, p. 1-14, mar. 2020.

AUSTRALIAN PESTICIDES AND VETERINARY MEDICINES AUTHORITY – APVMA. **Public release summary**. Disponível em: https://www.apvma.gov.au/. Acesso em: 17 dez. 2023.

BARIZON, R. R. M.; FIGUEIREDO, R. O.; DUTRA, D. R. C. S.; REGITANO, J. B.; FERRACINI, V. L. Pesticides in the surface waters of the Camanducaia River watershed, Brazil. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 55, n. 3, p. 283-292, jan. 2020.

BISHOP, K. C. 1986. **Industry's perspective on agricultural chemicals in water supply and drainage**. In: Proceedings "Toxic Substances in agricultural water supply and drainage: U.S Comitee of irrigation and drainage. Disponível em: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8844824. Acesso em: 03 jan. 2023.

COHEN, S. Z.; WAUCHOP, R. D.; KLEIN, A. W.; EADSPORTH, C. V.; GRANCY, R. Offsite transport of pesticides in water – mathematical models of pesticide leaching and runoff. **Pure and Applied Chemistry**, v. 67, n. 12, p. 2109-2148, jan. 1995.

ECHA. **Information on chemicals**. Disponível em: https://echa.europa.eu/information-on-chemicals. Acesso em: 17 dez. 2023.

ECHEMI. **Encyclopedia**: Cyromazine. Disponível em: https://www.echemi.com/products/pd20170224094424041-cyromazine.html. Acesso em: 17 dez. 2023.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Pesticide Fact Sheet**. 1999. Disponível em: https://www3.epa.gov. Acesso em: 13 jan. 2023.

EPA. **Estimation Programs Interface Suite™ for Microsoft® Windows, v 4.11**. United States Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA, 2023.

EUROPEAN COMMISSION HEALTH & CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL. **Directorate E – Food Safety**: plant health, animal health and welfare, international questions E1 - Plant health S-Metolachlor SANCO/1426/2001. [2004]. Disponível em: https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/backend/api/active_substance/download/655. Acesso em: 17 dez. 2023.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY – EFSA. **Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance epoxiconazole**. Parma: EFSA, 2008. 80 p.

EXTOXNET. **The EXtension TOXicology NETwork**. Disponível em: http://extoxnet.orst.edu/. Acesso em: 13 jan. 2023.

FEDERAL REGISTER. 40 CFR 180. **This regulation establishes tolerances for residues of azoxystrobin in or on beet, sugar, roots and vegetable, root, except sugar beet, subgroup 1B**. Syngenta Crop Protection, LLC requested these tolerances under the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act (FFDCA). Washington: EUA, 2018. Disponível em: https://www.federalregister.gov/documents/2018/11/15/2018-24974/azoxystrobin-pesticide-tolerances. Acesso em: 13 jan. 2023.

FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; RAMOS, G. G.; JACOMO, B. O.; GOMES, M. A. F.; MARINHO-PRADO, J. S.; PARANHOS, B. A. G. Estratégias prospectivas de uso de controle químico para o manejo sustentável de

Anastrepha curvicauda em mamão. *In*: OLIVEIRA-JÚNIOR, J. M. B.; CALVÃO, L. B. (Orgs.). **Entomologia**: estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2. Ponta Grossa: Atena Editora, 2022. p. 25- 61.

FERREIRA, B. E. G.; DIAS JÚNIOR, W. Ensaio de toxicidade com artemia salina expostas ao glifosato, mancozebe, fipronil e suas misturas. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n.11, p. 1-28, dez. 2023.

FIGUEIREDO, A. R.; SILVA, Y. V.; GUALBERTO, L. S.; GUARDA, E. A.; GUARDA, P. M. Contaminação por agrotóxicos e segurança alimentar em hortas comunitárias da cidade de Palmas-TO. **Desafios**, v. 2, n. 1, p. 37-47, mar. 2023.

FILIZOLA; H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise de qualidade ambiental**: solo, água e sedimentos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 170 p.

GEBLER, L. **Índice de risco ambiental para pontos de abastecimento de pulverizadores de agrotóxicos (IRp), uma adaptação do Environmental Risk Index (ERI) para a produção integrada**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2011. 5 p.

GEBLER, L.; FIALHO, F. B. Introduzindo critérios de risco em modelos de contaminação pontual para locais de carga de agrotóxicos. **Pesticidas**: revista ecotoxicologia e meio ambiente, v. 21, p. 85-94, jan. 2011.

GRONDONA, S. I.; LIMA, M. L.; MASSONE, H. E.; MIGLIORANZA, K. S. B. Pesticides in aquifers from Latin America and the Caribbean. **Science of the Total Environment**, v. 901, p. 1-11, nov. 2023.

GSI ENVIRONMENTAL INC. **Identification of chemicals of interest related to the reuse of produced waters for agricultural irrigation of edible crops**. Central Valley Regional Water Quality Control Board, Fresno, California, 2020. 146 p.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater Ubiquity Score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 08, n. 4, p. 339-357, abr. 1989.

KEGLEY, S. E.; HILL, B. R.; ORME, S.; CHOI, A. H. PAN **Pesticide Database, Pesticide Action Network, North America**. Oakland: PAN, 2016.

LABITE, H.; BUTLER, F.; CUMMINS, E. A Review and Evaluation of Plant Protection

Product Ranking Tools Used in Agriculture. **Human and Ecological Risk Assessment**: an International Journal, v. 17, n. 2, p. 300-327, abr. 2011.

LASKOWSKI, D. A.; GORING, C. A. I.; MCCALL, P. J.; SWANN, R. L. Terrestrial Environment. *In*: CONWAY, R. A. (Ed.) **Environmental Risk Analysis for Chemicals**. New York: Krieger Publishing Company, 1982. p. 198-240.

LEWIS, K. A.; TZILIVAKIS, J.; WARNER, D. J.; GREEN, A. An international database for pesticide risk assessments and management**. Human and Ecological Risk Assessment**: An International Journal, v. 22, n. 4, p. 1050–1064, jan. 2016.

LOPES, M. P. **Toxicidade do bioinseticida espinosade em diferentes órgãos de operárias de Apis melífera (Hymenoptera: Apidae) africanizadas**. 2019. 47 p. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Estrutural) – Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

MAHMOOD, A.; MALIK, R. N.; LI, J.; ZHANG, G. Human health risk assessment and dietary intake of organochlorine pesticides through air, soil and food crops (wheat and rice) along two tributaries of river Chenab, Pakistan. **Food and Chemical Toxicology**, v. 71, p. 17-25, set. 2014.

MARQUES, J. G. C. **Proposições para o gerenciamento do uso de agrotóxicos utilizados na bacia hidrográfica do Natuba, Vitória de Santo Antão, Pernambuco**. 2017. 125 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) – Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2017.

MARQUES, J. G. C.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; LYRA, M. R. C. C.; NASCIMENTO, R. M.; SILVA, J. A. A. Análise do potencial de lixiviação do inseticida sulfoxaflor em solos. **Águas Subterrâneas**, v. 34, n. 3, p. 348-357, nov. 2020.

MARQUES, J. G. C.; LYRA, M. R. C. C.; CARVALHO, R. M. C. M. O.; NASCIMENTO, R. M.; SILVA, J. A. A. MONTENEGRO, S. M. G. L. Comparação entre índices de potencial de lixiviação para agrotóxicos utilizados na Sub-Bacia do Natuba, Vitória de Santo Antão-Pernambuco. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 1, p. 58–67, jan. 2019.

MARQUES, J. G. C.; VERÍSSIMO, K. J. S.; FERNANDES, B. S.; FERREIRO, S. R. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.;MOTTERAN, F. Glyphosate: A Review on the Current Environmental Impacts from a Brazilian Perspective**. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 107, n. 3, p. 385-397, set. 2021.

MEUNIER, I. M. J.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C. **Inventário florestal**: inventário de estudos. Recife: UFRPE, 2001. 179 p.

MORAES, R. F. **Agrotóxicos no Brasil**: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória. Rio de Janeiro: IPEA, 1990.

MOREIRA, J. C.; PERES, F.; SIMÕES, A. C.; PIGNATI, W. A.; DORES, E. C.; VIEIRA, S. N.; STRÜSSMANN, C.; MOTT, T. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1557-1568, jun. 2012.

NASCIMENTO, R M. **Impactos dos agrotóxicos na contaminação ambiental da produção de hortaliças no baixo rio Natuba, Pernambuco**. 2013. 167 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH – NIH. **PubChem**. Disponível em: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/. Acesso em 17 dez. 2023.

NEW YORK STATE DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL CONSERVATION. **Registration of the new ingredient Tea Tree Tea Oil**. [2015]. Disponível em: https://rvpadmin.cce.cornell.edu/uploads/doc_584.pdf. Acesso em: 17 dez. 2023.

OKADA, L. A. Organochlorine pesticidesin rain, rivers and groundwaterinthe Lake Naivasha basinand implications for their management. **Africa Journal of Physical Sciences**, v. 4, p. 115-125, jun. 2020.

PESTGENIE. **Material Safety Data Sheet**: Daconate. [2010]. Disponível em: https://www.pestgenie.com.au/. Acesso em: 17 dez. 2023.

PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N. S.; LARA, S. S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C.; PIGNATTI, M. G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência e & Saúde Coletiva,** v. 22, n. 10, p. 3281-3293, 2017.

QCHEM. **Safety data sheet**: Sulfur. [2017]. Disponível em: https://www.qchem.com.qa/App_Documents/Sulphur/SDS%20Sulphur.pdf. Acesso em: 17 dez. 2023.

SILVA, M. M. L.; CORDEIRO, N. M.; NASCIMENTO, G. I. L. A.; AMARAL, L. S.; JESUS, E. S.; ROCHA, J. S.; SANTOS, H. C. T.; SILVA, J. E.; SILVA, W. R. L.; SILVA, T. C. M.; SILVA, R. P.; GUIMARÃES, J. F. A.; SILVA, J. A. A.; MOREIRA, G. R.; CUNHA FILHO, M.; SILVA, A. S. A. Estudo comparativo da produção da cana-de-açúcar na microrregião de Vitória de Santo Antão/PE, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. 1-12, nov. 2020.

SPADOTTO, C. A. Screening Method for Assessing Pesticide Leaching Potential. **Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v. 12, p. 69-78, jan. 2002.

UNITED STATES DEPARTAMENT OF AGRICULTURE – USDA. [2019]. **Final human health and ecological risk assessment**. Disponível em: https://www.aphis.usda.gov/plant_health/. Acesso em: 13 jan. 2023.

WILKERSON, M. R.; KIM, K. D. **The pesticide contamination prevention act**: setting specific numeral values. California: California Departament of Food and Agriculture – CDFA, 1986. 29 p.

CAPÍTULO 8

EFEITO RESIDUAL DE FERTILIZANTES FOSFATADOS NA PRODUÇÃO DE RÚCULA EM SISTEMAS DE CULTIVO ORGÂNICO

RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHATE FERTILIZERS ON ARUGULA PRODUCTION IN ORGANIC MANAGEMENT SYSTEM

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.08

Submetido em: 30/01/2026
Revisado em: 02/02/2026
Publicado em: 03/02/2026

Thatiane Nepomuceno Alves
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.
https://orcid.org/0000-0002-9077-9104

Bruno Rocha Tamelini
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.
https://orcid.org/0000-0001-9762-8459

Joseantonio Ribeiro de Carvalho
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.
https://orcid.org/0000-0002-3879-4585

Antonio Ismael Inácio Cardoso
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.
https://orcid.org/0000-0003-3251-9491

Resumo

A adubação orgânica realizada para uma cultura de curto ciclo pode permitir o cultivo, em sucessão, de outra cultura de curto ciclo, sem a necessidade de nova adubação, reduzindo os custos de uma nova. Este estudo avaliou a produção de rúcula utilizando o fósforo residual da adubação orgânica aplicada à alface. Dez tratamentos foram organizados em um esquema fatorial 2 × 5, sendo duas fontes de fósforo (termofosfato Yoorin e farinha de ossos) e cinco doses de P_2O_5 (0, 200, 400, 600 e 800 kg ha^{-1}), em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Mudas da cultivar Folha Larga foram transplantadas para vasos plásticos de 12 L, em ambiente protegido, dez dias após a colheita da alface, sem realização de nova adubação. As plantas de rúcula foram colhidas aos 16 dias após o transplantio. A altura das plantas de rúcula ajustou-se ao modelo quadrático, com máximo estimado de 18,2 cm na dose de 621 kg ha^{-1} de P_2O_5, valor 95% superior ao controle. Não houve efeito das fontes de fósforo sobre a altura, com média de 15,2 cm. As massas frescas e secas aumentaram linearmente com a dose de fósforo, alcançando incrementos de 226% na maior dose em relação ao tratamento sem fósforo. A farinha de ossos promoveu maiores massas fresca e seca em comparação ao termofosfato, sendo possível produzir rúcula apenas com a adubação residual da alface, com resposta positiva ao aumento das doses de fósforo.

Palavras-Chave: *Eruca sativa*; fósforo; termofosfato; farinha de ossos; adubação orgânica

Abstract

Organic fertilization made for a short duration crop might allow planting, in sequence, another short duration crop, without the need for new fertilizers reducing the costs of a new fertilization. This study evaluated arugula production using residual phosphorus from organic fertilization applied to lettuce. Ten treatments were arranged in a 2 × 5 factorial design: two phosphorus sources (Yoorin Thermophosphate and Bone Meal) and five P_2O_5 doses (0, 200, 400, 600, and 800 kg ha^{-1}), in randomized blocks with four replications. Seedlings of cultivar Folha Larga were transplanted in 12 L plastic pots in a greenhouse, ten days after lettuce harvesting, without any new fertilization. Arugula plants were harvested 16 days after transplanting. Plant height fitted a quadratic model, with an estimated maximum of 18.2 cm at a rate of 621 kg ha^{-1} of P_2O_5, representing a 95% increase compared to the control. No effect of phosphorus sources on plant height was observed, with an average of 15.2 cm. Fresh and dry mass increased linearly with increasing phosphorus rates, reaching increments of 226% at the highest rate compared to the treatment without phosphorus. Bone meal resulted in higher fresh and dry mass than thermophosphate, indicating that arugula can be successfully produced using only residual fertilization from lettuce, with positive responses to increasing phosphorus rates.

Keywords: *Eruca sativa*; phosphorus; thermophosphate; bone meal; organic fertilizers

Introdução

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça folhosa pertencente à família Brassicaceae. No Brasil, o consumo de rúcula vem crescendo de forma contínua, o que tem levado ao aumento de sua produção em diferentes regiões do país, além das tradicionais regiões Sul e Sudeste (Cecílio Filho *et al*., 2014), destacando-se também o consumo dessa hortaliça produzida em sistema orgânico. Nos últimos anos, a produção de hortaliças em sistemas orgânicos tem crescido, em média, 20% ao ano, em razão da preocupação dos consumidores com a qualidade dos alimentos e com o meio ambiente, além dos elevados custos dos fertilizantes inorgânicos (Cruz *et al*., 2021).

Segundo Grangeiro *et al*. (2011), é fundamental compreender a nutrição e a adubação da rúcula a fim de garantir adequada disponibilidade de nutrientes e,

consequentemente, maior produtividade. Essa cultura é, em geral, conduzida por pequenos produtores em sistemas de rotação de culturas. Devido ao seu rápido crescimento e curto ciclo de cultivo, muitas vezes o produtor não realiza nova adubação antes do plantio, utilizando-se do efeito residual da adubação aplicada à cultura anterior, especialmente quando são utilizados fertilizantes orgânicos, os quais apresentam liberação mais lenta de nutrientes e menores perdas por lixiviação ou fixação (Monsalve *et al*., 2017; Lanna *et al*., 2017; Cardoso *et al*., 2020).

Entre os nutrientes essenciais, o fósforo tem sido recomendado em grandes quantidades na produção de hortaliças (Cecílio Filho *et al*., 2015; Cardoso *et al*., 2020), uma vez que, de modo geral, os solos tropicais são pobres nesse nutriente e apresentam elevada capacidade de fixação. Dessa forma, o custo da adubação tem se tornado cada vez mais relevante, em razão dos altos preços dos fertilizantes fosfatados. Além do custo, o fósforo é um elemento finito e, portanto, novas fontes devem ser avaliadas, além dos fosfatos tradicionais. Entre as fontes permitidas no sistema orgânico, o termofosfato e a farinha de ossos têm apresentado bons resultados na produção de hortaliças em sistema orgânico (Cardoso *et al*., 2019; Pimenta *et al*., 2024; Machado *et al*., 2024; Tamelini e*t al.*, 2024).

Os componentes do termofosfato Yoorin® apresentam elevada eficiência nutricional, rápida reatividade e efeito residual prolongado. A presença de silicato em sua formulação reduz a fixação do fósforo no solo. Esse adubo torna-se solúvel em contato com ácidos fracos presentes no solo e na rizosfera, disponibilizando os nutrientes de acordo com a demanda das plantas. Além disso, atua como excelente condicionador e revitalizador do solo, com efeito corretivo, principalmente em solos ácidos (Cardoso *et al.*, 2019; Pimenta *et al.,* 2024; Machado *et al.,* 2024).

A farinha de ossos é um subproduto do abate de animais, apresenta baixa solubilidade em água e boa solubilidade em ácidos fracos, o que resulta em liberação mais lenta de fósforo no solo, reduzindo sua fixação. Ademais, o uso desse material possibilita o aproveitamento sustentável de um produto que, de outra forma, seria descartado como resíduo, constituindo-se em alternativa para suprir a demanda por fósforo sem a necessidade de explorar fontes naturais finitas (Pimenta *et al*., 2024; Machado *et al*., 2024). Essas fontes caracterizam-se principalmente pela dissolução mais lenta do fósforo em comparação às fontes fosfatadas solúveis, conferindo efeito imediato e/ou residual em culturas subsequentes (Cardoso *et al*., 2019; Machado *et al*., 2024).

O uso do efeito residual da adubação ao longo de ciclos sucessivos de cultivo constitui uma prática que contribui para o aproveitamento dos fertilizantes remanescentes no solo e para a redução dos custos de produção (Lanna *et al*., 2017; Cardoso *et al.,* 2024). Dessa forma, levanta-se a hipótese de que a utilização de fertilizantes orgânicos em uma cultura de curto ciclo possa permitir o cultivo, em sucessão, de outra cultura de curto ciclo, sem a necessidade de nova adubação. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção de rúcula aproveitando-se da adubação orgânica residual, com duas fontes de fósforo, após o cultivo de alface.

Metodologia

A pesquisa foi conduzida na área experimental do Departamento de Produção Vegetal, setor de Horticultura, pertencente à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), localizada no município de Botucatu, SP, Brasil (22º58’11’’ S; 48º23’56’’ W; altitude de 870 m), em ambiente protegido, em casa de vegetação agrícola do tipo arco, com dimensões de 7 × 20 m e pé-direito de 2,5 m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade de 150 µm, com laterais fechadas com tela antiafídeos.

Inicialmente, foi realizado um estudo com a cultura da alface, no qual foram avaliadas doses de duas fontes de fósforo (Tamelini *et al*., 2024). Após a colheita da alface, foi conduzida a presente pesquisa com a produção de rúcula, sem a realização de nova adubação antes do plantio, utilizando-se apenas o efeito residual da adubação aplicada durante o cultivo da alface. As plantas de alface e, posteriormente, as plantas de rúcula foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 12 L. Utilizou-se um solo de baixa fertilidade natural, o qual foi analisado antes do cultivo da alface, apresentando os seguintes resultados: $pH_{(CaCl_2)}$ = 4,7; matéria orgânica = 5 g dm^{-3}; P_{resina} = 6 mg dm^{-3}; H+Al = 17 $mmol_c$ dm^{-3}; K = 0,9 $mmol_c$ dm^{-3}; Ca = 9 $mmol_c$ dm^{-3}; Mg = 3 $mmol_c$ dm^{-3}; soma de bases (SB) = 13 $mmol_c$ dm^{-3}; CTC = 30 $mmol_c$ dm^{-3}; saturação por bases (V) = 44%. Foram realizadas correções para elevar a saturação por bases para 80%, conforme recomendações de Raij *et al*. (1997).

No experimento com alface, foram avaliados dez tratamentos, em esquema fatorial 2 × 5. O primeiro fator consistiu em duas fontes de fósforo (termofosfato Yoorin® e farinha de ossos) e o segundo fator em cinco doses de fósforo aplicadas antes do plantio da alface (0 (controle), 200, 400, 600 e 800 kg ha^{-1} de P_2O_5). As doses corresponderam a 0, 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada no Boletim Técnico nº 100 do IAC (Raij et

al., 1997), que indica a aplicação de 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 para a cultura da alface nessas condições de solo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os vasos foram dispostos no espaçamento de 1,0 × 0,5 m, sendo que cada parcela experimental foi constituída por três vasos.

As características químicas dos adubos utilizados foram determinadas, obtendo-se os seguintes valores para o termofosfato Yoorin®: P_2O_5, Ca e Mg (%) de 17,0; 19,0 e 8,0, respectivamente. Para a farinha de ossos, os valores observados de N, P, K, Ca, Mg, S, umidade e matéria orgânica (%) foram de 0,96; 13,66; 0,70; 8,81; 0,65; 4,0; 14,0 e 11,0, respectivamente.

As mudas de alface foram transplantadas em 22 de outubro de 2021 e as plantas foram colhidas em 26 de novembro de 2021, aos 35 dias após o transplantio (DAT). Em 6 de dezembro de 2023, dez dias após a colheita da alface, foram transplantadas mudas de rúcula cv. Folha Larga (Sakata®). As mudas foram produzidas em bandejas plásticas flexíveis de 200 células, utilizando-se o substrato Carolina Soil®. Não foi realizada adubação antes do plantio da rúcula. O fornecimento de água foi feito por meio de irrigação por gotejamento, duas vezes ao dia, de acordo com a necessidade da cultura, utilizando fita flexível com vazão de 1,6 L h^{-1} e gotejadores espaçados a 0,50 m. Não foram observadas incidências de pragas ou patógenos.

A colheita foi realizada em 21 de dezembro de 2023 (16 DAT), mediante o corte da parte aérea das plantas próximo ao solo. Em seguida, foram avaliadas as seguintes características: altura de plantas, número de folhas por planta, massa fresca e massa seca da parte aérea por planta. A massa seca foi obtida após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, por cinco dias.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as fontes de fósforo comparadas pelo teste F (5%) e as doses de fósforo analisadas por meio de análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Sisvar 5.3 (Ferreira *et al*., 2014).

Resultados e Discussão

Apenas para a variável número de folhas houve interação significativa entre os fatores fontes de fósforo e doses, pelo teste F (5%), enquanto o fator doses de fósforo foi significativo para todas as características avaliadas e o fator fontes de fósforo foi significativo para a massa fresca e a massa seca da parte aérea.

Na comparação entre as fontes de fósforo, não foi observada diferença para a altura de plantas, com média de 15,2 cm. Por outro lado, maiores valores de massa fresca e massa seca da parte aérea foram obtidos com a farinha de ossos (Tabela 1), enquanto maior número de folhas foi observado com o uso do termofosfato apenas nas doses intermediárias (400 e 600 kg ha^{-1} de P_2O_5) (Tabela 2).

Tabela 1. Médias de altura de plantas, massa fresca e massa seca de plantas de rúcula em função da fonte de fósforo

FONTES DE FÓSFORO	Altura	Massa fresca	Massa seca
	(cm)	(g)	(g)
FARINHA DE OSSOS	15,1 a	58,4 a	5,84 a
TERMOFOSFATO	15,3 a	48,5 b	4,85 b
CV%	9,2%	18,8%	18,9%

*CV%= Coeficiente de variação%.
Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Médias do número de folhas em função das fontes de fósforo para cada dose de fósforo.

FONTES DE FÓSFORO	Doses (kg ha^{-1} de P_2O_5)				
	0	**200**	**400**	**600**	**800**
FARINHA DE OSSOS	22,6 a	39,1 a	39,8 b	42,4 b	47,1 a
TERMOFOSFATO	22,5 a	38,7 a	50,3 a	51,8 a	51,9 a
CV%			8,6%		

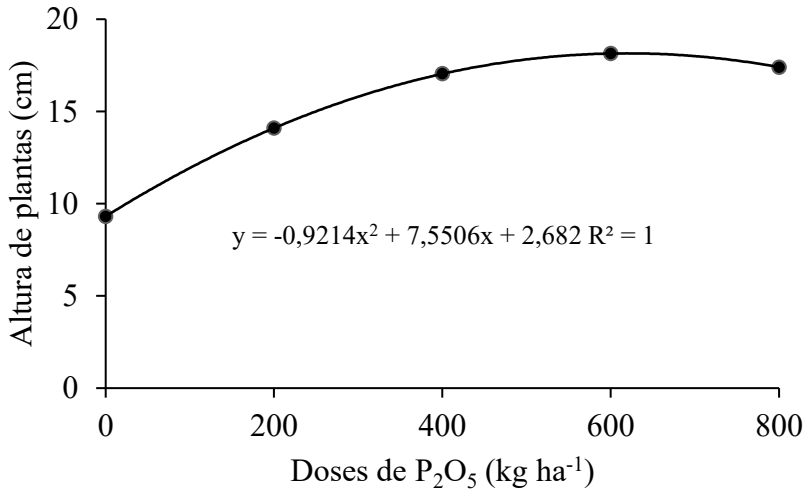
*CV%= Coeficiente de variação %.
Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No ciclo anterior, com a cultura da alface, os tratamentos com farinha de ossos também resultaram em plantas com maior massa seca, porém com menor altura (Tamelini *et al*., 2024). Com a cultura da cenoura, Carvalho *et al.* (2025) observaram maior produção de massa fresca e seca com o uso de farinha de ossos em comparação ao termofosfato apenas em doses iguais ou superiores às recomendadas para a cultura. Os autores sugerem que, provavelmente, apesar de ambos os fertilizantes apresentarem liberação mais lenta em comparação aos fertilizantes inorgânicos solúveis (como o superfosfato), o termofosfato libera o fósforo de forma mais rápida do que a farinha de ossos, favorecendo o acúmulo de massa seca em doses menores e apresentando efeito residual por um período mais curto.

Embora não tenham sido encontrados estudos que comparem diretamente a velocidade de liberação de nutrientes entre essas fontes, o maior efeito residual da farinha de ossos pode estar associado à sua liberação mais lenta, o que favoreceu o aproveitamento do fósforo pelas plantas de rúcula após um primeiro ciclo de cultivo com alface. Além disso, a farinha de ossos apresentou, em sua composição, nitrogênio e enxofre, nutrientes que não foram detectados na análise do termofosfato utilizado, sendo ambos importantes para a produção de rúcula.

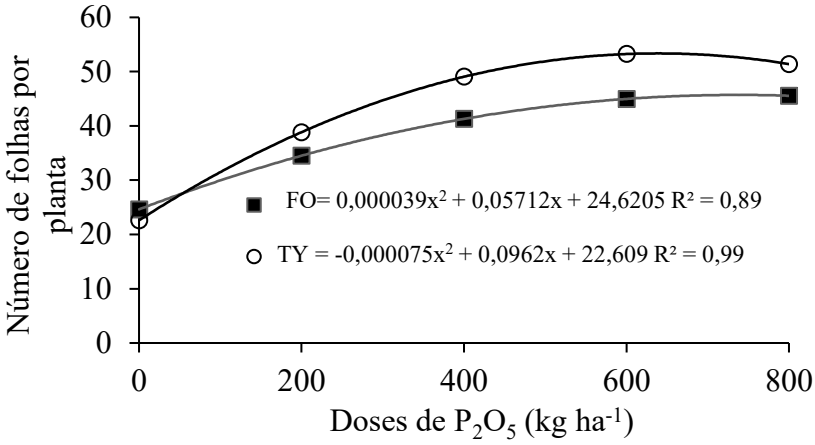
Os dados de altura de plantas ajustaram-se ao modelo quadrático, com valor máximo estimado de 18,2 cm na dose de 621 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 1), valor 95% superior ao tratamento controle, sem aplicação de fósforo (0 kg ha^{-1} de P_2O_5). Não houve diferença entre as fontes de fósforo para a altura de plantas, com média de 15,2 cm (Tabela 1).

Figura 1. Altura de plantas de rúcula em função das doses de fósforo.



Para o número de folhas, os dados também se ajustaram ao modelo quadrático (Figura 2); entretanto, foi observado efeito significativo da interação entre as fontes de fósforo e as doses. Para o termofosfato, o valor máximo estimado foi de 53,5 folhas por planta, na dose de 641 kg ha^{-1} de P_2O_5, valor 136% superior ao tratamento controle sem aplicação de fósforo. Para a farinha de ossos, a estimativa foi de 45,5 folhas por planta, na dose de 732 kg ha^{-1} de P_2O_5, correspondente a um incremento de 85% em relação ao controle sem fósforo. O uso do termofosfato resultou em maior número de folhas nas doses intermediárias (400 e 600 kg ha^{-1} de P_2O_5) quando comparado à farinha de ossos (Tabela 2).

Figura 2. Número de folhas de rúcula em função das doses de fósforo, utilizando termofosfato e farinha de ossos.



Tanto para a massa fresca (Figura 3) quanto para a massa seca (Figura 4), os dados ajustaram-se ao modelo linear, ou seja, quanto maior a dose de fósforo, maior a massa, independentemente da fonte utilizada. Para a maior dose avaliada (800 kg ha^{-1} de P_2O_5), foram estimados valores de 81,8 g e 8,2 g, correspondendo a incrementos de 226% e 326% em relação ao tratamento controle (0 kg ha^{-1} de P_2O_5), para massa fresca e massa seca, respectivamente. Esses aumentos lineares significativos na massa fresca e seca da parte aérea confirmam a importância da adubação fosfatada na produção de rúcula e indicam que o fósforo residual presente no solo após a colheita da alface é suficiente para promover aumentos expressivos na produção. Na comparação entre as fontes de fósforo, as maiores massas fresca e seca foram obtidas com a farinha de ossos (Tabela 1), apresentando valores 20% superiores aos do termofosfato Yoorin®.

Figura 3. Massa fresca de plantas de rúcula em função das doses de fósforo.

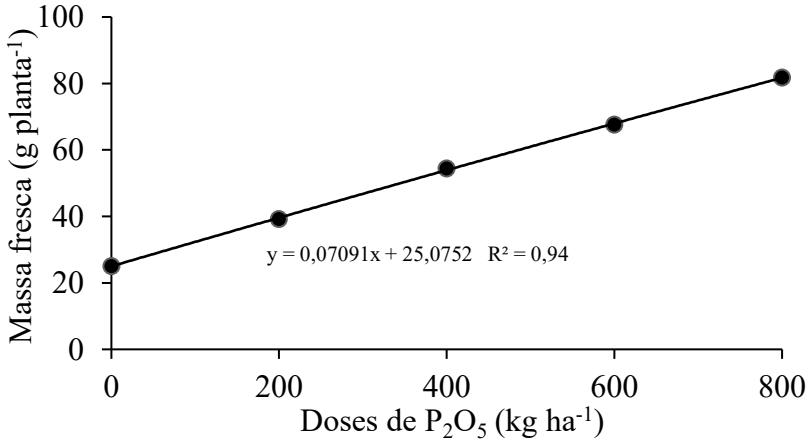
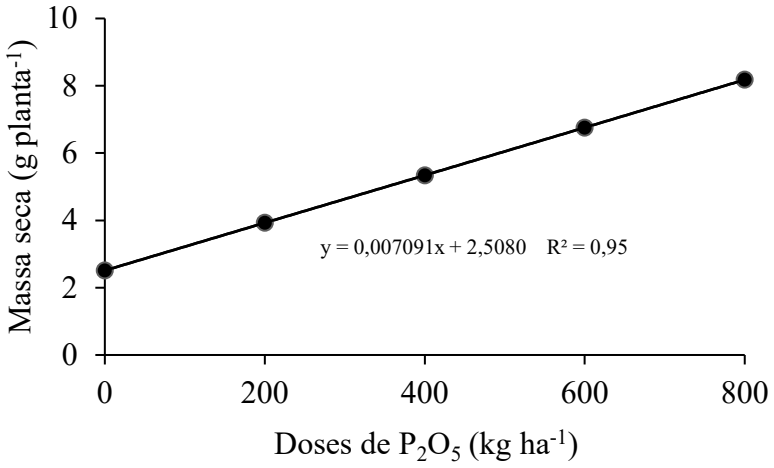


Figura 4. Massa seca de plantas de rúcula em função das doses de fósforo.



Segundo Grangeiro *et al*. (2011), o fósforo foi o macronutriente menos acumulado pelas plantas de rúcula, com valor máximo de 28,7 mg planta^{-1}, desconsiderando o enxofre (S), que não foi avaliado pelos autores. No entanto, apesar de a planta acumular pequenas quantidades desse nutriente, observa-se que a deficiência de fósforo restringe a produtividade. O fósforo é essencial para as plantas, participando da constituição de diversos compostos, como ATP e DNA, entre outros, atuando nos processos de transferência de energia, sendo indispensável para a fotossíntese, translocação de nutrientes e outros processos metabólicos relevantes (Taiz *et al*., 2017).

Em estudo realizado por Nascimento *et al*. (2020), não foi observada diferença no número de folhas por planta de rúcula ao se avaliarem doses de fósforo inorgânico (0 a 300 kg ha^{-1} de P_2O_5), utilizando superfosfato triplo. Entretanto, os autores observaram reduções lineares na altura de plantas e na produtividade com o aumento das doses de fósforo. Essa redução foi atribuída ao fato de o solo estudado já apresentar elevado teor de fósforo (115 mg dm^{-3} de P_{resina}) e, com a aplicação adicional do nutriente, verificou-se aumento linear do teor de fósforo tanto no solo quanto nas folhas, o que pode ter ocasionado desequilíbrio nutricional e, consequentemente, redução do desenvolvimento das plantas. Segundo os autores, altas concentrações de fósforo no solo podem reduzir a eficiência de absorção e utilização de outros nutrientes, especialmente o zinco, prejudicando o crescimento vegetal.

Por outro lado, o solo utilizado no presente estudo apresentou teor inicial muito baixo de fósforo (6 mg dm^{-3} de P_{resina}), o que explica os incrementos observados na produtividade. No entanto, para altura de plantas (Figura 1) e número de folhas por planta (Figura 2), foi observado efeito quadrático das doses de fósforo, sendo que a maior dose

já apresentou leve redução nos valores dessas características, o que pode indicar início de excesso de fósforo e possível desequilíbrio nutricional. Resultados semelhantes foram observados por Bonfim-Silva *et al*. (2015), que relataram efeito quadrático das doses de fósforo sobre altura, número de folhas e massa fresca e seca de plantas de rúcula. Koetz *et al.* (2012) também reportaram efeito quadrático das doses de fósforo sobre a altura de plantas, número de folhas e massa fresca. Além dos prejuízos à produtividade causados por desequilíbrios nutricionais, doses elevadas de fósforo aumentam o custo de produção e podem resultar em impactos ambientais negativos (Li *et al*., 2017).

Luz *et al*. (2018) também avaliaram doses de fósforo (0 a 400 kg ha^{-1} de P_2O_5), utilizando fonte inorgânica (superfosfato triplo), em solo com baixo teor de fósforo (2,06 mg dm^{-3}), obtendo incrementos lineares para todas as características avaliadas, com aumentos de 26% para altura de plantas, 102% para número de folhas e 162% para a massa fresca da parte aérea, ao comparar a maior dose com o tratamento controle sem fósforo. Cavallaro Júnior *et al*. (2009) também relataram incrementos de 50 a 150% nas características produtivas da rúcula (altura, massa fresca e seca) com o uso de farinha de ossos (300 kg ha^{-1} de P_2O_5), em comparação ao controle sem fósforo.

No presente estudo, os incrementos na massa fresca foram ainda mais expressivos, alcançando 226% na maior dose em relação ao controle, mesmo utilizando uma fonte orgânica de liberação mais lenta e havendo um ciclo de cultivo de alface entre a aplicação do fósforo e o plantio da rúcula. Ressalta-se, entretanto, que a maior dose avaliada (800 kg ha^{-1} de P_2O_5) foi o dobro da dose máxima testada por Luz *et al*. (2018), os quais observaram efeito linear, o que indica que, possivelmente, incrementos ainda maiores poderiam ser obtidos com doses superiores.

Contudo, essa hipótese não pode ser confirmada, uma vez que os efeitos lineares não devem ser extrapolados para além do intervalo avaliado. Segundo Wang *et al*. (2015), é comum observar aumentos expressivos na produtividade com a adubação fosfatada quando o solo é pobre nesse nutriente; entretanto, quando o solo apresenta altos teores de fósforo, a resposta das culturas nem sempre é evidente. Lanna *et al*. (2017) relataram que o efeito residual da adubação orgânica também é mais pronunciado em solos de baixa fertilidade.

Para a altura de plantas, os valores obtidos no presente estudo (9,3 a 18,2 cm) foram semelhantes aos relatados por Koetz *et al*. (2018), que variaram de 8,3 a 15,0 cm, porém inferiores aos observados por Luz *et al.* (2018), de 21,4 a 26,1 cm; por Cavallaro Júnior *et al.* (2009), de 14,1 a 21,9 cm; e por Cruz *et al.* (2021), de 26,4 a 33,0 cm. Para

a massa fresca, os valores variaram de 25,1 a 81,8 g por planta, sendo semelhantes aos reportados por Luz *et al*. (2018), de 35,3 a 86,9 g, e superiores aos observados por Koetz *et al*. (2012), de 1,5 a 18,0 g, e por Cruz *et al*. (2021), de 19,5 a 34,1 g. Para a massa seca, os valores variaram de 2,5 a 8,2 g por planta, superiores aos relatados por Cruz *et al.* (2021), de 1,35 a 2,31 g, e por Grangeiro *et al*. (2011), de 3,62 g planta^{-1}.

Assim, os valores obtidos nos melhores tratamentos evidenciam o bom desenvolvimento das plantas, embora as comparações não possam ser consideradas absolutas, uma vez que os resultados podem variar em função da cultivar, das condições ambientais, do manejo adotado e do momento da colheita. Dessa forma, evidencia-se a viabilidade técnica do cultivo de rúcula em sucessão à alface, mesmo em solo de baixa fertilidade, utilizando-se apenas a adubação orgânica realizada antes do cultivo da alface, o que permite economia de fertilizantes e redução da mão de obra necessária para a aplicação desses insumos.

Entre as fontes avaliadas, a farinha de ossos, além de proporcionar maiores valores de massa fresca e seca, destaca-se como uma alternativa com grande potencial, por se tratar de um subproduto do abate de animais que, sem utilização agrícola, seria descartado como resíduo. Segundo Cavallaro Júnior *et al*. (2009), em razão do aumento da geração de resíduos orgânicos oriundos das atividades humanas e industriais, o uso agronômico desse tipo de material como fertilizante tem se tornado uma alternativa viável para a preservação ambiental, com benefícios também para culturas subsequentes, conforme observado neste estudo.

Considerações Finais

Os tratamentos com farinha de ossos resultaram em plantas de rúcula com maior massa fresca e massa seca em comparação aos tratamentos com termofosfato. Conclui-se que é possível produzir rúcula utilizando-se apenas a adubação residual empregada no cultivo da alface e que, quanto maior a dose de fósforo, maiores são as massas fresca e seca das plantas de rúcula.

Agradecimentos

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

BONFIM-SILVA, E. M.; FRIGO, G. R.; BEZERRA, M. D. L.; SANTOS, C. S. A.; SOUSA, H. H. F.; SILVA, T. J. A. Phosphate fertilization in arugula: production and water use efficiency. **Cerrado Agrociências,** v. 6, p. 1-11, 2015

CARDOSO, A. I. I.; SILVA, P. N. L.; COLOMBARI, L. F.; LANNA, N. B. L.; FERNANDES, D. M. Phosphorus sources associated with organic compound in broccoli production and soil chemical attributes. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p. 228-233, 2020.

CARDOSO, A. I. I.; SILVA, P. N. L.; FERNANDES, D. M.; LANNA, N. B. L.; COLOMBARI, L. F.; NAKADA-FREITAS, P. G**.** Residual effect of phosphorus sources on the presence and absence of organic compost in the production of beet and chicory in subsequent cultivation of broccoli. **Horticultura Brasileira**, v. 42, e2543, 2024. doi.org/10.1590/s0102-0536-2024-e2543.

CARVALHO, J. R.; ALVES, T. N.; CARDOSO, A. I. I.; SÁ, J. M.; VIEITES, R. L.; SOUZA, E. P.; SANTOS, C. A.; AVILA, J.; SOUSA, R. L. Phosphate Fertilizer Doses in Carrot Production in an Organic System. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 68, p. 1-12, 2025. doi.org/10.1590/1678-4324-2025240742.

CAVALLARO JÚNIOR, M. L.; TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; KUHN NETO, J.; TIVELLI, S. W. Rocket salad and tomato yield correlated to organic and mineral fertilization N and P. **Bragantia,** v. 68, n. 2, p. 347-356, 2009. doi.org/10.1590/S0006-87052009000200008.

CECÍLIO FILHO, A. B.; MAIA, M. M.; MENDOZA-CORTEZ, J. W.; RODRIGUES, M. A.; NOWAKI, R. H. D. Growing seasons and fractional fertilization for arugula. **Comunicata Scientiae**, v. 5, p. 252-258, 2014. doi.org/10.1590/1983-21252021v34n409rc.

CECÍLIO FILHO, A. B.; SILVA, A. L. P.; MENDOZA-CORTEZ, J. W.; BARBOSA, J. C. Cauliflower and broccoli productivity as influenced by phosphorus fertilizer doses in a P-rich soil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 8, p. 709-712, 2015.

CRUZ, L. K. A.; RUFFINO, G. M.; PELVINE, R. A.; CARDOSO, A. I. I. Sources of organic fertilizers on arugula production. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 123-131, 2021. doi.org/10.1590/S0102-053620190215.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014. doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001.

GRANGEIRO, L. C.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; LUCENA, R. R. M.; OLIVEIRA, R. A. Nutrients growth and accumulation in coriander and rocket. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2011.

KOETZ, M.; CARVALHO, K. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; REZENDE, C. G.; SILVA, J. C. Arugula submitted to phosphorus doses in cerrado red oxisol. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1554-1562, 2012.

LANNA, N. B. L.; SILVA, P. N. L.; COLOMBARI, L. F.; FREITAS-NAKADA, P. G.; CARDOSO, A. I. I. Doses of organic compost on yield and accumulation of macronutrients on endive. **Revista Brasileira de Horticultura**, v. 35, n. 4, p. 621-627, 2017. doi.org/10.1590/S0102-053620170423.

LI, X.; WANG, B.; YANG, T.; ZHU, D.; NIE, Z.; XU, J. Identification of soil P fractions that are associated with P loss from surface runoff under various cropping systems and fertilizer rates on sloped farmland. **PLoS One,** v. 13, e0191753, 2017. doi: 10.1371/journal.pone.0179275.

LUZ, S. R. O. T.; MARTINS, J. K. D.; KEFFER, G. F.; MACHADO, P. C.; ENCK, B. F**.** Response of arugula to phosphate fertilization and soil coverage in the Amazon region. **Cultivando o Saber**, v. 11, n. 4, p. 346-353, 2018.

MACHADO, G. G.; LUIS, D. C. M.; SILVA, I. S. S.; PIMENTA, L. D.; SOUZA, E. P.; CARDOSO, A. I. I. Parsley production using organic sources of phosphorus. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 18, p. 1213, 2024. doi.org/10.18011/bioeng.2024.v18.1213

MONSALVE, O. I.; GUTIÉRREZ, J. S.; CARDONA, W. A. Factors involved in the process of nitrogen mineralization when organic amendments are added to a soil. The review. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 11, n. 1, p. 200-209, 2017. doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5663.

NASCIMENTO, C. S.; CECÍLIO FILHO, A. B. Agronomic performance of rocket as a function of phosphorus fertilisation in a P-rich soil. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 860-864, 2020. doi.org/10.1590/1983-21252020v33n330rc.

PIMENTA, L. D.; CARDOSO, A. I. I.; SÁ, J. M. Alternative sources of phosphorus in beet production aiming at the organic system. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 54, e77737, 2024. doi.org/10.1590/1983-40632024v5477737.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, A. J.; FURLANI, A. M. C. Fertilization and liming recommendations for the State of São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), 1997. 174 p. (Boletim Técnico, 100).

TAIZ, Lincoln; MØLLER, Ian Max; MURPHY, Angus; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2024. 864 p.

TAMELINI, B.; SOUZA, E. P.; ALVES, T. N.; CARDOSO, A. I. I. Sources and doses of phosphorus in the production of red-leaf lettuce in an organic farming system. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 67, e24230761, 2024. doi.org/10.1590/1678-4324-2024230761.

WANG, R.; GUO, S.; LI, N.; LI, R.; ZHANG, Y.; JIANG, J. Phosphorus accumulation and sorption in calcareous soil under long-term fertilization. **PLoS One**, v. 10, e0135160, 2015. 10.1371/journal.pone.0135160.

CAPÍTULO 9

A DISSEMINAÇÃO DE INFORMAÇÃO DIGITAL COMO ESTRATÉGIA PARA O CONTROLE DE PRAGAS E SUSTENTABILIDADE NA AGRICULTURA FAMILIAR

DIGITAL INFORMATION DISSEMINATION AS A STRATEGY FOR PEST CONTROL AND SUSTAINABILITY IN FAMILY FARMING

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.09

Submetido em: 10/02/2026
Revisado em: 11/02/2026
Publicado em: 11/02/2026

Evellyn Thauany Alves de Lima
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Pau dos Ferros.
http://lattes.cnpq.br/6832401367647823

Maria Stella Teodoro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Pau dos Ferros.
http://lattes.cnpq.br/6584047468990077

Maria José de Holanda Leite
Doutora em Ciências Florestais. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Pau dos Ferros.
https://orcid.org/0000-0003-4154-3901
http://lattes.cnpq.br/9553311470144119

Monica Crisóstomo Padrenosso
Licenciada em Gestão de Recursos Humanos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Pau dos Ferros.

http://lattes.cnpq.br/0851509865155413

Denise Maria Santos

Doutora em Geociências. Instituto Dom José de Educação e Cultura, vinculado a Universidade Estadual Vale do Acaraú IDJ/UVA.

https://orcid.org/0000-0001-8886-6439

http://lattes.cnpq.br/5971649947403143

Resumo

A agricultura familiar é um setor vital para a segurança alimentar e a economia brasileira, enfrentando, contudo, desafios significativos no controle de pragas que ameaçam a produtividade e a sustentabilidade rural. Este trabalho analisa a importância da disseminação de informações técnicas e das políticas públicas como ferramentas de fortalecimento para o pequeno produtor. A metodologia consistiu em uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, explorando fontes institucionais e acadêmicas. Os resultados indicam que a transição de modelos baseados em agrotóxicos para práticas de manejo sustentável, como o controle biológico e a rotação de culturas, depende diretamente da democratização do conhecimento. Conclui-se que o desenvolvimento de plataformas digitais informativas, pautadas nos princípios da Ciência Aberta e na acessibilidade digital, desempenha um papel transformador na extensão rural, permitindo que as inovações tecnológicas alcancem o campo de forma eficiente e capacitem os agricultores para uma gestão autônoma e resiliente de suas lavouras.

Palavras-Chave: Segurança Alimentar; Manejo Integrado de Pragas; Extensão Rural Digital; Agroecologia.

Abstract

Family farming is a vital sector for food security and the Brazilian economy, yet it faces significant challenges regarding pest control, which threatens productivity and rural sustainability. This paper analyzes the importance of technical information dissemination and public policies as tools to strengthen smallholder farmers. The methodology consisted of a qualitative bibliographic review, exploring institutional and academic sources. The results indicate that the transition from pesticide-based models to sustainable management practices such as biological control and crop rotation directly depends on the democratization of knowledge. It is concluded that the development of digital information platforms, grounded in Open Science principles and digital accessibility, plays a transformative role in rural extension. These platforms allow technological innovations to reach the field efficiently, empowering farmers for autonomous and resilient management of their crops.

Keywords: Food Security; Integrated Pest Management; Digital Rural Extension; Agroecology.

Introdução

A agricultura familiar representa um dos pilares fundamentais da economia brasileira e da segurança alimentar global. Longe de ser apenas um setor de subsistência, essa modalidade de produção é responsável pela maior parte dos alimentos frescos que compõem a dieta básica da população, além de desempenhar um papel crucial na preservação da biodiversidade e na manutenção da cultura rural. No entanto, o setor enfrenta desafios estruturais crônicos, sendo o principal deles a vulnerabilidade fitossanitária. O fortalecimento das cadeias produtivas familiares depende diretamente da

democratização do acesso a informações técnicas de qualidade, capazes de mitigar a desinformação e conferir autonomia aos trabalhadores do campo (GOMES; DINIZ, 2019).

Nesse cenário, a gestão do conhecimento torna-se um ativo tão valioso quanto a terra. O acesso a dados precisos e atualizados permite que o produtor tome decisões baseadas em evidências sobre o manejo do solo e a nutrição das plantas, resultando em produtos de maior valor agregado. Entre as ameaças à produtividade, destaca-se a pressão exercida por pragas agrícolas, cujas infestações podem devastar colheitas inteiras em curtos períodos, gerando prejuízos financeiros severos e comprometendo a sustentabilidade da unidade produtiva (EMBRAPA, 2020).

Historicamente, o combate a esses agentes foi pautado pelo uso intensivo de defensivos químicos. Contudo, as exigências contemporâneas por uma agricultura mais verde e os riscos à saúde humana impõem a necessidade de estratégias alternativas, como o Manejo Integrado de Pragas (MIP). A transição para esses modelos sustentáveis exige uma ponte eficiente entre a produção científica e a prática agrícola. É neste ponto que a tecnologia da informação, através de sites informativos e plataformas de Ciência Aberta, surge como uma ferramenta de extensão rural digital, capaz de romper barreiras geográficas e traduzir o conhecimento técnico em soluções aplicáveis ao cotidiano do agricultor (NASCIMENTO; ALBAGLI, 2019).

Este trabalho teve como objetivo analisar a interseção entre a agricultura familiar e a sustentabilidade rural, focando no impacto das políticas públicas e na eficácia das estratégias de controle de pragas. Busca-se, ainda, investigar como a criação de plataformas digitais informativas pode atuar como um agente transformador na disseminação de práticas agrícolas resilientes e tecnicamente fundamentadas.

Metodologia

Trata-se de uma pesquisa de revisão bibliográfica de natureza qualitativa e caráter exploratório. A coleta de dados foi realizada em bases de dados científicas como Google Acadêmico, SciELO e repositórios institucionais da EMBRAPA e órgãos governamentais. Os descritores utilizados foram: “Agricultura Familiar”, “Controle de Pragas”, “Sustentabilidade Rural” e “Tecnologias de Informação”. Foram selecionados artigos, relatórios técnicos e documentos governamentais publicados entre 2001 e 2024, priorizando fontes que discutem a interseção entre manejo agrícola e inclusão digital.

Desenvolvimento

- **Agricultura familiar e sustentabilidade rural**

O fortalecimento da agricultura familiar no setor rural pode ser alcançado por meio da disponibilização de informações precisas, que minimizam a desinformação e capacitam os trabalhadores rurais (Figura 1).

Figura 1: Fortalecimento do setor rural através do conhecimento: trabalhadores capacitados utilizam ferramentas de monitoramento para garantir a sustentabilidade e a qualidade da produção familiar.

Fonte: Google imagens (2026).

O acesso a dados confiáveis permite que os produtores desfrutem de plantações, solos e produtos de melhor qualidade. A gestão eficiente do controle de

pragas é essencial para combater infestações que podem reduzir a produtividade, minimizar danos às lavouras e evitar prejuízos financeiros (Gomes; Diniz, 2019).

- **Pragas na agricultura familiar e seus impactos significativos na sustentabilidade rural**

A agricultura desempenha um papel fundamental no aumento da produção de alimentos, especialmente em áreas rurais, e tem sido um impulsionador crucial para o progresso da civilização, promovendo o crescimento populacional e a evolução social (EMBRAPA, 2020; Silva *et al*., 2020). Contudo, as plantações são vulneráveis a diversas pragas que comprometem tanto a qualidade quanto a quantidade das colheitas. O uso tradicional de inseticidas para o controle dessas pragas tem sido amplamente questionado devido aos seus efeitos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Isso exige a adoção de estratégias de manejo mais sustentáveis, com ênfase na obtenção de informações precisas sobre a dinâmica das pragas, algo essencial para a implementação de um controle eficaz (Cross *et al*., 2021; Wang *et al*., 2022).

Nos campos agrícolas, alguns artrópodes, como insetos, podem encontrar condições ideais para reprodução, o que torna sua infestação em pragas um problema crescente. A dinâmica das pragas varia conforme o ecossistema e a região agrícola, exigindo abordagens diferenciadas para o controle e manejo das mesmas.

- **Políticas públicas e seu impacto no âmbito da agricultura familiar**

A agricultura familiar é uma categoria diversificada que engloba diversas atividades econômicas e populações, caracterizando-se pela produção para subsistência e pela limitação no acesso a recursos, como terras e capital (FAO, 2012). As políticas públicas desempenham papel fundamental na promoção da agricultura familiar, especialmente ao reduzir custos de produção, melhorar o acesso a crédito e a mercados, e fomentar o uso de tecnologias que aumentam a competitividade do setor.

Programas como o PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) e o PAA (Programa de Aquisição de Alimentos) têm sido cruciais para garantir o acesso a financiamento e promover a comercialização de produtos da agricultura familiar. Além disso, as políticas voltadas para a redução do "Custo Brasil" têm como objetivo reduzir a complexidade tributária e a burocracia, além de melhorar a infraestrutura, fatores que impactam diretamente

nos custos de produção (Governo Federal, 2023).

O Plano Safra 2023/2024, por exemplo, tem contribuído para a modernização da agricultura familiar ao oferecer financiamentos com taxas de juros reduzidas para a adoção de práticas sustentáveis (MAP, 2023). O fortalecimento da agricultura familiar também está relacionado à promoção do bem-estar das famílias e à permanência dos produtores no campo, com políticas que estimulam a unidade de produção, consumo e reprodução social nas áreas rurais (Denardi, 2001). O Plano Mais Produção, lançado em 2024, aloca R$ 300 bilhões para financiar ações de modernização e sustentabilidade do setor (Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, 2024).

- **Estratégias eficientes de combate às pragas na agricultura familiar**

A agricultura no Brasil tem sido caracterizada pelo uso intensivo de agrotóxicos, o que coloca o país entre os maiores consumidores desse tipo de produto no mundo (Costa & Pires, 2016; Veiga *et al*., 2016). O uso excessivo de agrotóxicos tem gerado impactos negativos tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente, e, por isso, métodos alternativos de controle têm se tornado uma necessidade, especialmente na agricultura familiar, que busca práticas mais sustentáveis.

Entre as estratégias adotadas, destaca-se a rotação de culturas, que consiste em alternar o cultivo de diferentes espécies em uma mesma área, interrompendo o ciclo de vida das pragas e reduzindo sua reprodução. Outra prática é o plantio de culturas repelentes, como alho e cebola, que afastam as pragas de forma natural. O consórcio de culturas também é uma técnica eficaz, pois combina plantas que atraem predadores naturais de pragas, além de utilizar armadilhas para monitoramento e captura (Figura 2) (Embrapa, 2020).

Figura 2. Transição agroecológica: a substituição do uso intensivo de defensivos químicos por estratégias naturais, como a rotação de culturas e a preservação de inimigos naturais das pragas.

Fonte: Google imagens (2026).

O controle biológico, utilizando agentes naturais como parasitóides e predadores, tem se mostrado eficiente no combate às pragas sem comprometer o ecossistema agrícola. No Brasil, métodos como o uso de *Cotesia flavipes* e *Trichogramma* sp. têm sido amplamente utilizados para controlar a população de pragas, promovendo um equilíbrio natural na agricultura familiar (Chagas, 2016).

- **A Importância dos sites informativos para a disseminação de conhecimentos sobre o combate às pragas**

A disseminação de informações sobre o controle de pragas é facilitada por plataformas digitais, como sites informativos, que desempenham um papel fundamental na educação e no compartilhamento de conhecimento. Esses sites oferecem recursos educativos acessíveis, permitindo que produtores rurais, especialmente os da agricultura familiar, se atualizem sobre as melhores práticas para o manejo de pragas e a adoção de técnicas mais sustentáveis.

A Ciência Aberta é um movimento que tem transformado a forma como o conhecimento científico é compartilhado e acessado, utilizando a tecnologia para democratizar as informações e torná-las mais acessíveis ao público em geral (Nascimento & Albagli, 2019). A crescente utilização de dispositivos móveis e redes sociais digitais está transformando a comunicação científica, permitindo que as informações sobre manejo agrícola cheguem de maneira mais rápida e eficiente ao público-alvo.

A criação de sites informativos requer habilidades em programação e design para garantir a acessibilidade das informações em diferentes dispositivos, como computadores, smartphones e tablets. O uso de tecnologias como HTML e CSS é fundamental para garantir que as plataformas sejam funcionais e acessíveis. Os conteúdos de tais sites podem ser fundamentados em artigos científicos, relatórios e entrevistas com especialistas, oferecendo informações confiáveis e atualizadas sobre o controle de pragas (Developer, 2023). Esses sites informam e também oferecem uma forma de interação e feedback para os usuários, o que melhora a personalização da experiência de aprendizado (Conte *et al*., 2022).

Além disso, os cursos de Tecnologia da Informação, como o oferecido pelo IFRN Campus Pau dos Ferros, são essenciais para capacitar os estudantes e profissionais envolvidos no desenvolvimento dessas plataformas, permitindo a criação de sites informativos mais eficazes e acessíveis para a disseminação de conhecimentos técnicos e científicos relacionados ao combate às pragas na agricultura familiar.

Considerações Finais

A pesquisa demonstrou que o combate às pragas na agricultura familiar transcende a prática de campo; ele depende de um ecossistema de informação e suporte político. A integração entre saberes tradicionais e inovações tecnológicas viabilizada por plataformas digitais acessíveis é o caminho para a sustentabilidade rural. Conclui-se que o investimento em profissionais de Tecnologia da Informação, como os formados pelo IFRN, é estratégico para criar interfaces que traduzam a complexidade científica em soluções aplicáveis, garantindo que o conhecimento chegue onde a produção acontece.

Referências

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar. *Plano Safra da Agricultura Familiar 2023/2024*. Brasília, 2023.

CHAGAS, M. C. M. *Controle biológico de pragas: princípios e práticas*. Brasília: Embrapa, 2016.

CROSS, P. et al. Sustainable pest management in agriculture. *Journal of Agricultural Science*, v. 159, n. 4, 2021.

EMBRAPA. *A importância da agricultura para a segurança alimentar*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira*. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: https://www.embrapa.br.

FAO. *O Estado da Insegurança Alimentar no Mundo*. Roma: FAO, 2012.

GOMES, A. S.; DINIZ, J. S. Gestão da Informação no Meio Rural. *Revista de Extensão Rural*, v. 26, n. 1, 2019.

GOMES, A. S.; DINIZ, J. S. A gestão da informação e do conhecimento no contexto da extensão rural. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 57, n. 1, p. 110-125, 2019.

NASCIMENTO, A. G.; ALBAGLI, S. Ciência Aberta: uma ontologia para o século XXI. *Informação & Sociedade*, v. 29, n. 2, 2019.

NASCIMENTO, A. G.; ALBAGLI, S. Ciência aberta: uma ontologia para o século XXI. *Informação & Sociedade: Estudos,* João Pessoa, v. 29, n. 2, p. 115-132, abr./jun. 2019.

SOUZA, M. C. M.; PEREIRA, M. C. *Manejo Integrado de Pragas na Agricultura Familiar*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2021.

WANG, Y. et al. Impact of pests on smallholder farmers and the role of digital extension. *Sustainability*, v. 14, 2022.

CAPÍTULO 10

ESTADO DA ARTE SOBRE PRODUÇÃO DE RAINHAS COM *Apis mellifera*

STATE OF THE ART ON QUEEN PRODUCTION WITH Apis mellifera

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.10

Submetido em: 12/02/2026
Revisado em: 18/02/2026
Publicado em: 20/02/2026

Luciana Veras de Aquino Figueirôa
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN
https://orcid.org/0000-0002-9039-5557

Lucas dos Santos Rebouças
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN
https://orcid.org/0009-0003-4460-5044

Lícia Gabrielle Gomes de Oliveira
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN
https://orcid.org/0000-0002-1655-7511

Aline Gabrielle Gomes da Silva
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN
https://orcid.org/0000-0002-4308-0157

Marcielle Michelle Moreira Menezes
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN
https://orcid.org/0009-0007-0013-9343

Marina Crisley Gondim Rebouças
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN
https://orcid.org/0000-0002-4944-963X

Natanael Silva Félix
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN

https://orcid.org/0000-0002-9631-2847
Katia Peres Gramacho
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN
https://orcid.org/0000-0002-9071-2989
Leandro Alves da Silva
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN
https://orcid.org/0000-0002-0450-4172
Tasyely Daylhany Freire de Lima
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN
https://orcid.org/0009-0002-0558-1716

Resumo

A abelha rainha desempenha um papel fundamental na preservação da saúde e estabilidade de uma colônia de Apis mellifera, sendo responsável pela reprodução e manutenção populacional da colmeia. A eficácia reprodutiva das rainhas pode ser comprometidas por diversos fatores como patologias, escassez de recursos alimentares, degradação do habitat, mudanças climáticas, variações genéticas e exposição a pesticidas. Assim, tornou-se pertinente a realização de uma revisão bibliográfica focada na seguinte questão: como o uso da metodologia do estado da arte tem contribuído para a disseminação do conhecimento científico sobre a produção de rainhas de Apis mellifera em nível global? Foi conduzida uma análise sistemática utilizando bases de dados como Web of Science, Scopus e ScienceDirect, com os descritores: "Apis mellifera", "Honey Bees", "Grafting", "Bee", "Graft". A busca inicial resultou em 92 artigos, dos quais 19 foram selecionados após triagem criteriosa, abrangendo publicações entre 1980 e 2024 em 9 periódicos de alto impacto, com destaque para produções dos Estados Unidos, Reino Unido e Arábia Saudita. Os resultados indicam que as abelhas têm sido amplamente estudadas, empregando diversas metodologias, com um pico de publicações registrado em 2022. As pesquisas se concentram em áreas como sanidade das colmeias, técnicas de desenvolvimento de rainhas, métodos de transferência de larvas e inovações no design de cúpulas para enxertia. Ao mapear o estado da arte, foram identificadas não apenas as inovações mais recentes e oportunidades de investigação futura, mas também lacunas no conhecimento que precisam ser abordadas para aprimorar a produção e a eficiência das rainhas.

Palavras-chave: Sanidade apícola; Transferência de larvas; Produção de Rainhas.

Abstract

The queen bee plays a fundamental role in preserving the health and stability of an Apis mellifera colony, being responsible for reproduction and population maintenance of the hive. Productive and healthy queens are essential for the success of the colony; however, several factors such as parasites, pathologies, scarcity of food resources, habitat degradation, climate change, genetic variations and exposure to pesticides can compromise their reproductive efficiency. Given this scenario, it became pertinent to carry out a literature review focused on the following question: how has the use of state-of-the-art methodology contributed to the dissemination of scientific knowledge about the production of Apis mellifera queens at a global level? A systematic analysis was conducted using databases such as Web of Science, Scopus and ScienceDirect, with the descriptors: "Apis mellifera", "HoneyBees", "Grafting", "Bee", "Graft". The initial search yielded 92 articles, of which 19 were selected after careful screening, covering publications between 1980 and 2024 in 9 high-impact journals, with emphasis on productions from the United States, United Kingdom and Saudi Arabia. The results indicate that bees have been widely studied, using various methodologies, with a peak in publications recorded in 2022. Research focuses on areas such as hive health, queen development techniques, larval transfer methods and innovations in the design of grafting domes. By mapping the state of the art, not only the most recent innovations and opportunities for future research were identified, but also gaps in knowledge that need to be addressed to improve queen production and efficiency.

Keywords: Bee health; Larvae transfer; Queen production.

Introdução

A abelha rainha desempenha um papel fundamental na preservação da saúde e estabilidade das colônias de *Apis mellifera*, sendo responsável pela reprodução e manutenção populacional dentro da colmeia. A presença de rainhas produtivas e saudáveis é essencial para o sucesso da colônia; contudo, diversos fatores podem comprometer sua funcionalidade, tais como parasitos, doenças infecciosas, escassez de recursos alimentares e *habitat* adequado, mudanças climáticas, mutações genéticas e exposição a pesticidas, levando à falência da colônia (Rehman, 2024). Além desses fatores, outras complicações, como lesões, envelhecimento acelerado, infecções patogênicas, distúrbio do colapso da colônia (CCD) e a síndrome da doença idiopática da cria, têm sido associadas à deterioração da saúde da rainha, culminando em sua perda e, consequentemente, no declínio da colônia.

A técnica de produção de rainhas através do método de transferência de larvas de um dia, utilizando larvas totipotentes, é amplamente aplicada na apicultura moderna. Este método é fundamental para a geração de a importância dessas abelhas tanto para a agricultura quanto para a conservação ambiental, as pesquisas têm se concentrado na ampliação do conhecimento sobre sua biologia, comportamento social e práticas de manejo sustentável. Áreas como a biologia comportamental das abelhas têm sido extensivamente estudadas, enquanto outras, como a interação genética entre diferentes espécies, ainda demandam investigações aprofundadas.

Dada a relevância desses polinizadores para o equilíbrio dos ecossistemas, faz-se necessário um levantamento sistemático da literatura para avaliar o desenvolvimento científico nesta área. Assim, o presente estudo objetiva aplicar a metodologia do estado da arte na difusão do conhecimento científico sobre a produção de rainhas *Apis mellifera* em escala global, quantificando o número de artigos publicados, mapeando tendências e identificando lacunas de pesquisa que possam orientar futuras investigações.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida entre os dias 4 e 6 de julho de 2024, utilizando as bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *ScienceDirect*. Inicialmente, a pesquisa foi estruturada por meio de uma estratégia de busca abrangente, aplicando descritores específicos e

operadores booleanos para garantir a precisão dos resultados: ("*Apis mellifera*") AND ("*Honey Bees*") AND ("*Grafting*"); ("*Apis mellifera*") AND ("*Bee*"); ("*Apis mellifera*") AND ("*Graft*").

A triagem inicial dos artigos considerou títulos e resumos que continham os termos "*Apis mellifera*", "Abelhas Rainhas", "Abelhas" e "Transferência de larvas/enxertia", sendo estes os critérios primários de inclusão. Não foram impostas restrições quanto ao idioma, país de origem ou ano de publicação, assegurando um amplo espectro de dados. Em contrapartida, os critérios de exclusão envolveram a eliminação de literatura cinzenta (como capítulos de livros, anais de congressos, e fontes *online*) e artigos de revisão ou meta-análises que se referissem a espécies animais distintas.

Os artigos pré-selecionados foram importados para o *software Mendeley*, utilizado como gestor bibliográfico, visando a organização e deduplicação dos registros. Após essa etapa, os estudos foram submetidos a uma análise mais aprofundada conforme critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Os dados extraídos incluíram: autoria, título, ano de publicação, periódico, classificação Qualis, e base de dados de origem.

As informações coletadas foram sistematicamente catalogadas em uma planilha no *Microsoft Excel*, possibilitando uma análise descritiva dos resultados a fim de estruturar e facilitar a análise subsequente dos resultados.

Resultados

Foram encontrados 92 artigos que continham, em seu título e/ou resumo, palavras-chave usadas nos descritores supracitados. Desse total, 1 artigo estava armazenado na *Web of Science*, 24 na *Scopus* e 67 na *ScienceDirect*. Quinze artigos foram identificados como duplicados (16,30 %) e 58 (63,04%) não atenderam aos critérios de elegibilidade (Tabela 1). Em resumo, 79,34 % dos artigos não seguiram para a etapa de extração das informações.

Tabela 1 – Primeira triagem dos artigos para formação do banco de dados.

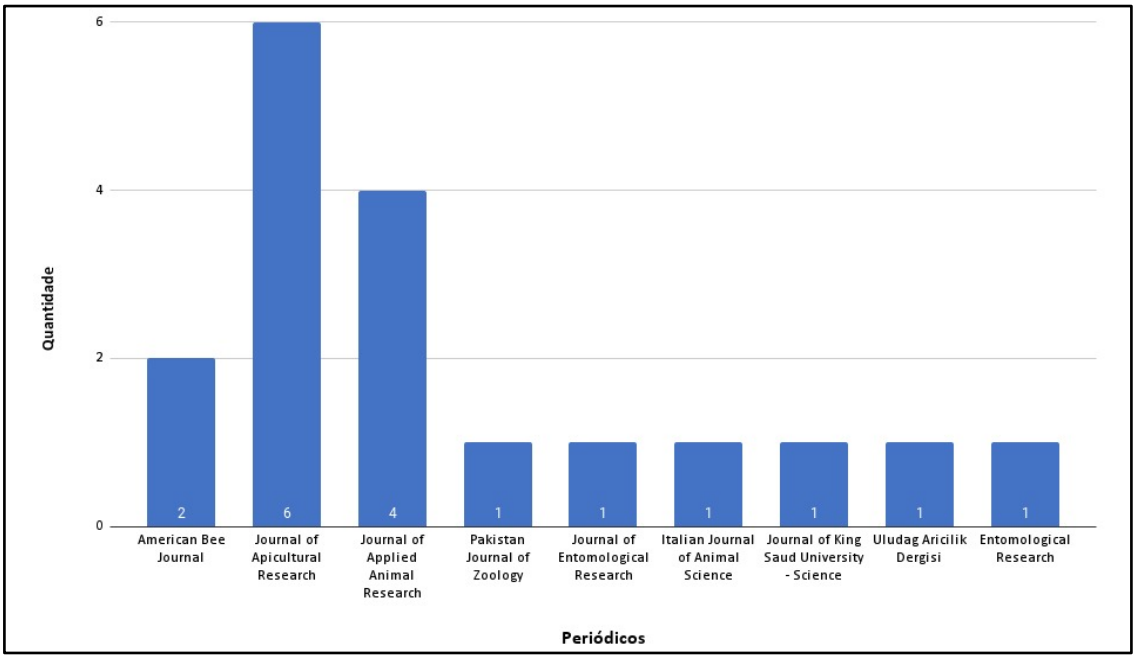
Pesquisas em bancos de dados	**Artigos (N)**	**Artigos (%)**
Web of Science	1	1,08
Scopus	24	26,09
Science direct	67	72,83
Total de artigos pré-selecionados por título e/ou resumo	92	100
Artigos excluídos	**Artigos (N)**	**Artigos (%)**
Duplicados	15	16,30

Não atenderam aos critérios de inclusão	58	63,04
Total de artigos excluídos	73	79,34
Artigos selecionados	**Artigos (N)**	**Artigos (%)**
	19	20,65

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

Após a aplicação dos critérios elegíveis, foram incluídos no banco de dados 19 artigos científicos abordando a técnica de produção de rainhas tanto pelos métodos artificiais quanto pelo método natural. Os 19 artigos elegíveis foram publicados em 9 periódicos, com destaque para *Journal of Applied Animal Research* e *Journal of Apicultural Science* (Figura 1).

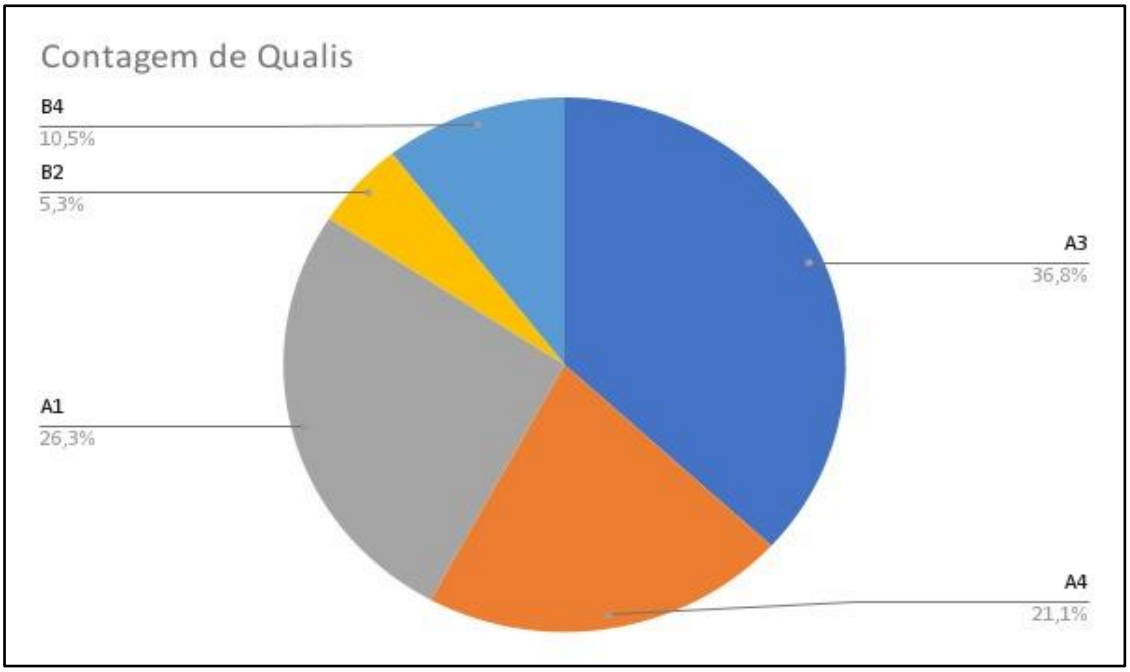
Figura 1 – Periódicos onde foram publicados os artigos elegíveis.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

De acordo com a estratificação da plataforma Sucupira, quadriênio 2021 – 2024, 36,8% dos artigos apresentam qualis A3, 26,3% qualis A1, 21,1% com qualis A4, 10,5 % qualis B4 e 5,3% foi estratificado no qualis B2 (Figura 2).

Figura 2 – Estratificação dos artigos de acordo com o quadriênio 2021 – 2024 da CAPES.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

O estado da arte contemplou direta ou indiretamente a pesquisa sistemática ligadas à grande área das abelhas *Apis mellifera*. A análise temporal revelou que a literatura sobre a produção de rainhas abrange um amplo período, de 1980 a 2024, com um notável aumento no volume de publicações nos últimos anos, especialmente em 2022, que apresentou o maior número de artigos publicados. Em 2024, já foram registrados 2 artigos no primeiro semestre, sinalizando um crescimento contínuo de interesse acadêmico na área, o que sugere um aumento projetado no número de estudos para o restante do ano.

Nesta pesquisa, foi observado que os 19 artigos elegíveis encontrados utilizaram a PRISMA em sua metodologia. O uso dessa abordagem, com ênfase na técnica PECO (População, Exposição, Comparação e Resultado), reforça a qualidade metodológica dos estudos analisados. A sistematização dos dados evidenciou um foco nas práticas de enxertia e na otimização de métodos artificiais para a produção de rainhas, destacando lacunas no conhecimento atual, especialmente no que tange à comparação entre métodos de criação natural e artificial.

Discussão

O estudo da arte, desenvolvido no contexto da disciplina de Apicultura Avançada, teve como objetivo aprofundar a compreensão sobre as técnicas de produção de rainhas de *Apis mellifera*, inicialmente com foco no Brasil. Contudo, a pesquisa foi ampliada para uma perspectiva global, sem restrição geográfica. Os artigos elegíveis identificaram-se provenientes de diversas nações, destacando-se Reino Unido, Turquia, Estados Unidos, Paquistão, Índia, Itália, Rússia e Arábia Saudita.

As publicações analisadas abordam uma ampla gama de temas correlacionados à produção de rainhas, com ênfase em tópicos como o impacto da idade larval durante o processo de enxertia e a influência da suplementação alimentar. Adicionalmente, os estudos investigaram o efeito de diferentes substratos na aceitação de larvas enxertadas. Alguns artigos realizaram análises comparativas entre métodos distintos, como o método *Doolittle versus* o uso de cúpulas naturais, bem como a influência do tamanho das cúpulas tanto na aceitação pelas operárias quanto nas características morfométricas das rainhas produzidas.

Observou-se uma predominância de artigos publicados em periódicos de alto impacto, classificados principalmente nos estratos A3 e A1 do sistema Qualis. Importa salientar que todos os artigos indexados nas bases de dados analisadas foram redigidos em inglês, reforçando a importância desse idioma na difusão do conhecimento científico apícola. Entre os países, Estados Unidos, Reino Unido e Arábia Saudita destacaram-se pela maior produção científica relacionada ao tema.

A plataforma *Web of Science* revelou-se menos produtiva em termos de artigos indexados utilizando os descritores pré definidos, apresentando um número reduzido de publicações. Em contraste, as bases *Scopus* e *ScienceDirect* mostraram-se significativamente mais robustas, consolidando-se como fontes de referência para a construção de revisões sistemáticas, dado o volume expressivo de artigos pertinentes ao campo da apicultura abordados nessas bases.

Considerações Finais

Considerando os resultados obtidos a partir da análise das bases de dados selecionadas, a pesquisa de estado da arte demonstrou ser uma ferramenta fundamental no âmbito científico, pois fornece uma visão holística e detalhada das tecnologias,

metodologias e práticas mais avançadas relacionadas à produção de rainhas de *Apis mellifera*.

Este levantamento permitiu não apenas identificar inovações recentes na área, mas também mapear oportunidades de investigação e apontar lacunas significativas que necessitam de aprofundamento, visando a ampliação do conhecimento existente. Tais lacunas representam áreas estratégicas para a realização de pesquisas futuras, com o potencial de impulsionar novos avanços no manejo apícola.

Desse modo, o uso da metodologia de estado da arte vai além de um simples compilado do que há de mais atual em um determinado campo de estudo; ela se configura como um guia estratégico para a inovação contínua, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento acadêmico.

Referências

ABOU-SHAARA, H. A comparative study on the quality of honey bee (*Apis mellifera*) queens developed from larvae after the collection of royal jelly. **American Bee Journal**, [s. l.],v. 23, n. 1, p. 14-22, maio 2023.Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/371135898_A_comparative_study_on_the_quality_of_honey_bee_Apis_mellifera_queens_developed_from_larvae_after_the_collection_of_royal_jelly#fullTextFileContent. Acesso em: 27 ago. 2025

ADGABA, N *et al*.The responses of Apis mellifera jemenitica to different artificial queen rearing techniques. **Saudi journal of biological sciences**, Arábia Saudita, vol. 26,n.7, p.1649-1654, set. 2018. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6864193/. Acesso em: 27 ago. 2025.

CONTRERAS-MARTINEZ, C. *et al*. Effect of different substrates on the acceptance of grafted larvae in commercial honey bee (*Apis mellifera*) queen rearing. **Journal of apicultural science**, Boston, v. 61, n. 2, p. 245-251, dez. 2017.Disponível em: https://sciendo.com/journal/JAS. Acesso em: 27 ago. 2025.

DODOLOGLU, A.; EMSEN, B. Effects of larvae transfer conditions on queen bee productivity. **Journal of Applied Animal Research**, [s.l], v. 31, n. 2, p. 181-182, 2007.Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/254216116_Effect_of_Supplementary_Feeding_on_Honey_Bee_Colony. Acesso em: 27 ago. 2025

DODOLOGLU, A.; EMSEN, B.; GENE, F. Comparison of some characteristics of queen honey bees (*Apis mellifera* L.) reared by using Doolittle method and natural queen cells. **Journal of Applied Animal Research**, [s.l], v. 26, n. 2, p. 113-115, 2004.Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261696271_Comparison_of_Some_Features_of_Queens_Reared_from_Different_Honeybee_Apis_mellifera_L_Genotypes. Acesso em: 27 ago. 2025.

EBADI, R; GARY, N E. Acceptance by honeybee colonies of larvae in artificial queen cells. **Journal of Apicultural Research**, [s.l], v. 19, n. 2, p. 127-132, 1980.Disponível em: . http://dx.doi. org/10.1080/00218839.1980.11100011. Acesso em: 27 ago. 2025.

EMSEN, B.; DODOLOGLU, A.; GENE, F. Effect of larvae age and grafting method on the larvae accepted rate and height of sealed queen cell (*Apis mellifera* L.). **Journal of Applied Animal Research**, [s.l], v. 24, n. 2, p. 201-206, dez. 2003.Disponível em: http://dx.doi.org/10.1080/0971211 9.2003.9706457.Acesso em: 27 ago. 2025.

GENE, F.; EMSEN, B.; DODOLOGLU, A. Effects of rearing period and grafting method on the queen bee rearing. **Journal of Applied Animal Research**, [s.l], v. 27, n. 1, p. 45-48, nov. 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1080/09712119.2005.9706535. Acesso em: 27 ago. 2025.

LASHARI, M A *et al*. Aptness of diverse queen cup materials for larval graft acceptance and queen bee emergence in managed honey bee (*Apis mellifera*) colonies. **Journal of King Saud University-Science**, Arábia Saudita, v. 34, n. 4, p. 102043, abr. 2022.Disponível em: https://jksus.org/aptness-of-diverse-queen-cup-materials-for-larval-graft-acceptance-and-queen-bee-emergence-in-managed-honey-bee-apis-mellifera-colonies/. Acesso em: 27 ago. 2025.

MA, C; AHMAT, B; LI, J. Effect of queen cell numbers on royal jelly production and quality. **Current research in food Science,** Canadá, v. 5, p. 1818-1825, 11 oct. 2022. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9568691/. Acesso em: 27 ago. 2025.

MAHBOBI, A *et al*. Effects of the age of grafted larvae and the effects of supplemental feeding on some morphological characteristics of iranian queen honey bees (Skorikov, 1929). **Journal of Apicultural Science**, Polônia, v. 56, n. 1, p. 93-98, 18 jun. 2012. Disponível em: https://sciendo.com/article/10.2478/v10289-012-0010-1. Acesso em: 27 ago. 2025.

MAHBOBI, A *et al*. The effects of age of grafted larvae and of supplemental feeding on performance of Iranian honey bee colonies (*Apis mellifera meda*). **Journal of Apicultural Science**, Polônia, v. 58, n. 1, p. 113-117, 26 maio 2014. Disponível em: https://sciendo.com/article/10.2478/jas-2014-0011. Acesso em: 27 ago. 2025.

MANGUM, W. A. Rearing queens without grafting: how to use Dr. CC Miller's queen rearing method. **American bee journal,** Estados Unidos, v.137, n.3, p. 201-2014, 1997. Disponível em: https://eurekamag.com/research/016/852/016852490.php. Acesso em: 27 ago. 2025.

MATTIELLO, S *et al*. Effect of queen cell size on morphometric characteristics of queen honey bees (*Apis mellifera ligustica*). **Italian Journal of Animal Science**, Itália, v. 21, n. 1, p. 532-538, 15 mar.2022. Disponível em: https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2043790. Acesso em: 27 ago. 2025.

RAFIQUE, M K *et al*. Effects of rearing interlude and grafting technique on honeybee *Apis mellifera* L. queen under field conditions. **Pakistan Journal of Zoology**, Paquiatão, v. 51, n. 6, p. 1-4, ago. 2019.Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335401444_Effects_of_Rearing_Interlude_an

d_Grafting_Technique_on_Honeybee_Apis_mellifera_L_Queen_under_Field_Conditions. Acesso em: 27 ago. 2025.

REHMAN, N U *et al*. The effect of larval age, and wet and dry grafting, on the rearing of queen bees using the Doolittle grafting method. **Entomological Research**, Coréia, v. 54, n. 1, p. e12700, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1748-5967.12700. Acesso em: 27 ago. 2025.

SHARMA, S *et al*. General review on artificial queen rearing in honey bees. **Journal of Entomological Research**, Índia, v. 45, n. 2, p. 316-323, jan. 2021.Disponível em: http://dx.doi.org/10.5958/0974-4576.2021.00051.7. Acesso em: 27 ago. 2025.

WILKINSON, D; BROWN, M A. Rearing queen honey bees in a queenright colony. **American Bee Journal**, York, 11 jan 2002.Disponível em: https://www.nationalbeeunit.com/assets/PDFs/3_Resources_for_beekeepers/Rearing_Queen_Honeybees.pdf. Acesso em: 27 ago. 2025.

WU, Xiaobo *et al*. Effects of queen cell size and caging days of mother queen on rearing young honeybee queens L. **Journal of Apicultural Science**, Plônia, v. 62, n. 2, p. 215-222, 23 dez. 2018. Disponível em: https://sciendo.com/article/10.2478/jas-2018-0025. Acesso em: 27 ago. 2025.

CAPÍTULO 11

DENSIDADE DE PLANTAS FEIJÃO-VAGEM SUA INFLUÊNCIA NA PRODUÇÃO

PLANT DENSITY IN SNAP BEAN AND ITS INFLUENCE ON YIELD

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.11

Submetido em: 24/03/2026
Revisado em: 30/03/2026
Publicado em: 01/04/2026

Pedro Henrique Hortolani Cunha
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.
https://orcid.org/0009-0002-2699-1132

Thatiane Nepomuceno Alves
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil
https://orcid.org/0000-0002-9077-9104

Antonio Ismael Inácio Cardoso
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.
https://orcid.org/0000-0003-3251-9491

Resumo

O feijão-vagem, rico em fibras e proteínas, é importante para a agricultura familiar. Seus cultivares, com crescimento indeterminado ou determinado, variam em produtividade dependendo do manejo. O espaçamento e o número de plantas por cova são estratégias para otimizar a produção, porém densidades excessivas de plantas podem reduzir o rendimento devido à competição por nutrientes, água e luz. Este estudo avaliou a produção de feijão-vagem de crescimento indeterminado (cultivar Macarrão Trepador, TopSeed®) sob diferentes espaçamentos e densidades de plantas por cova. O experimento foi conduzido de maio a setembro de 2023, em ambiente protegido, na Fazenda Experimental da UNESP em São

Manuel/SP. Foram testados seis tratamentos em delineamento fatorial 3×2: três espaçamentos (0,3 m, 0,5 m e 0,7 m) e duas densidades de plantas (1 ou 2 plantas por cova). Os resultados mostraram que o espaçamento e a densidade de plantas não afetaram o peso médio das vagens. De modo geral, menores espaçamentos reduziram a produção por planta, mas aumentaram a produtividade por área. Com duas plantas por cova, a produção por planta foi menor do que com uma planta. No maior espaçamento (0,7 m), a produtividade foi maior com duas plantas, enquanto nos dois menores espaçamentos (0,3 m e 0,5 m) a densidade de plantas não apresentou efeito significativo. O estudo concluiu que o menor espaçamento (0,3 m) é o mais recomendado, pois proporcionou a maior produtividade nas condições experimentais avaliadas.

Palavras-Chave: *Phaseolus vulgaris,* plantas por cova, população de plantas, produtividade, competição

Abstract

Snap beans, rich in fiber and protein, are important for family farming. Their cultivars, with indeterminate or determinate growth, vary in productivity depending on management. Spacing and the number of plants per hole are strategies to optimize production, but excessive plant density can reduce yield due to competition for nutrients, water, and light. This study evaluated the production of indeterminate snap beans (Macarrão Trepador cultivar, TopSeed®) under different spacing and plant densities per hole. The experiment was conducted from May to September 2023 in a protected environment at the UNESP Experimental Farm in São Manuel/SP. Six treatments were tested in a 3x2 factorial design: three spacings (0.3 m, 0.5 m, and 0.7 m) and two plant densities (1 or 2 plants/hole). Results showed that spacing and plant density did not affect average pod weight. In general, smaller spacings reduced yield per plant but increased yield per area. With two plants per hole, production per plant was lower than with one. At the widest spacing (0.7 m), yield was higher with two plants, while at the two smallest spacings (0.3 m and 0.5 m), plant density had no significant effect. The study concluded that the closest spacing (0.3 m) is the most recommended, as it provided the highest yield under these experimental conditions.

Keywords: *Phaseolus vulgaris,* spacing, plants per hoke, plant population, yield, competition.

Introdução

O feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*) é uma leguminosa da mesma espécie do feijão comum, porém se distingue pelo consumo da vagem imatura como hortaliça. Selecionado na Europa, mas com origem no México e na Guatemala, é uma das dez hortaliças mais produzidas no país, sendo cultivado por agricultores familiares, principalmente cultivares de crescimento indeterminado, no sistema de cultivo tutorado (Peixoto & Cardoso, 2016).

Os dados mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o feijão-vagem são de 2017 e indicam a existência de 13.437 estabelecimentos agropecuários com essa hortaliça, produzindo 42.945 toneladas, com valor de R$ 74.102.000,00 (IBGE, 2017). No estado de São Paulo, segundo o Instituto de Economia Agrícola (IEA), o feijão-vagem apresentou área total de 1.172,51 hectares e produção de 1.280 toneladas em 2023. As principais regiões produtoras são Itapeva (24,95%), seguida por Campinas (19,86%), Sorocaba (7,89%) e São Paulo (3,40%) (IEA, 2023).

As principais cultivares de feijão-vagem comercializadas na CEAGESP são ‘Manteiga’, ‘Macarrão’, ‘Metro’, ‘Favorito’ e ‘Holandesa’. A maior disponibilidade, em

toneladas, do tipo 'Manteiga' ocorre de julho a agosto, com os maiores preços em março, agosto, setembro e outubro. Já a maior disponibilidade do tipo 'Macarrão' ocorre de novembro a dezembro, com os maiores preços em março e agosto (CEAGESP, 2025). Essa hortaliça desempenha papel importante na alimentação escolar no estado de São Paulo, especialmente quando a leguminosa está disponível sazonalmente (São Paulo, 2024). A cultura é importante tanto para escolas quanto para pequenos produtores, que a utilizam como fonte alternativa de proteína, além de gerar renda monetária e contribuir para a segurança alimentar, fixação de nitrogênio e consequente melhoria da fertilidade do solo (Peixoto & Cardoso, 2016).

Para alcançar maior produtividade, especialmente em hortaliças ainda pouco estudadas, é necessário avaliar diferentes práticas de manejo cultural, incluindo a organização estrutural das plantas, que pode ser manipulada por meio da alteração da densidade de plantio (Tavares *et al.,* 2016). Em termos de produção, a densidade de plantas afeta o crescimento e o desenvolvimento vegetal, seja na capacidade de competir com plantas daninhas, na evaporação do solo e disponibilidade de água para as plantas, na interceptação de luz, na arquitetura das plantas ou até mesmo na produção de frutos (Anderson *et al.,* 2004; Hussein *et al.,* 2018). Isso também ocorre no feijão-vagem, podendo influenciar o número de vagens produzidas por planta e a produtividade.

Hussein *et al.* (2018) verificaram que altas densidades de plantas reduziram o número de vagens por planta em 33,89%, mas aumentaram a produtividade em 27,24%. Musana *et al.* (2020) relataram que maiores espaçamentos resultaram em maior número de vagens por planta, devido à menor competição por recursos, resultado semelhante ao observado por Maguje *et al.* (2017), em que o maior espaçamento aumentou o número de vagens por planta em 34,33%.

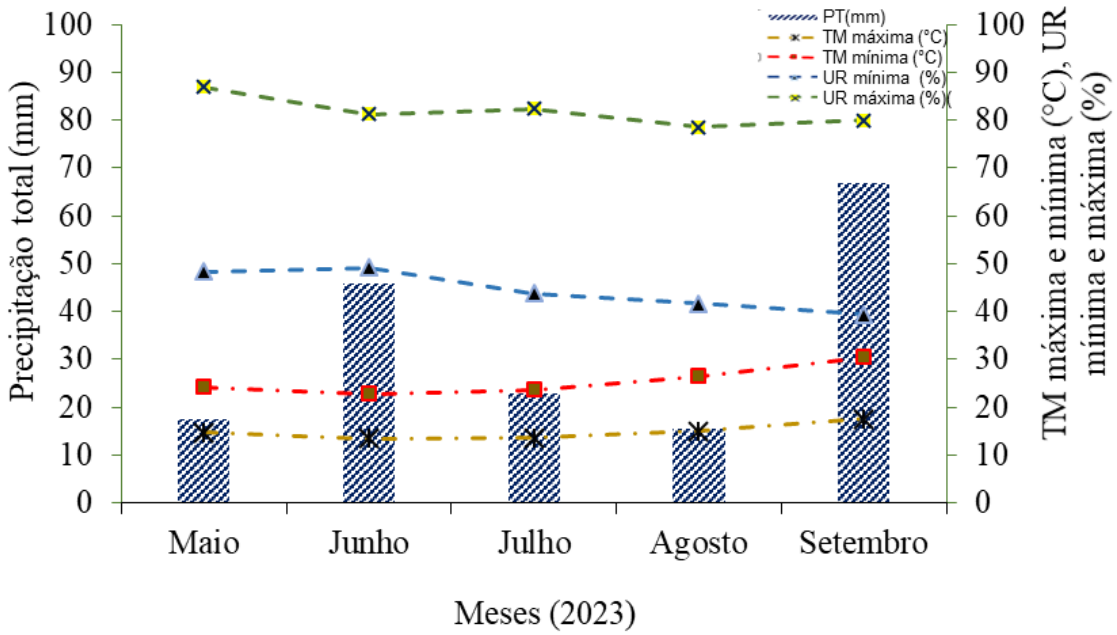
Além do espaçamento, o número de plantas por cova também é uma alternativa para aumentar a população de plantas e a produtividade, com a vantagem de não exigir maior número de tutores para plantas de crescimento indeterminado (Tavares *et al.,* 2016), como ocorre com a maioria das cultivares de feijão-vagem. Goulart *et al.* (2022) verificaram efeito do número de plantas por cova quando cultivadas em sistema orgânico, com maiores produtividades nas maiores densidades. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção de feijão-vagem de crescimento indeterminado sob diferentes espaçamentos entre covas e número de plantas por cova.

Metodologia

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de São Manuel, no estado de São Paulo (22º46"S, 48º34"W, a uma altitude de 773 metros), pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP). As plantas foram cultivadas em estruturas de proteção do tipo arco, com 20 m de comprimento, 7 m de largura e 3,5 m de altura, atingindo 3,8 m em seu ponto mais alto.

As condições meteorológicas durante o período experimental estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Temperatura máxima e mínima (TM), umidade relativa do ar (UR) e precipitação mensal durante o período experimental: maio a setembro de 2023.



O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, apresentando os seguintes resultados de análise química: pH ($CaCl_2$) = 5,8; P resina = 111 mg dm^{-3}; matéria orgânica = 13 g dm^{-3}; saturação por bases (V) = 88%; e os valores de H+Al, K, Ca, Mg, soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC), expressos em mmolc dm^{-3}, de: 12; 1,5; 73; 12; 86 e 99, respectivamente. Com base na análise química do solo, não foi necessária a calagem, e as adubações de plantio e de cobertura foram realizadas de acordo com a recomendação sugerida no Boletim 100 do IAC (Trani *et al.,* 2022).

Em delineamento de blocos ao acaso, com seis repetições, foram avaliados seis tratamentos em esquema fatorial 3×2, correspondentes à combinação de três espaçamentos entre covas (0,3; 0,5 e 0,7 m) e número de plantas por cova (1 ou 2). O

espaçamento entre linhas foi de 1,0 m. Cada parcela foi composta por seis covas, totalizando 6 ou 12 plantas por parcela, para 1 ou 2 plantas por cova, respectivamente, sendo avaliadas apenas as quatro covas centrais de cada parcela.

A cultivar Macarrão Trepador (TopSeed®) foi semeada em 17 de maio de 2023, utilizando-se três sementes por cova e realizando-se posteriormente o desbaste para 1 ou 2 plantas, conforme o tratamento. As plantas foram tutoradas com bambu (2 m de altura).

A irrigação foi realizada por gotejamento, utilizando mangueira Tiquira 8 mil, espaçamento entre gotejadores de 40 cm e vazão de 2,6 L h^{-1} por gotejador. Em dias com temperatura acima de 25 ºC, a irrigação foi acionada cinco vezes ao dia, sendo duas vezes no período da manhã e três vezes no período da tarde, resultando em lâmina de 2,17 L por gotejador por dia. Quando a temperatura estava abaixo de 25 ºC, a irrigação foi reduzida no período da tarde, resultando em vazão de 1,73 L por gotejador por dia. Durante o ciclo da cultura, foram realizadas capinas manuais e manejo fitossanitário sempre que necessário.

A primeira colheita das vagens foi realizada em 14 de agosto de 2023, aos 89 dias após a semeadura (DAS). Foram realizadas duas colheitas por semana até 11 de setembro de 2023 (117 DAS). Os frutos foram colhidos quando apresentavam 10 a 12 cm de comprimento e as sementes ainda não estavam completamente formadas, conforme o padrão de mercado (Ceagesp, 2025).

Em cada colheita, foi contabilizado o número total de frutos e determinada sua massa em balança digital (0,1 g). As vagens consideradas comerciais (frutos sadios, tenros, com coloração verde característica da cultivar, sem presença de doenças bacterianas ou fúngicas e sem danos mecânicos) também foram contadas e pesadas. Esses dados foram utilizados para estimar: número de frutos totais e comerciais por planta e por hectare; produção (em massa) de frutos totais e comerciais por planta e por hectare; e massa média por vagem (total e comercial).

Os dados foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial 3×2, utilizando-se o teste de Tukey (5%) para comparação dos espaçamentos e do número de plantas por cova. A análise estatística foi realizada com o software Sisvar 5.3 (Ferreira *et al.,* 2014).

Resultados e Discussão

O ciclo total da cultura foi de 117 dias, desde a data da semeadura até a última colheita, com início da colheita aos 89 dias e período de colheita de 30 dias. Considerando que a cultivar foi plantada no final do outono (maio) e que a última colheita ocorreu no inverno (setembro), passando parte de seu desenvolvimento durante o inverno, o comportamento da cultivar esteve de acordo com Trani *et al.* (2022). Esses autores relatam que a cultura pode apresentar ciclo de 80 a 140 dias no inverno, com colheita ocorrendo entre 50 e 90 dias após a emergência das plantas, com duração de 30 a 50 dias. Deve-se considerar também que o melhor desenvolvimento do feijão-vagem ocorre em temperaturas amenas entre 18 e 25 ºC (Peixoto & Cardoso, 2016). Esse comportamento foi observado nos dados meteorológicos coletados durante o experimento, nos quais apenas em agosto e setembro as temperaturas médias máximas (Figura 1) atingiram 26,54 ºC e 30,53 ºC, respectivamente.

Observou-se que, com duas plantas por cova, quanto maior o espaçamento entre covas, maior foi a produção por planta (total e comercial, em massa e número de vagens) (Tabela 1). Já com uma planta por cova, as menores produções (total e comercial) foram obtidas no menor espaçamento entre covas (0,3 m), não havendo diferença entre os demais espaçamentos (0,5 e 0,7 m).

Ao comparar o número de plantas por cova, verificou-se que uma planta apresentou as maiores produções por planta (total e comercial, em massa e número de vagens) em comparação a duas plantas, independentemente do espaçamento entre covas. Entretanto, quanto menor o espaçamento, maior foi a diferença proporcional, com incrementos próximos de 100% na produção por planta no espaçamento de 0,3 m entre covas.

Esses resultados refletem a competição intraespecífica entre plantas pelos recursos disponíveis, como água, nutrientes e luz, considerando que a irrigação e a adubação por área foram as mesmas. Com maior sombreamento, pode ocorrer redução no índice fotossintético e, consequentemente, diminuição da produção por planta (Andriolo, 1999). Outros autores também relataram aumento na produção por planta de feijão com a redução da densidade de plantio. Musana *et al.* (2020) testaram espaçamentos de 16,9 a 22,4 cm, com uma planta por cova em feijão para grãos, e observaram aumento da produção por planta à medida que o espaçamento aumentou. Resultados semelhantes foram obtidos por Ejigu & Tulu (2021), que testaram espaçamentos entre plantas de 5 a

15 cm, e por Maguje *et al*. (2017), que estudaram espaçamentos entre linhas (30 a 50 cm) e entre plantas (7 a 13 cm) em feijão-vagem.

Kiriba *et al.* (2020), ao avaliarem três espaçamentos entre linhas (30, 40 e 50 cm) em três cultivares de feijão, observaram aumento apenas na produção em massa (kg ha^{-1}), mas não no número de vagens. Hussein *et al.* (2018), ao compararem adubação nitrogenada e potássica e densidade de plantas (1 e 2 plantas por vaso), observaram redução média de 33,89% no número de vagens por planta com duas plantas por vaso. Tavares *et al.* (2016), em ervilha-torta, e Cardoso & Ribeiro (2006), em feijão-caupi, afirmam que o número de vagens por planta é o primeiro componente de produção definido na fase reprodutiva, sendo também o mais facilmente afetado pela densidade populacional, devido ao ambiente de competição por radiação, água e nutrientes.

Tabela 1. Produção de vagens por planta, produtividade por hectare e massa média por vagem em função do número de plantas por cova e do espaçamento entre covas.

	Espaçamento entre covas (m)			
Número de plantas entre covas	**0,3**	**0,5**	**0,7**	**CV%**
	Produção total g $planta^{-1}$			
Uma	868,50 aB*	1228,50 aA	1363,25 aA	9,71
Duas	457,53 bC	673,00 bB	854,50 bA	
	Número total de vagens $planta^{-1}$			
Uma	15,06 aB	21,64 aA	23,08 aA	8,00
Duas	8,31 bC	11,64 bB	14,85 bA	
	Produção comercial g $planta^{-1}$			
Uma	755,44 aB	1041,13 aA	1038,94 aA	8,78
Duas	386,63 bC	535,25 bB	732,59 bA	
	Número de vagens comerciais $planta^{-1}$			
Uma	13,63 aB	19,44 aA	19,08 aA	8,78
Duas	7,16 bC	9,94 bB	13,30 bA	
	Produtividade total (t ha^{-1})			
Uma	28,95 aA	22,83 aB	19,48 bB	11,82
Duas	30,50 aA	26,92 aAB	24,41 aB	
	Produtividade comercial (t ha^{-1})			
Uma	25,18 aA	19,33 aB	14,84 bC	10,34
Duas	25,78 aA	21,41 aB	20,93 aB	
	Massa média por vagem (g)			
Uma	9,64 aA	9,46 aA	9,83 aA	5,29
Duas	9,18 aA	9,62 aA	9,58 aA	
	Massa média por vagem comercial (g)			
Uma	9,27 aA	8,92 aA	9,08 aA	4,64
Duas	8,74 aA	9,01 aA	9,14 aA	

* Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Apesar da redução na produção por planta, a produtividade comercial (t ha^{-1}) foi maior no menor espaçamento (0,3 m), tanto para 1 quanto para 2 plantas por cova (Tabela 2). Para a produtividade total, o espaçamento de 0,3 m foi superior aos demais, e o espaçamento de 0,5 m foi superior ao de 0,7 m quando se utilizou uma planta por cova. Para duas plantas por cova, o menor espaçamento (0,3 m) foi superior apenas ao maior (0,7 m).

Ao comparar o número de plantas por cova, observou-se que apenas no maior espaçamento houve maior produtividade, tanto total quanto comercial, com duas plantas em comparação com uma planta por cova, não havendo diferença nos demais espaçamentos. Resultado semelhante foi relatado por Tavares *et al.* (2016) em ervilha-torta, com maiores produtividades utilizando duas plantas por cova, principalmente nos maiores espaçamentos estudados (0,4 e 0,5 m), e menor diferença nos menores espaçamentos entre covas (0,3 m).

Os resultados observados, de redução da produção por planta e aumento da produtividade por área, não são incomuns, pois o maior número de plantas pode compensar a perda de produção individual causada pela competição intraespecífica. Maiores densidades de plantio também podem reduzir a evaporação de água do solo, devido à maior cobertura vegetal, e diminuir a competição com plantas daninhas, em razão do sombreamento mais rápido. Resultados semelhantes foram relatados por outros autores para feijão-vagem (Hussein *et al.,* 2018; Kiriba *et al.,* 2020) e feijão-de-vagem (Maguje *et al.,* 2017; Musana *et al*., 2020; Goulart *et al.,* 2022).

Entretanto, aumentos excessivos na densidade podem resultar em menor produtividade, caso a redução da produção por planta seja maior do que o aumento do número de plantas por área. Neste estudo, não foi observada redução de produtividade na maior densidade de plantio (2 plantas por cova no espaçamento de 0,3 m).

De acordo com o Boletim Técnico do Feijão do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) (Trani *et al.,* 2022), o espaçamento recomendado para cultivares de crescimento indeterminado é de 1,0 a 1,1 m × 0,5 a 0,7 m, e a produtividade total esperada no cultivo de inverno é de 20 a 25 t ha^{-1}. As produtividades totais observadas nos tratamentos com espaçamentos recomendados (0,5 e 0,7 m) encontram-se dentro dessa faixa (Tabela 1), exceto para o tratamento com 1 planta por cova no espaçamento de 0,7 m, em que a produtividade obtida foi ligeiramente inferior (19,45 t ha^{-1}).

Entretanto, no menor espaçamento, a produtividade total foi maior, sugerindo que o feijão-vagem pode tolerar maiores densidades de plantio, com incremento de

produtividade nas condições deste experimento. Mesmo considerando apenas a produtividade comercial, os valores obtidos no menor espaçamento superam a faixa descrita no boletim técnico.

Não foram observadas diferenças na massa média de uma vagem total ou comercial, com valores variando de 9,18 a 9,83 g e 8,74 a 9,27 g, respectivamente (Tabela 2). Portanto, a massa individual de cada vagem não foi influenciada pelos fatores espaçamento e número de plantas por cova. A provável razão é que a vagem é colhida ainda imatura e tenra, sem ter atingido seu desenvolvimento máximo, não sendo possível observar diferenças no potencial de crescimento do fruto maduro.

Esse resultado também é comum em outras hortaliças cujos frutos são colhidos ainda imaturos, como abobrinha (Tavares *et al.,* 2023) e pepino (Corrêa *et al.,* 2018). Assim, o aumento da produtividade nessas espécies ocorre pelo aumento do número de frutos, e não pelo aumento do tamanho ou massa dos frutos, que são colhidos quando atingem um padrão comercial, que neste estudo foi de 10 a 12 cm de comprimento, com sementes ainda não totalmente formadas.

A otimização do uso do espaço na produção de hortaliças é de grande importância para os agricultores e, muitas vezes, representa o limite de rentabilidade, especialmente para pequenos produtores com área de cultivo limitada (Tavares *et al.,* 2016). Novos arranjos de plantas são desenvolvidos para maximizar a produção. Em princípio, o melhor arranjo é aquele que proporciona melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, por meio de uma distribuição mais uniforme das plantas na área (Bezerra *et al.,* 2014; Tavares *et al.,* 2016).

Neste experimento, à medida que a densidade de plantio aumentou, houve redução da produção por planta e aumento da produtividade por área, demonstrando que a espécie tolera altas densidades de plantas, pelo menos nas densidades estudadas. Alguns produtores cultivam feijão-vagem como cultura alternativa em rotação, utilizando a estrutura de tutoramento do tomateiro. Isso dificulta a redução do espaçamento entre covas para aumentar a produção por área.

Uma alternativa é utilizar duas plantas por cova, maximizando o uso da área cultivada e aproveitando a estrutura já instalada para o tomateiro. A pesquisa também mostra que, ao se colocar duas sementes por cova, não há necessidade de desbaste, uma vez que não ocorre perda de produtividade nos menores espaçamentos e há aumento nos maiores espaçamentos, quando comparado ao uso de apenas uma planta. Dessa forma, o número de plantas por cova se mostra uma alternativa viável para aumentar a densidade

e a produtividade em situações em que é necessário aproveitar estruturas já existentes. Por outro lado, nos menores espaçamentos não há necessidade de utilizar duas plantas, o que pode reduzir o custo com sementes.

Considerações Finais

Os fatores espaçamento entre covas e número de plantas por cova não afetaram a massa média por vagem.

Em média, quanto menor o espaçamento entre covas, menor a produção por planta e maior a produtividade por área.

Com duas plantas por cova, a produção por planta foi menor do que com uma planta por cova.

Apenas no maior espaçamento a produtividade foi superior com duas plantas por cova, enquanto nos dois menores espaçamentos não houve diferença.

O menor espaçamento é recomendado, pois proporciona a maior produtividade.

Referências

ANDERSON, W. K.; SHARMA, D. L.; SHACKLEY, B. J.; D'ANTUONO, M. F. Rainfall, sowing time, soil type and cultivar influence optimum plant population for wheat in Western Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 55, n. 9, p. 921-930, 2004.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

BEZERRA, F. T. C.; DUTRA, A. S.; BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; BARROS, G. L. Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 335-343, 2014.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Agronomic performance of cowpea, cv. Rouxinol, in function of row spacings and plant densities under dry condition. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 102-105, 2006.

CORRÊA, C. V.; GOUVEIA, A. M. S.; MARTINS, B. N. M.; LANNA, N. B. L.; TAVARES, A. E. B.; MENDONÇA, V. Z.; JORGE, L. G.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M. Effect of top-dressed potassium fertilization on the yield and quality of cucumber. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 10, p. 1345-1350, 2018.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO (CEAGESP). Vagem. Disponível em: https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/vagem/. Acesso em: 27 março 2025.

EJIGU, G.; TULU, S. Effect of NPS fertilizer rate and intra row spacing on growth and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at Metu, southwestern Ethiopia.

International Journal of Agriculture Innovations and Research, v. 10, n. 2, p. 47-70, 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas bootstrap. ***Ciência e Agrotecnologia,*** v. 38, p. 109-112, 2014. doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001.

GOULART, G. R.; CORDEIRO, J.; SHIMADA, B. S. Influence of plant density on bean production in protected cultivation. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, e470111637812, 2022.

HUSSEIN, A.; BENMOUSSA, M.; ABBAD, M. Effect of population density and dose of nitrogen and potassium fertilizers on performance of green bean (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Fundamental and Applied Sciences**, v. 10, n. 1, p. 46-58, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário: Feijão Vagem. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6953. Acesso em: 27 março 2025.

INSTITUTO ECONÔMICO AGRÍCOLA (IEA). Estatísticas da Produção Paulista: Vagem. Disponível em: https://infoiea.agricultura.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1. Acesso em: 27 março 2025.

KIRIBA, D. S.; MSAKY, J. W.; MAHENGE, N. S.; PAUL, S.; KESSY, G. A.; KADEGHE, E.; BINAGWA, P. H. Yield responses of bush bean varieties to different planting densities and rates of phosphorus fertilizer. **Full Length Research Paper**, v. 15, n. 1, p. 40-48, 2020.

MASA, M.; TANA, T.; AHMED, A. Effect of plant spacing on yield and yield related traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties at Areka, Southern Ethiopia. **Journal of Plant Biology & Soil Health**, v. 4, n. 2, 2017.

MUSANA, R. F.; RUCAMUMIHIGO, F. X.; NIRERE, D.; MBARAKA, S. R. Growth and yield performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as influenced by plant density at Nyagatare, East Rwanda. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 20, n. 4, p. 16249-16261, 2020.

PEIXOTO, N.; CARDOSO, A. I. I. **Feijão-vagem**. In: NASCIMENTO, W. M. (ed.). Hortaliças leguminosas. Brasília: Embrapa, 2016. p. 61-88.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Educação. Dia Nacional da Alimentação na Escola: SP investe em alimentos sazonais e apresenta novos sabores aos alunos. Disponível em: https://www.educacao.sp.gov.br/dia-nacional-da-alimentacao-na-escola-sp-investe-em-alimentos-sazonais-e-apresenta-novos-sabores-aos-alunos/. Acesso em: 27 março 2025.

TAVARES, A. E. B.; NAKADA, P. G.; CLAUDIO, M. R. T.; CARDOSO, A. I. I. Densidade de plantio na produção de ervilha-de-vagem. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 289-293, 2016.

TAVARES, A. E. B.; CARDOSO, A. I. I.; MARTINS, B. N. M.; ALVES, T. N.; CORRÊA, C. V.; LANNA, N. B. L. Nitrogen doses and splitting in top dressing in the production and macronutrient content in fruits of zucchini. **Comunicata Scientiae,** v. 14, e3828, 2023.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; PEREIRA, J. E.; SEMIS, J. B. Calagem e adubação do feijão-vagem, feijão-fava (ou fava italiana), feijão-de-lima e ervilha torta (ou ervilha-de-vagem). Boletim Técnico IAC, 2022.

CAPÍTULO 12

EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM CULTIVARES DE MANDIOCA CULTIVADAS EM LATOSSOLO AMARELO NO NORDESTE PARAENSE: IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO DA FERTILIDADE EM SOLOS AMAZÔNICOS

EXTRACTION AND EXPORT OF MACRONUTRIENTS IN CASSAVA CULTIVARS GROWN IN YELLOW LATOSOL IN NORTHEASTERN PARÁ: IMPLICATIONS FOR FERTILITY MANAGEMENT IN AMAZONIAN SOILS

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.12

Submetido em: 08/05/2026
Revisado em: 19/05/2026
Publicado em: 25/05/2026

Jessivaldo Rodrigues Galvão
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brazil
http://lattes.cnpq.br/jessigalvao50@gmail.com
Ismael de Jesus Matos Viégas
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brazil
http://lattes.cnpq.br/ismaelmviegas@gmail.com
William de Lima Nascimento
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brazil
http://lattes.cnpq.br/4515364855357128
Pedro Henrique de Souza Costa
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brazil
http://lattes.cnpq.br/9242504771193949
Diocléa Almeida Seabra Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brazil

https://orcid.org/0000-0002-7102-7580

Paulo Manoel Pontes Lins

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brazil

https://orcid.org/0000-0002-0012-3460

Vitória Rayanne Dias Ribeiro

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brazil

http://lattes.cnpq.br/6312642786328721

Maria Angélica Brasil Gama Gatinho

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brazil

https://orcid.org/0009-0004-6562-5308

Resumo

A mandioca (Manihot esculenta Crantz) destaca-se como uma das principais culturas alimentares das regiões tropicais, exercendo relevante papel socioeconômico na Amazônia brasileira, especialmente em sistemas agrícolas familiares. Apesar da elevada rusticidade da cultura e da capacidade de adaptação a solos de baixa fertilidade natural, a mandioca apresenta elevada extração e exportação de nutrientes, principalmente potássio, o que pode acelerar processos de empobrecimento químico dos solos tropicais altamente intemperizados. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a extração e exportação de macronutrientes em cultivares de mandioca cultivadas em Latossolo Amarelo no nordeste do estado do Pará. O experimento foi conduzido no município de Tracuateua-PA, em delineamento em blocos casualizados, com quatro cultivares (BRS Mulatinha, BRS Kiriris, BRS Formosa e BRS Novo Horizonte) e quatro repetições. Foram realizadas análises químicas do solo, bem como determinações dos teores de macronutrientes em folhas e raízes. A exportação de nutrientes foi estimada com base na produtividade das raízes e nos teores nutricionais acumulados. Os resultados demonstraram diferenças significativas entre as cultivares quanto à absorção e exportação de nutrientes. A cultivar BRS Novo Horizonte apresentou maior capacidade de absorção de K, Ca e Mg, enquanto a BRS Kiriris apresentou maior exportação de nitrogênio. O potássio foi o nutriente mais exportado entre todas as cultivares avaliadas, evidenciando sua elevada exigência pela cultura. Os resultados reforçam a necessidade de programas de adubação específicos por cultivar, visando maior eficiência de uso dos nutrientes e sustentabilidade da fertilidade dos solos amazônicos.

Palavras-chave: mandioca; fertilidade do solo; Amazônia; nutrição mineral; exportação de nutrientes; potássio.

Abstract

Cassava (Manihot esculenta Crantz) is one of the most important food crops in tropical regions and plays a major socioeconomic role in the Brazilian Amazon, particularly in family-based agricultural systems. Although cassava is highly adapted to low-fertility soils, the crop exhibits elevated nutrient extraction and export, especially potassium, which may intensify soil nutrient depletion in highly weathered tropical soils. This study aimed to evaluate macronutrient extraction and export in cassava cultivars cultivated on Yellow Oxisol in northeastern Pará State, eastern Amazon. The experiment was conducted in Tracuateua municipality under a randomized block design with four cultivars (BRS Mulatinha, BRS Kiriris, BRS Formosa, and BRS Novo Horizonte) and four replications. Soil chemical analyses and plant nutrient determinations were performed in leaves and roots. Nutrient export was estimated according to root productivity and nutrient accumulation. Significant differences among cultivars were observed regarding nutrient absorption and export. BRS Novo Horizonte showed superior uptake of K, Ca, and Mg, whereas BRS Kiriris presented higher nitrogen export. Potassium was the most exported nutrient in all cultivars, emphasizing the importance of adequate nutrient replacement in cassava production systems. The results demonstrate distinct nutritional requirements among cassava cultivars and reinforce the importance of cultivar-specific fertilization programs to improve nutrient-use efficiency and sustainable soil fertility management in Amazonian agroecosystems.

Keywords: cassava; nutrient export; tropical soils; nutrient-use efficiency; potassium; Amazon.

Introdução

A mandioca (Manihot esculenta Crantz) destaca-se como uma das principais culturas alimentares das regiões tropicais e subtropicais, desempenhando papel fundamental na segurança alimentar e na geração de renda de milhões de pessoas em países em desenvolvimento. No Brasil, a cultura possui elevada importância socioeconômica, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, onde está diretamente associada à agricultura familiar e à produção de farinha, fécula e diversos derivados alimentícios. O estado do Pará figura entre os maiores produtores nacionais, sendo a mandiocultura uma atividade agrícola tradicional amplamente difundida em sistemas produtivos amazônicos.

Apesar da reconhecida rusticidade da cultura e da sua capacidade de adaptação a condições de baixa fertilidade natural, a mandioca apresenta elevada extração e exportação de nutrientes, principalmente potássio, nitrogênio, cálcio e magnésio. Em solos tropicais altamente intemperizados, como os Latossolos Amarelos predominantes na Amazônia, essa elevada demanda nutricional pode acelerar o empobrecimento químico do solo quando não há adequada reposição de nutrientes. Esses solos caracterizam-se por elevada acidez, baixa capacidade de troca catiônica, baixos teores de matéria orgânica e reduzida disponibilidade de nutrientes essenciais ao crescimento vegetal.

O potássio destaca-se como o nutriente mais exigido pela cultura, atuando diretamente no transporte de carboidratos, na regulação osmótica e no enchimento das raízes tuberosas. O nitrogênio participa da síntese de proteínas e do crescimento vegetativo, enquanto cálcio e magnésio desempenham funções estruturais e fisiológicas importantes no metabolismo vegetal. A absorção e utilização desses nutrientes podem variar significativamente entre cultivares em função de características genéticas relacionadas à eficiência nutricional e ao potencial produtivo.

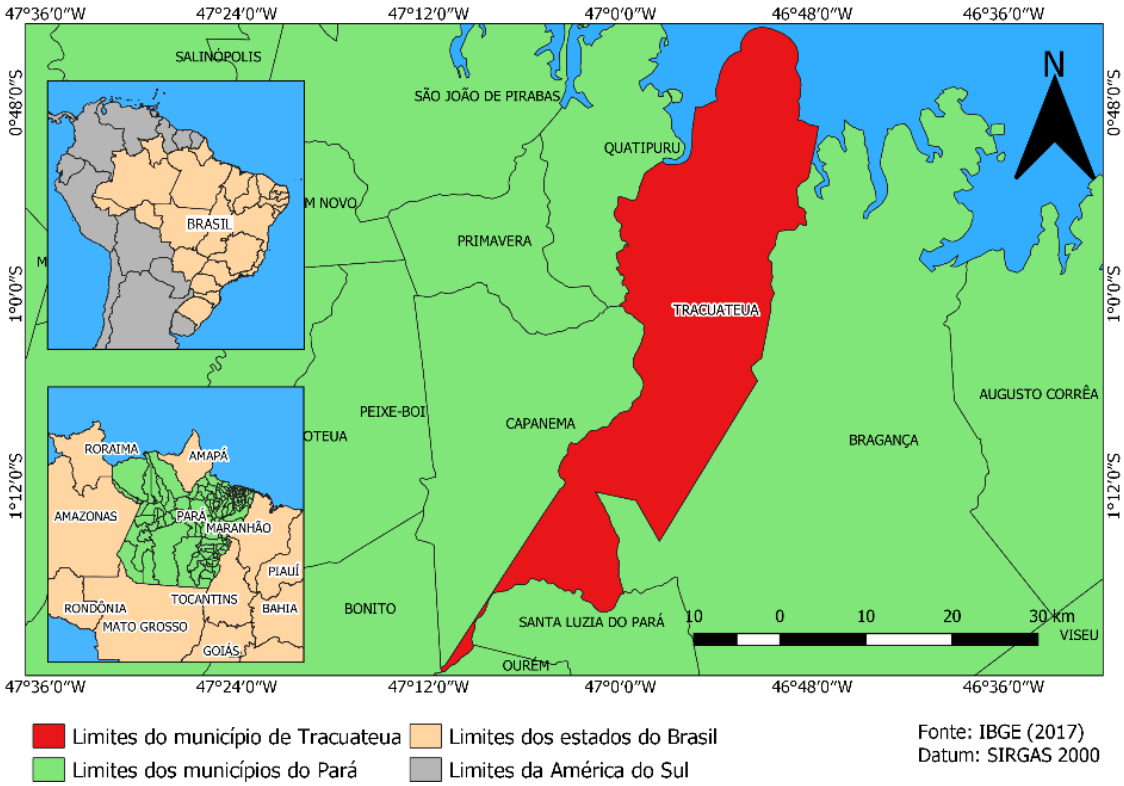
Embora a mandioca possua grande relevância econômica e social na Amazônia brasileira, ainda são escassas as informações sobre a dinâmica de extração e exportação de macronutrientes em cultivares cultivadas sob condições edafoclimáticas amazônicas. A obtenção dessas informações é fundamental para o aprimoramento das recomendações

de adubação, aumento da eficiência de uso dos fertilizantes e desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo da fertilidade dos solos tropicais. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a extração e exportação de macronutrientes em cultivares de mandioca cultivadas em Latossolo Amarelo no nordeste do estado do Pará.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Milênio, localizada na comunidade Vila Fátima, município de Tracuateua, nordeste do estado do Pará, Brasil, nas coordenadas geográficas 1°04'34" S e 45°54'11" W.

Figura 1. Localização da área experimental no município de Tracuateua, Pará, Brasil.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

A região apresenta clima do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido, com precipitação pluviométrica média anual de aproximadamente 2.133 mm, temperatura média anual de 27,5 °C e elevada umidade relativa do ar. O período chuvoso concentra-se entre os meses de janeiro e julho, enquanto o período menos chuvoso ocorre entre agosto e dezembro.

Figura 2. Área experimental da Fazenda Milênio, localizada em Tracuateua, Pará, Brasil.

Fonte: Google Earth (2024).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico de textura arenosa, típico de regiões tropicais altamente intemperizadas. Antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0–20 cm utilizando trado holandês para determinação dos atributos químicos e físicos do solo. As análises foram realizadas conforme metodologias recomendadas pela Embrapa. As características químicas do solo encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental.

Ph (H_2O)	M.O. (g kg^{-1})	P	K	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	V (%)
5,6	8,0	(mg dm^{-3})		(cmolc dm^{-3})			35,7
		ns	16	0,7	0,3	0,3	

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos correspondentes às cultivares de mandioca BRS Mulatinha, BRS Kiriris, BRS Formosa e BRS Novo Horizonte, com quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por plantas distribuídas em espaçamento de 1,0 × 1,0 m, sendo avaliadas duas plantas úteis por parcela.

O preparo da área foi realizado por meio de aração e gradagem. Antes do plantio, efetuou-se a correção da acidez do solo com aplicação de calcário dolomítico na dose de 1,5 t ha^{-1}, com PRNT de 90%. A adubação de plantio consistiu na aplicação de 300 kg ha^{-1} da formulação NPK 10–28–20 e 100 kg ha^{-1} de cloreto de potássio.

As manivas utilizadas apresentavam aproximadamente 20 cm de comprimento e foram obtidas de plantas matrizes sadias. O plantio foi realizado manualmente, mantendo-se manejo convencional da cultura durante todo o ciclo, incluindo capinas manuais e monitoramento fitossanitário.

As plantas foram colhidas aos 12 meses após o plantio. Foram coletadas amostras de folhas e raízes das plantas úteis de cada parcela experimental. As amostras vegetais foram lavadas em água destilada, secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley.

As análises químicas das amostras vegetais foram realizadas no laboratório da Embrapa Amazônia Ocidental. O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl, enquanto os demais nutrientes foram obtidos após digestão nitroperclórica. As determinações de fósforo foram realizadas por espectrofotometria, o potássio por fotometria de chama e os teores de cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica, seguindo as metodologias descritas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). A exportação de nutrientes foi estimada considerando os teores acumulados nas raízes tuberosas e a produtividade obtida por hectare, utilizando a equação:

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando software estatístico apropriado.

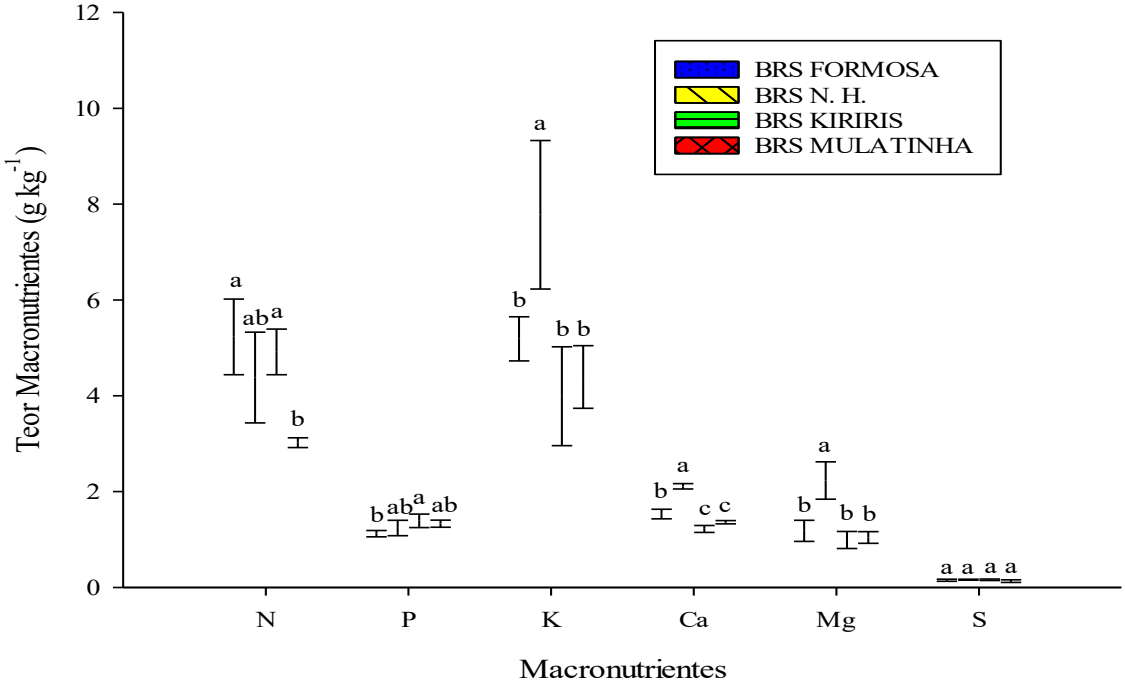
Resultados e Discussão

O solo da área experimental apresentou baixa fertilidade natural, característica típica de Latossolos Amarelos da Amazônia oriental. Os baixos teores de matéria orgânica e nutrientes trocáveis refletem o intenso processo de intemperismo e lixiviação predominante em regiões tropicais úmidas. Os teores reduzidos de cálcio e magnésio indicam limitações importantes para o desenvolvimento da cultura da mandioca, principalmente em sistemas agrícolas submetidos a cultivos sucessivos sem adequada reposição nutricional. A saturação por bases observada no solo experimental foi relativamente baixa, evidenciando condições de acidez que podem limitar a disponibilidade de nutrientes e o crescimento radicular das plantas. Apesar da mandioca apresentar tolerância moderada à acidez, condições de baixa fertilidade podem comprometer a produtividade e a qualidade das raízes tuberosas.

Os resultados demonstram a necessidade de estratégias adequadas de manejo da fertilidade visando sustentabilidade da produção agrícola amazônica. Os teores foliares de nitrogênio variaram entre as cultivares avaliadas, com maiores concentrações observadas nas cultivares BRS Formosa e BRS Kiriris. O nitrogênio exerce papel fundamental na formação de proteínas, aminoácidos e enzimas relacionadas ao metabolismo fotossintético. Maiores concentrações foliares desse nutriente podem favorecer maior crescimento vegetativo e desenvolvimento radicular. Os teores de potássio encontrados nas folhas situaram-se próximos aos níveis críticos, sugerindo limitação nutricional para a cultura. O potássio possui elevada mobilidade no floema e participa diretamente do transporte de fotoassimilados para as raízes tuberosas, influenciando produtividade e qualidade industrial da mandioca. Os teores de cálcio, magnésio e enxofre permaneceram dentro de faixas consideradas adequadas para a cultura. O magnésio desempenha função essencial na síntese de clorofila e ativação enzimática, enquanto o cálcio atua na integridade estrutural das membranas celulares.

Diferenças significativas foram observadas entre as cultivares quanto à concentração de macronutrientes nas raízes.

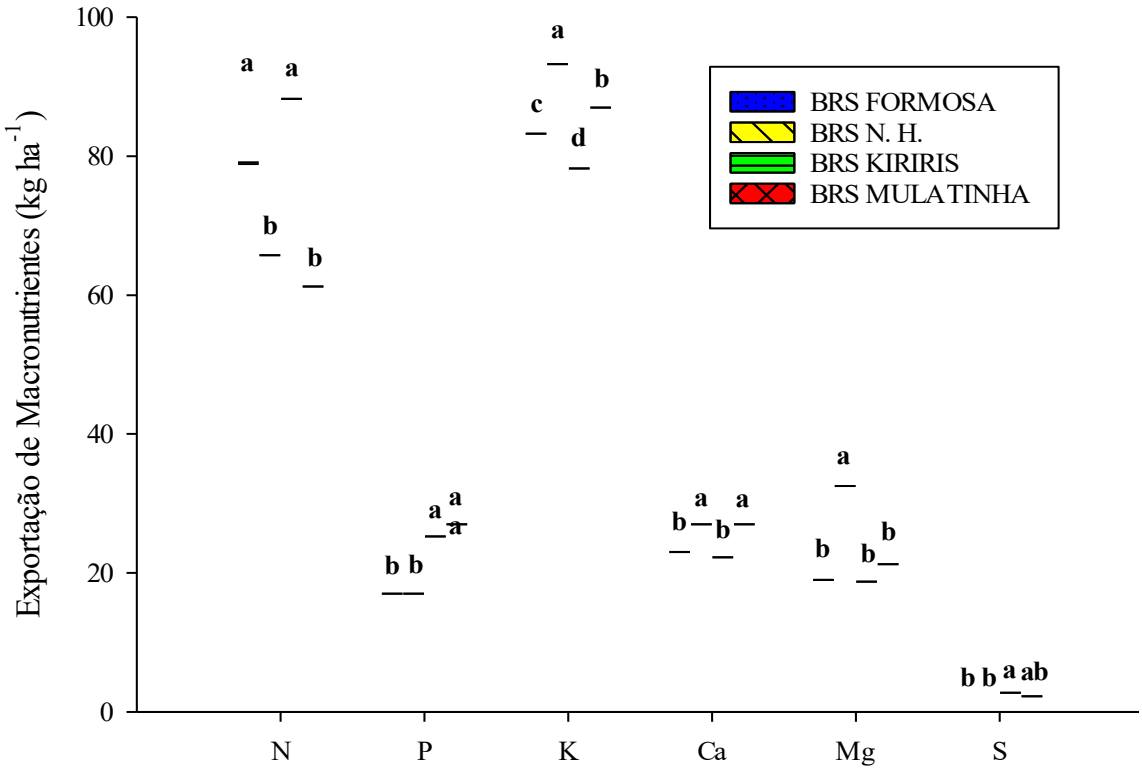
Figura 3 - Teores de macronutrientes nas raízes em cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz), em Latossolo Amarelo textura média no município de Tracuateua.



A cultivar BRS Novo Horizonte apresentou maiores concentrações de potássio, cálcio e magnésio, indicando elevada eficiência de absorção e acúmulo desses nutrientes. Esse comportamento sugere maior capacidade fisiológica relacionada ao transporte de nutrientes e maior eficiência metabólica. As cultivares BRS Formosa e BRS Kiriris apresentaram maior acúmulo de nitrogênio nas raízes tuberosas. O nitrogênio influencia diretamente o crescimento vegetativo, síntese proteica e formação estrutural das raízes. Entre todos os nutrientes avaliados, o potássio apresentou maior acúmulo nas raízes tuberosas. Resultados semelhantes foram observados por Costa et al. (2017) e Martins et al. (2018), os quais destacaram a elevada exigência potássica da mandioca em sistemas tropicais.

A exportação de nutrientes diferiu significativamente entre as cultivares estudadas.

Figura 4 - Exportação de macronutrientes por cultivares de mandioca cultivadas em Latossolo Amarelo.



Letras iguais entre as cultivares de mandioca, não diferem ente si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor (2026).

A cultivar BRS Kiriris apresentou maior exportação de nitrogênio, enquanto a cultivar BRS Novo Horizonte apresentou maior exportação de potássio e magnésio. A ordem decrescente de exportação dos nutrientes foi K > N > Mg > Ca > P > S. O potássio foi o nutriente mais exportado pelas raízes tuberosas, confirmando sua elevada demanda pela cultura da mandioca. O elevado acúmulo e exportação de K estão relacionados ao seu papel fisiológico no transporte de açúcares, manutenção do potencial osmótico celular e enchimento das raízes. Em solos amazônicos altamente intemperizados, os baixos teores naturais de potássio associados à elevada lixiviação podem intensificar rapidamente o esgotamento nutricional do sistema produtivo.

Tabela 3. Quantidades exportadas de nutrientes pelas cultivares de mandioca (kg ha^{-1}).

Cultivar	N	P	K
BRS Formosa	79	17	83
BRS Novo Horizonte	65	17	93
BRS Kiriris	88	25	78
BRS Mulatinha	61	27	87

Os resultados evidenciam elevada remoção de nutrientes do sistema agrícola, reforçando a necessidade de reposição adequada para manutenção da fertilidade do solo. As diferenças observadas entre as cultivares demonstram forte influência genética na eficiência de absorção e utilização dos nutrientes. Cultivares com maior eficiência nutricional podem apresentar maior produtividade e melhor adaptação a solos de baixa fertilidade. Entretanto, essas cultivares também podem promover maior exportação de nutrientes, exigindo programas de adubação mais intensivos. A elevada exportação de potássio reforça a importância do manejo adequado desse nutriente em sistemas produtivos amazônicos. A ausência de reposição adequada pode resultar em redução progressiva da fertilidade do solo, comprometendo a sustentabilidade da produção agrícola.

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas amazônicos depende diretamente da manutenção dos estoques nutricionais do solo. Práticas como adubação equilibrada, utilização de resíduos orgânicos, biochar, adubação verde e sistemas agroflorestais podem contribuir para redução das perdas nutricionais e melhoria da fertilidade dos solos tropicais. A utilização de biochar, especialmente produzido a partir de resíduos agroindustriais amazônicos, apresenta potencial para aumento da capacidade de retenção de nutrientes, melhoria da capacidade de troca catiônica e redução da lixiviação de potássio. Além disso, programas de manejo específicos por cultivar podem aumentar a eficiência de uso dos fertilizantes e reduzir impactos ambientais associados ao uso excessivo de insumos químicos.

Os resultados demonstram que as cultivares avaliadas apresentam diferenças fisiológicas relacionadas à absorção, transporte e utilização de nutrientes. A cultivar BRS Novo Horizonte destacou-se pela maior eficiência de absorção de potássio, cálcio e magnésio, enquanto a BRS Kiriris apresentou maior exportação de nitrogênio. Essas diferenças podem estar associadas à arquitetura radicular, capacidade de exploração do

solo, eficiência fotossintética e mecanismos fisiológicos de translocação de nutrientes. O conhecimento dessas características pode contribuir para programas de melhoramento genético voltados à eficiência nutricional da mandioca em solos de baixa fertilidade.

Considerações Finais

As cultivares de mandioca avaliadas apresentaram diferenças significativas quanto à extração e exportação de macronutrientes em condições de Latossolo Amarelo no nordeste paraense.

A cultivar BRS Novo Horizonte destacou-se pela maior capacidade de absorção de potássio, cálcio e magnésio, enquanto a cultivar BRS Kiriris apresentou maior exportação de nitrogênio.

O potássio foi o nutriente mais exportado pelas raízes tuberosas em todas as cultivares, evidenciando elevada exigência da cultura por esse elemento.

Os resultados reforçam a necessidade de estratégias de manejo nutricional específicas por cultivar, visando maior eficiência de uso dos fertilizantes e sustentabilidade da fertilidade dos solos amazônicos.

A adoção de práticas conservacionistas, associadas ao uso racional de fertilizantes e fontes alternativas de nutrientes, torna-se fundamental para manutenção da produtividade agrícola em sistemas tropicais altamente intemperizados.

Novos estudos envolvendo dinâmica nutricional, eficiência fisiológica e manejo sustentável da fertilidade do solo são necessários para aprimorar recomendações técnicas para a cultura da mandioca na Amazônia.

Referências

AGUIAR, E. B. et al. Boletim técnico: a poda da mandioca e seus diferentes usos. 2020.

ANDRADE NETO, R. de C. et al. Estado da arte e desafios da mandiocultura no Acre. 2011.

BRAGA, J. M. Avaliação da fertilidade do solo (ensaios de campo). Viçosa: UFV, 1983.

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S.; VIEGAS, I. J. M. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2020.

CANTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007.

COSTA, A. C. L. et al. Magnesium improves nutrient absorption and biomass production in cassava. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 42, 2018.

COSTA, K. A. P. et al. Efeito do potássio na produtividade e qualidade da mandioca. Revista Brasileira de Ciência Agrária, v. 12, n. 2, p. 164-169, 2017.

EMBRAPA. Mandioca e Fruticultura. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/mandioca-e-fruticultura. Acesso em: 09 abr. 2024.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT database. Rome, 2024.

GOMES, F. P. et al. Magnesium fertilization improves yield and antioxidant metabolism in cassava. Acta Scientiarum Agronomy, v. 36, n. 1, p. 67-74, 2014.

GUEYE, M. et al. Effects of nitrogen fertilization on yield and starch content of cassava. Journal of Experimental Agriculture International, v. 22, n. 6, p. 1-10, 2018.

HOMMA, A. K. O. et al. Análise cartográfica da concentração do cultivo de mandioca no estado do Pará, Amazônia brasileira. 2016.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Dados meteorológicos para o estado do Pará. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso em: 21 jun. 2023.

KONE, B. et al. Effects of calcium on yield and quality of cassava tubers. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, v. 12, n. 2, p. 66-73, 2018.

LOBATO, W. S. T. et al. Balanço hídrico e classificação climática para o município de Tracuateua-PA. In: Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2018.

LOPES, J. C. et al. Efeito da adubação fosfatada na produção e qualidade de raízes de mandioca. Revista Ceres, v. 66, n. 6, p. 455-461, 2019.

LORENZI, J. O. et al. Aspectos fitotécnicos da mandioca em Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARTINS, M. R. et al. Efeito de doses de potássio na produção e qualidade de raízes de mandioca. Revista Ceres, v. 65, n. 4, p. 326-332, 2018.

MENEGUCCI, N. C. Mandioca para indústria: matéria seca e nutrientes em plantas de mandioca com diferentes estádios de desenvolvimento. 2020.

MOHIDIN, R. N. S. P. et al. Mandioca (Manihot esculenta Crantz): revisão sistemática das atividades farmacológicas, usos tradicionais e composição nutricional. 2023.

OKOGBENIN, E. et al. Phenotypic approaches to drought in cassava: review. Frontiers in Physiology, v. 4, p. 93, 2013.

OLIVEIRA, A. F. et al. Enxofre na qualidade da farinha de mandioca. Revista Ceres, v. 66, n. 6, p. 441-447, 2019.

OLIVEIRA, A. R. et al. Effect of nitrogen fertilization on yield and quality of cassava roots. African Journal of Agricultural Research, v. 12, n. 9, p. 716-722, 2017.

PARRY, M. M. et al. Estado nutricional da mandioca cultivada em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações. Revista de Ciências Agrárias, n. 43, p. 91-114, 2005.

PIMENTEL, M. L. et al. Teores de fósforo potencialmente disponível no solo e absorvidos por plantas de mandioca sob diferentes fontes de adubação. Nucleus, v. 17, n. 1, 2020.

RAIJ, B. VAN. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1981.

SANTOS, A. S. et al. Utilização de mandioca na elaboração de sorvetes. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 3, p. 29503-29522, 2021.

SANTOS, E. S. et al. Adubação com enxofre e produtividade de raízes de mandioca em dois solos. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 46, n. 3, p. 326-333, 2016.

SILVA, D. C. O. et al. Curvas de crescimento de plantas de mandioca submetidas a doses de potássio. Revista Ciência Agrária, v. 60, n. 2, p. 158-165, 2017.

SILVA, E. M. et al. Produção de mandioca em solo de baixa fertilidade após adubação com fósforo e micronutrientes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 49, n. 3, p. 164-171, 2014.

SOBRAL, L. F. et al. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. 2015.

SOUSA, E. O que são extração e exportação de nutrientes? Terra Magna, 2023.

SOUZA, L. da S.; FIALHO, J. de F. Cultivo da mandioca para a região do Cerrado. Cruz das Almas: Embrapa, 2003.

SOUZA, L. da S. et al. Calagem e adubação para mandioca. In: Recomendações de calagem e adubação para culturas tropicais. Cruz das Almas: Embrapa, 2009.

VITA, W. dos S. A mandioca como alternativa para alimentação da bovinocultura leiteira durante a estação seca. 2021.

ZHANG, C. et al. Effects of foliar application of calcium on yield and quality of cassava tubers. Journal of Plant Nutrition, v. 43, n. 2, p. 236-244, 2020.

CAPÍTULO 13

RESÍDUO SÓLIDO DO BENEFICIAMENTO DE CAMARÃO NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MELANCIA

SOLID WASTE FROM SHRIMP PROCESSING IN THE GERMINATION AND INITIAL GROWTH OF WATERMELON SEEDLINGS

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.13

Submetido em: 20/07/2026
Revisado em: 30/07/2026
Publicado em: 03/08/2026

Gabrielen de Maria Gomes Dias
Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Fortaleza-CE
http://lattes.cnpq.br/3637029306988132

Wellington Marcos Soares da Silva
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção-CE
http://lattes.cnpq.br/2615782930760833

Jorge Braga Ribeiro Junior
Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, Lavras-MG
http://lattes.cnpq.br/1901397165745950

Lailla Sabrina Queiroz Nazareno
Universidade Federal do Ceará, Doutorado em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza-CE
http://lattes.cnpq.br/9762107118836630

Antônio Lucas Aguiar Lobo
Universidade Federal do Ceará, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (PPGAF/UFC), Fortaleza-CE

http://lattes.cnpq.br/7974539442320599

Resumo

O aproveitamento de coprodutos do beneficiamento de camarão pode reduzir passivos ambientais e favorecer a circularidade de nutrientes, desde que o material seja caracterizado e utilizado em doses compatíveis com a produção de mudas. Este trabalho avaliou a composição mineral de diferentes frações do resíduo de *Litopenaeus vannamei* e o efeito da incorporação da mistura de cefalotórax e abdômen na germinação e no crescimento inicial de melancia (*Citrullus lanatus*). Os resíduos foram lavados, secos à sombra por sete dias, triturados e submetidos à análise química e à microscopia eletrônica de varredura acoplada à espectroscopia de raios X por dispersão de energia. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos: 0; 1,5; 3,0; e 4,5 g kg^{-1} de resíduo, com 64 repetições. Avaliaram-se a germinação em três épocas (4°, 8° e 12° dia) e, aos 20 dias, altura da parte aérea, número de folhas e massas fresca e seca. A mistura de cefalotórax e abdômen apresentou as maiores médias de Ca, Fe e Zn, e o mapeamento elementar confirmou a presença superficial de P, Ca, Mg, K, Na e S. No gráfico de germinação, os tratamentos de 3,0 e 4,5 g kg^{-1} integraram o grupo estatisticamente inferior na última avaliação. Em contrapartida, essas doses aumentaram a altura e o número de folhas das plântulas estabelecidas; a massa fresca não diferiu entre os tratamentos, enquanto todas as doses do resíduo elevaram a massa seca em relação ao controle. Os resultados evidenciam potencial agronômico do resíduo, mas também indicam possível compensação entre emergência e crescimento pós-emergência, que deve ser esclarecida por estudos de salinidade, propriedades físicas do substrato e estabilidade sanitária do material.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*; *Litopenaeus vannamei*; economia circular; substrato; reaproveitamento de resíduos.

Abstract

The use of by-products from shrimp processing can reduce environmental liabilities and promote nutrient circularity, provided that the material is characterized and used in doses compatible with seedling production. This work evaluated the mineral composition of different fractions of *Litopenaeus vannamei* residue and the effect of incorporating a mixture of cephalothorax and abdomen on the germination and initial growth of watermelon (*Citrullus lanatus*). The residues were washed, dried in the shade for seven days, ground, and subjected to chemical analysis and scanning electron microscopy coupled with energy-dispersive X-ray spectroscopy. The experiment was conducted in a greenhouse, in a completely randomized design, with four treatments: 0; 1.5; 3.0; and 4.5 g kg-1 of residue, with 64 repetitions. Germination was evaluated at three times (4th, 8th, and 12th day), and at 20 days, shoot height, number of leaves, and fresh and dry mass were assessed. The cephalothorax and abdomen mixture showed the highest averages of Ca, Fe, and Zn, and elemental mapping confirmed the superficial presence of P, Ca, Mg, K, Na, and S. In the germination graph, the 3.0 and 4.5 g kg−1 treatments were in the statistically inferior group in the last evaluation. In contrast, these doses increased the height and number of leaves of the established seedlings; fresh mass did not differ between treatments, while all doses of the residue increased dry mass compared to the control. The results highlight the agronomic potential of the residue, but also indicate a possible trade-off between emergence and post-emergence growth, which should be clarified by studies of salinity, physical properties of the substrate, and sanitary stability of the material.

Keywords: *Citrullus lanatus*; *Litopenaeus vannamei*; circular economy; substrate; waste recycling.

Introdução

A carcinicultura constitui uma atividade relevante da aquicultura brasileira e permanece espacialmente concentrada na Região Nordeste, com participação expressiva

do Ceará. A expansão produtiva amplia, simultaneamente, a disponibilidade de coprodutos oriundos do processamento do camarão, sobretudo cefalotórax e exoesqueleto. Quando descartados sem manejo adequado, esses materiais podem elevar a carga orgânica e produzir odores, além de representar perda de biomassa passível de valorização (IBGE, 2025a; DECKER *et al*., 2016; MATHEW *et al*., 2020).

Os resíduos de crustáceos apresentam uma matriz complexa, formada principalmente por quitina, proteínas, minerais e pigmentos. Sua composição varia com a espécie, a fração anatômica, o sistema de cultivo e o processamento. Cálcio, fósforo, magnésio, potássio, enxofre e sódio podem estar presentes em proporções relevantes, o que sustenta o interesse pelo uso agrícola desses materiais. Entretanto, a simples presença de um elemento não equivale à sua disponibilidade imediata para as plantas; o desempenho agronômico também depende da forma química, da decomposição, da salinidade e das propriedades físicas da mistura de cultivo (MATHEW *et al*., 2020; VANDECASTEELE *et al*., 2021; NGASOTTER *et al*., 2023).

A incorporação de resíduos orgânicos em substratos pode melhorar o suprimento de nutrientes, a agregação e a retenção de água. Em proporções inadequadas, contudo, pode aumentar a condutividade elétrica, alterar o pH, reduzir a aeração ou introduzir compostos fitotóxicos. Em produção de mudas, tais efeitos são especialmente importantes porque a germinação e o crescimento inicial ocorrem em pequeno volume de substrato, no qual mudanças químicas e físicas são rapidamente percebidas pelas sementes e raízes (LEAL *et al*., 2007; RIVERA *et al*., 2022; SOUSA *et al*., 2023; ZHANG; MASABNI; NIU, 2024).

A melancia (*Citrullus lanatus*) é uma cultura de importância econômica e alimentar, amplamente cultivada no Brasil e acompanhada anualmente pelas estatísticas agrícolas oficiais (IBGE, 2025b). O estabelecimento uniforme da lavoura depende de mudas vigorosas, com sistema radicular funcional e parte aérea equilibrada. A nutrição mineral participa diretamente desse processo; nitrogênio, fósforo e potássio sustentam a formação de tecidos e a expansão inicial, enquanto o equilíbrio entre nutrientes, sais e água influencia tanto a emergência quanto a qualidade das mudas (GRANGEIRO; CECÍLIO FILHO, 2004; SOUSA *et al*., 2023; ZHANG; MASABNI; NIU, 2024).

Apesar do potencial de valorização dos resíduos de camarão, ainda são necessários ensaios que relacionem sua composição às respostas de culturas hortícolas em condições locais. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar frações do resíduo sólido do beneficiamento de *Litopenaeus vannamei* e avaliar o efeito de doses da mistura de

cefalotórax e abdômen sobre a germinação e o crescimento inicial de mudas de melancia. Partiu-se da hipótese de que doses moderadas poderiam favorecer o acúmulo de biomassa, enquanto doses mais elevadas poderiam limitar a germinação em razão de alterações químicas ou físicas do substrato.

Material e Métodos

- **Local de condução do experimento**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto de Desenvolvimento Rural da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Campus das Auroras. As análises de biomassa foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal da mesma instituição.

- **Obtenção e preparo do resíduo de camarão**

Resíduos do beneficiamento de camarão-branco-do-Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) foram fornecidos por uma unidade de processamento. O material foi lavado em água corrente para remoção de impurezas aderidas e separado em três frações: cefalotórax; abdômen; e mistura de cefalotórax e abdômen. As frações foram distribuídas sobre lonas plásticas e secas à sombra durante sete dias. Após a secagem, o material foi triturado e armazenado em sacos plásticos escuros até a realização das análises e do experimento.

- **Caracterização química e microanálise por EDS**

Amostras das três frações trituradas foram encaminhadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, Água e Plantas, do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará (UFC), para determinação de macro e micronutrientes. Foram quantificados N, P, K, Ca, Mg e S, expressos em g kg^{-1}, e Na, Fe, Zn, Cu e Mn, expressos em mg kg^{-1}.

A morfologia superficial e a distribuição qualitativa dos elementos foram avaliadas na Central Analítica da UFC. Utilizou-se microscópio eletrônico de varredura LEO EVO 40 XVP acoplado a detector de espectroscopia de raios X por dispersão de energia (EDS X-Flash Detector 5010). Foram examinadas as três frações do resíduo. O EDS foi empregado para confirmar a ocorrência e a distribuição superficial dos elementos, sem inferência direta sobre sua disponibilidade para as plantas.

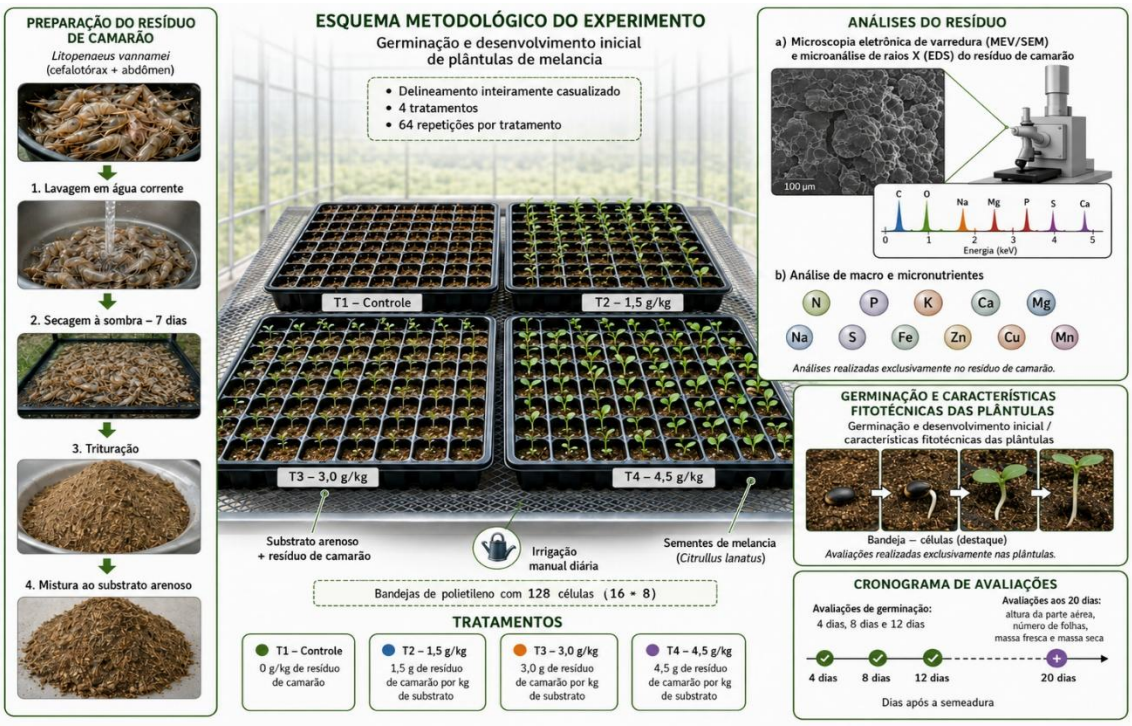
- **Ensaio de germinação e crescimento inicial**

O material-base do substrato foi um solo de textura arenosa. A mistura de cefalotórax e abdômen foi selecionada para o bioensaio por reunir, de modo geral, as maiores concentrações minerais entre as frações avaliadas. O substrato foi acondicionado em bandejas de polietileno com 128 células, nas quais se semeou uma semente de melancia por célula.

Foram avaliados quatro tratamentos: T1, controle sem resíduo; T2, 1,5 g kg^{-1}; T3, 3,0 g kg^{-1}; e T4, 4,5 g kg^{-1} de resíduo de camarão incorporado ao material-base. A irrigação foi realizada manualmente, pela manhã e à tarde, buscando manter umidade adequada à germinação e ao desenvolvimento inicial.

O delineamento experimental, as etapas de preparo do resíduo, os tratamentos e o cronograma das avaliações estão sintetizados na Figura 1.

Figura 1. Esquema metodológico do experimento de germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de melancia (*Citrullus lanatus*) em casa de vegetação, utilizando resíduo sólido de camarão *(Litopenaeus vannamei*) como incremento ao substrato. A figura apresenta as etapas de preparo do resíduo, os tratamentos aplicados em bandejas, as análises realizadas no resíduo e o cronograma de avaliações nas plântulas.



- **Variáveis avaliadas**

A germinação foi registrada em três épocas após a semeadura e expressa em porcentagem. Aos 20 dias, avaliaram-se o número de folhas por planta e a altura da parte aérea, medida em centímetros. Para a determinação das massas fresca e seca, dez plantas de cada tratamento foram selecionadas aleatoriamente e pesadas em balança de precisão. Em seguida, o material vegetal permaneceu em estufa de circulação forçada de ar, a 60 °C, por 72 horas, até massa constante.

- **Delineamento e análise estatística**

Adotou-se delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 64 repetições, sendo cada repetição composta por uma semente. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, no programa Assistat, versão 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016).

Resultados e Discussão

- **Composição mineral e distribuição superficial dos elementos**

A composição mineral variou entre as frações do resíduo (Tabela 1). Para N, o abdômen e a mistura não diferiram entre si e apresentaram médias superiores à do cefalotórax. P, K e S não diferiram estatisticamente entre as frações. A mistura de cefalotórax e abdômen apresentou o maior teor de Ca (47,76 g kg^{-1}), enquanto o abdômen e a mistura reuniram os maiores teores de Mg.

Tabela 1. Composição química das frações do resíduo sólido de camarão.

A) Macronutrientes (g kg^{-1})

Fração	N	P	K	Ca	Mg	S
Cefalotórax	0,42 b*	15,53 a	3,84 a	40,99 c	3,16 b	17,59 a
Abdômen	0,53 a	16,14 a	4,58 a	43,20 b	4,72 a	18,28 a
Cefalotórax + abdômen	0,59 a	16,38 a	4,77 a	47,76 a	4,87 a	18,95 a

B) Elementos expressos em mg kg^{-1}

Fração	Na	Fe	Zn	Cu	Mn
Cefalotórax	4,56 b*	229,88 c	81,51 c	19,35 b	6,10 b

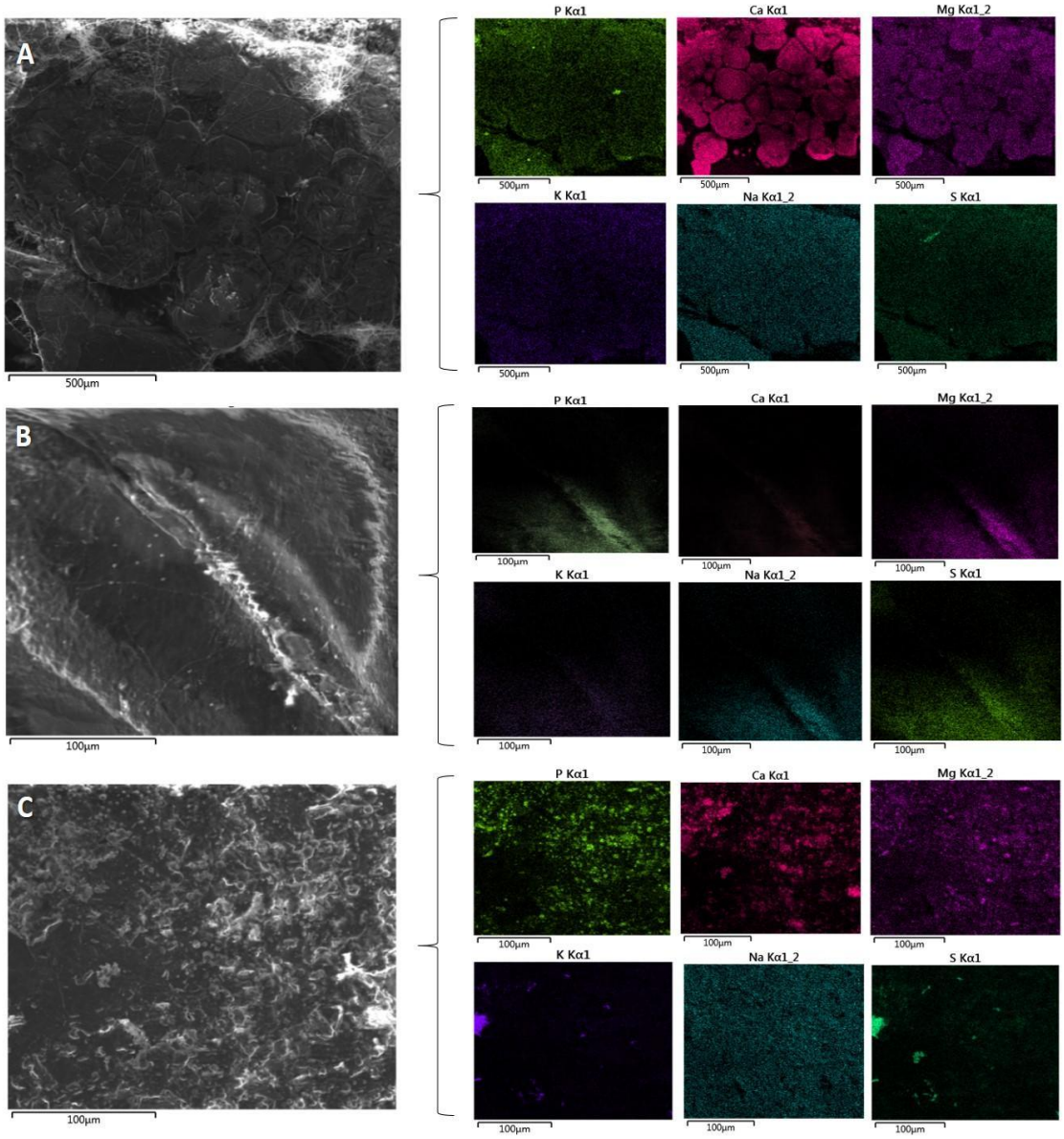
Fração	Na	Fe	Zn	Cu	Mn
Abdômen	5,88 a	262,15 b	85,71 b	37,88 a	11,15 a
Cefalotórax + abdômen	6,58 a	270,09 a	90,33 a	39,01 a	12,04 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Entre os elementos expressos em mg kg^{-1}, a mistura apresentou as maiores médias de Fe (270,09 mg kg^{-1}) e Zn (90,33 mg kg^{-1}). Para Na, Cu e Mn, a mistura não diferiu do abdômen e ambas superaram o cefalotórax. Esse padrão confirma que a composição depende da fração anatômica e que o uso combinado pode ampliar a diversidade mineral do material. A elevada participação de Ca é coerente com a natureza mineralizada do exoesqueleto de crustáceos, embora diferenças no processamento e na origem do resíduo possam produzir valores distintos entre estudos (PINTO; BETTIOL; MORANDI, 2010; MATHEW *et al*., 2020; NGASOTTER *et al*., 2023).

As eletromicrografias revelaram superfícies heterogêneas nas três frações, e o mapeamento por EDS confirmou a ocorrência superficial de P, Ca, Mg, K, Na e S (Figura 2). A distribuição dos sinais foi mais nítida para alguns elementos na mistura completa. O resultado fortalece a caracterização química, mas deve ser interpretado como evidência qualitativa: a eficiência agronômica depende da mineralização e da interação do resíduo com o substrato. Estudos com cascas de crustáceos demonstram que o processamento pode modificar tanto a liberação de nutrientes quanto o teor de sais, com repercussões distintas sobre plantas e microbiota (VANDECASTEELE *et al*., 2021).

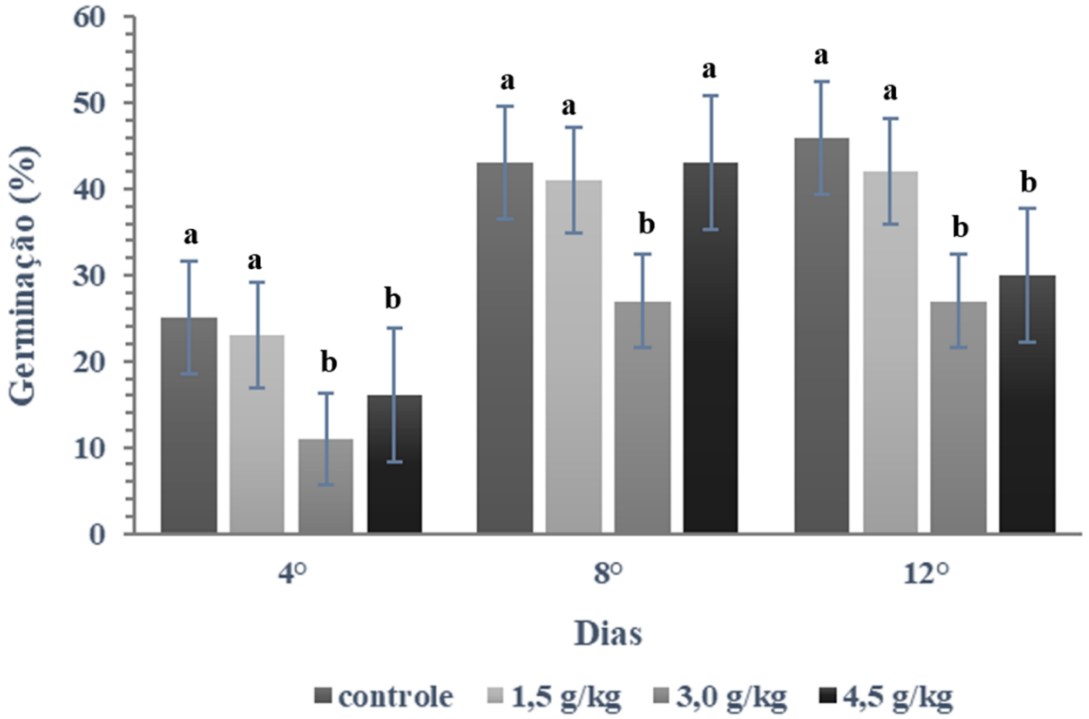
Figura 2. Eletromicrografias de varredura e mapeamento por EDS na superfície do resíduo de camarão: (A) cefalotórax; (B) abdômen; e (C) cefalotórax + abdômen. Barra = 100 e 500µm.



- **Germinação das sementes**

A germinação aumentou entre as épocas de avaliação, como esperado para a progressão da emergência. No primeiro registro, o controle e a dose de 1,5 g kg^{-1} integraram o grupo de maior média, enquanto 3,0 e 4,5 g kg^{-1} apresentaram valores inferiores. Na avaliação intermediária, o tratamento de 3,0 g kg^{-1} permaneceu abaixo dos demais. Na última época, a figura original indica que 3,0 e 4,5 g kg^{-1} compuseram o grupo estatisticamente inferior, ao passo que o controle e 1,5 g kg^{-1} mantiveram as maiores médias (Figura 3).

Figura 3. Germinação de sementes de melancia em três épocas de avaliação sob doses de resíduo de camarão. Em cada época, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



A resposta sugere que o resíduo não atuou como promotor direto da germinação nas condições testadas. A germinação depende da disponibilidade de água e oxigênio, da temperatura e do potencial osmótico ao redor da semente. Materiais orgânicos podem modificar a porosidade e a retenção de água; adicionalmente, sais solúveis, inclusive, Na, detectado no resíduo, podem reduzir o potencial hídrico do substrato. Como não foram medidos pH, condutividade elétrica, densidade, porosidade ou retenção de água, essas interpretações devem ser tratadas como hipóteses, e não como mecanismos demonstrados (MARCOS-FILHO, 2015; SOUSA *et al*., 2023).

Resultados recentes com mudas de hortaliças mostram que a resposta a fertilizantes e compostos orgânicos é dependente da dose e da formulação. Misturas equilibradas podem favorecer o crescimento, enquanto proporções elevadas ou materiais insuficientemente estabilizados podem reduzir a emergência ou a qualidade das mudas (RIVERA *et al*., 2022; ZHANG; MASABNI; NIU, 2024; HAMILTON *et al*., 2025). Assim, a etapa de germinação deve ser considerada separadamente do crescimento das plântulas já estabelecidas.

- **Crescimento e acúmulo de biomassa**

Aos 20 dias, as doses de 3,0 e 4,5 g kg^{-1} promoveram maior altura da parte aérea e maior número de folhas (Tabela 2). O tratamento com 3,0 g kg^{-1} atingiu 10,61 cm, aumento de aproximadamente 34% em relação ao controle (7,92 cm). Na dose de 4,5 g kg^{-1}, a altura foi de 9,86 cm, cerca de 25% superior à testemunha. Para número de folhas, ambos os tratamentos alcançaram 2,95 folhas por planta, aproximadamente 50% acima do controle.

Tabela 2. Altura da parte aérea, número de folhas e massas fresca e seca de plântulas de melancia aos 20 dias, em função das doses de resíduo de camarão.

Dose (g kg^{-1})	Altura da parte aérea (cm)	Número de folhas (planta^{-1})	Massa fresca (g)	Massa seca (g)
0 (controle)	7,92 b*	1,97 c	0,74691 a	0,07792 b
1,5	8,83 b	2,27 b	0,94889 a	0,09432 a
3,0	10,61 a	2,95 a	1,24604 a	0,10851 a
4,5	9,86 a	2,95 a	1,07818 a	0,09547 a
CV (%)	6,88	6,86	6,94	13,01

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CV: coeficiente de variação.

Não houve diferença significativa para massa fresca, apesar da maior média numérica no tratamento de 3,0 g kg^{-1}. A massa seca, por sua vez, foi superior ao controle em todas as doses contendo resíduo. Em comparação com a testemunha, os incrementos numéricos foram de aproximadamente 21% para 1,5 g kg^{-1}, 39% para 3,0 g kg^{-1} e 23% para 4,5 g kg^{-1}. A ausência de diferença na massa fresca, acompanhada de aumento na massa seca, indica maior acúmulo de matéria estrutural sem evidência estatística de simples aumento do conteúdo de água.

O efeito positivo sobre o crescimento pós-emergência é compatível com a presença de nutrientes no resíduo. Ca e Mg participam da estrutura e do metabolismo celular; P e K são essenciais à transferência de energia, ao equilíbrio osmótico e à expansão dos tecidos; e micronutrientes como Fe, Zn, Cu e Mn atuam em sistemas enzimáticos (RENGEL *et al*., 2022). Ainda assim, o experimento não incluiu análise

foliar ou de disponibilidade no substrato, de modo que a relação causal entre cada elemento e as respostas morfológicas não pode ser individualizada.

A dose de 3,0 g kg^{-1} apresentou as maiores médias numéricas de altura, massa fresca e massa seca e compartilhou com 4,5 g kg^{-1} o maior número de folhas. Entretanto, o desempenho de germinação dessa dose foi inferior. Esse contraste evidencia que a escolha de um componente de substrato não deve se apoiar apenas no vigor das plântulas sobreviventes; é necessário considerar, conjuntamente, a porcentagem e a velocidade de emergência, a uniformidade do lote e a qualidade final das mudas. Em estudos com materiais orgânicos, a melhor formulação costuma resultar de um equilíbrio entre fornecimento nutricional e condições físicas e salinas adequadas (LEAL *et al*., 2007; RIVERA *et al*., 2022; HAMILTON *et al*., 2025).

Do ponto de vista ambiental, o reaproveitamento do resíduo pode reduzir o descarte de biomassa e substituir parcialmente insumos convencionais. Contudo, a recomendação agronômica requer padronização do material, controle microbiológico e caracterização de umidade, pH, condutividade elétrica, relação C/N, estabilidade e concentração de sódio. Também é necessário avaliar se a lavagem e a secagem à sombra são suficientes para garantir segurança sanitária e constância entre lotes (MATHEW *et al*., 2020; NGASOTTER *et al*., 2023).

Os dados demonstram potencial do resíduo como componente de substrato, mas não sustentam, isoladamente, a definição de uma dose ótima, devido à resposta divergente entre germinação e crescimento pós-emergência. Antes da recomendação prática, são necessários novos ensaios com caracterização do substrato, salinidade, estabilidade sanitária, velocidade de emergência, qualidade radicular e desempenho após o transplantio.

Conclusões

A mistura de cefalotórax e abdômen apresentou composição mineral mais abrangente que as frações isoladas, com maiores médias de Ca, Fe e Zn e presença superficial de P, Ca, Mg, K, Na e S confirmada por EDS.

Nas condições do experimento, a incorporação do resíduo não aumentou a germinação. O gráfico indica redução nas doses de 3,0 e 4,5 g kg^{-1} na última avaliação, enquanto a dose de 1,5 g kg^{-1} manteve resposta semelhante ao controle.

Para as plântulas estabelecidas, 3,0 e 4,5 g kg^{-1} aumentaram a altura e o número de folhas, e todas as doses com resíduo elevaram a massa seca.

Agradecimentos

À empresa Maris Pescados e ao gerente de produção Josemar Martins, pelo fornecimento dos resíduos de camarão; à Central Analítica da Universidade Federal do Ceará, pela realização das análises de microscopia eletrônica de varredura e EDS; e à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, pelo transporte, pela infraestrutura laboratorial e pelo apoio à execução da pesquisa.

Referências

DECKER, A. T.; RODRIGUES, E. A.; ALMEIDA, J. C.; QUADRO, M. S.; LEANDRO, D.; ANDREAZZA, R.; BARCELOS, A. A. Avaliação dos possíveis impactos ambientais dos resíduos de pescado na localidade de Pelotas/RS. Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2016. DOI: **10.15210/rbes.v2i1.6186**.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Qualidade de frutos de melancia em função de fontes e doses de potássio. Horticultura Brasileira, v. 22, n. 3, p. 647-650, 2004. DOI: 10.1590/S0102-05362004000300030.

HAMILTON, A. N.; BERTUCCI, M. B.; GIBSON, K. E.; SAVIN, M. C.; KIRKPATRICK, D. E.; WOODY-PUMFORD, R. C. Assessing food waste compost as a substrate amendment for tomato and watermelon seedlings. HortTechnology, v. 35, n. 2, p. 125-134, 2025. DOI: 10.21273/HORTTECH05559-24.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção da Pecuária Municipal 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2025a. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2025b. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. Horticultura Brasileira, v. 25, n. 3, p. 392-395, 2007. DOI: 10.1590/S0102-05362007000300014.

MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MATHEW, G. M.; MATHEW, D. C.; SUKUMARAN, R. K.; SINDHU, R.; HUANG, C.-C.; BINOD, P.; SIROHI, R.; KIM, S.-H.; PANDEY, A. Sustainable and eco-friendly strategies for shrimp shell valorization. Environmental Pollution, v. 267, art. 115656, 2020. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115656.

NGASOTTER, S.; XAVIER, K. A. M.; MEITEI, M. M.; WAIKHOM, D.; MADHULIKA; PATHAK, J.; SINGH, S. K. Crustacean shell waste derived chitin and chitin nanomaterials for application in agriculture, food, and health: a review. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, v. 6, art. 100349, 2023. DOI: 10.1016/j.carpta.2023.100349.

PINTO, Z. V.; BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. Efeito de casca de camarão, hidrolisado de peixe e quitosana no controle da murcha de Fusarium oxysporum f. sp. chrysanthemi em crisântemo. Tropical Plant Pathology, v. 35, n. 1, p. 16-23, 2010. DOI: 10.1590/S1982-56762010000100003.

RENGEL, Z.; CAKMAK, I.; WHITE, P. J. (ed.). Marschner's Mineral Nutrition of Plants. 4. ed. Academic Press, 2022. DOI: 10.1016/C2019-0-00491-8

RIVERA, B.; QUEJ, V. H.; GUTIÉRREZ, R.; ANDRADE, J. L.; CARRILLO, E.; GONZÁLEZ, V.; VILLARREAL, E. C. Use of organic substrates on the quality of watermelon seedlings. Horticultura Brasileira, v. 40, n. 3, p. 261–267, 2022. DOI: 10.1590/S0102-0536-20220303.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. African Journal of Agricultural Research, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

SOUSA, G. G.; SOUSA, H. C.; LESSA, C. I. N.; GOES, G. F.; FREIRE, M. H. C.; SOUZA, M. V. P.; GOMES, S. P.; SCHNEIDER, F. Production of watermelon seedlings in different substrates under salt stress. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 27, n. 5, p. 343-351, 2023. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p343-351.

VANDECASTEELE, B.; AMERY, F.; OMMESLAG, S.; VANHOUTTE, K.; VISSER, R.; ROBBENS, J.; DE TENDER, C.; DEBODE, J. Chemically versus thermally processed brown shrimp shells or Chinese mitten crab as a source of chitin, nutrients or salts and as microbial stimulant in soilless strawberry cultivation. Science of the Total Environment, v. 771, art. 145263, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145263.

ZHANG, Q.; MASABNI, J.; NIU, G. Organic fertilizer type and dose affect growth, morphological and physiological parameters, and mineral nutrition of watermelon seedlings. PeerJ, v. 12, e16902, 2024. DOI: 10.7717/peerj.16902.

CAPÍTULO 14

PRODUÇÃO DE SALSA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE PLANTAS POR CÉLULA E DO NÚMERO DE CÉLULAS NA BANDEJA

PARSLEY PRODUCTION AS A FUNCTION OF THE NUMBER OF PLANTS PER CELL AND THE NUMBER OF CELLS IN THE TRAY

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501378923.14

Submetido em: 01/10/2026
Revisado em: 11/10/2026
Publicado em: 19/02/2026

Victor Antônio Lopes Pereira
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/4827362453646592

Thatiane Nepomuceno Alves
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.
https://orcid.org/0000-0002-9077-9104

Joseantonio Ribeiro de Carvalho
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.
https://orcid.org/0000-0002-3879-4585

Mirella Regina Campos de Oliveira
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.
http://lattes.cnpq.br/2019010465697426

Antonio Ismael Inácio Cardoso
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento Produção Vegetal/ Horticultura, Botucatu, SP, Brasil.

https://orcid.org/0000-0003-3251-9491

Resumo

Salsa (Petroselinum crispum) é uma cultura significativa na culinária e social, produzida principalmente por agricultores familiares de pequena escala. Otimizar a produção por unidade de área é essencial para esse setor, sendo a densidade de plantio uma ferramenta técnica de manejo chave. O objetivo foi avaliar o efeito do número de plântulas por célula em bandejas com diferentes números de células na produção de salsa. Foram estudados oito tratamentos em delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, em esquema fatorial 2 x 4: dois tipos de bandeja (162 e 200 células, com volumes de 31 e 17 cm³ por célula, respectivamente) e quatro densidades (1, 3, 5 e 7 plântulas por célula). Foram avaliados altura da planta, número de folhas e massa fresca e massa seca da parte aérea. Foram realizadas duas colheitas aos 51 e 79 dias após o transplante (DAT). A produção por planta e por unidade de área (m²) foi maior quando se utilizou bandeja com 162 células. Observou-se redução no número de folhas e na massa fresca e na massa seca por planta à medida que aumentou o número de plântulas por célula. Entretanto, os maiores rendimentos totais (soma das duas colheitas) foram observados com cinco plântulas por célula. Para sistemas de colheita única sem manejo de rebrote, recomendam-se sete plântulas por célula para maximizar a produtividade.

Palavras-Chave: Petroselinum crispum, densidade de plantio, plântulas

Abstract

Parsley (Petroselinum crispum) is an important crop in culinary and social contexts and is produced mainly by small-scale family farmers. Optimizing production per unit area is essential for this sector, with planting density serving as a key technical management tool. This study aimed to evaluate the effect of the number of seedlings per cell in trays with different numbers of cells on parsley production. Eight treatments were evaluated in a randomized complete block design with five replications, arranged in a 2 × 4 factorial scheme: two tray types (162 and 200 cells, with volumes of 31 and 17 cm³ per cell, respectively) and four densities (1, 3, 5, and 7 seedlings per cell). Plant height, number of leaves, and fresh and dry shoot mass were evaluated. Two harvests were carried out at 51 and 79 days after transplanting (DAT). Production per plant and per unit area (m²) was higher when the 162-cell tray was used. A reduction in the number of leaves and in fresh and dry mass per plant was observed as the number of seedlings per cell increased. However, the highest total yields the sum of the two harvests were obtained with five seedlings per cell. For single-harvest systems without regrowth management, seven seedlings per cell are recommended to maximize productivity.

Keywords: Petroselinum crispum, planting density, seedlings.

Introdução

A salsa (*Petroselinum crispum*) é uma hortaliça de folhas da família Apiaceae. É uma planta de origem mediterrânea, de grande importância na gastronomia. Também possui grande importância social, pois é produzida principalmente por pequenos agricultores familiares (Trani *et al.,* 2022; Luís *et al*., 2023).

A produtividade média é de 14 a 16 t ha-^{1}, e otimizar o uso de pequenas áreas na agricultura familiar é essencial para aumentar a produção por unidade de área (Trani *et al*., 2022). O manejo da densidade de plantio é uma das técnicas que permite alcançar essa otimização da área. Como a salsa costuma ser comercializada em maços, é possível semear mais de uma semente por célula ao produzir plântulas em bandejas, o que aumenta

a produção por unidade de área. Contudo, o aumento da produtividade com o aumento do número de plântulas por célula tem um limite, pois há maior competição entre plantas nos orifícios de plantio e o desenvolvimento de cada planta individual é prejudicado, além de poder haver aumento na incidência de doenças (Martins *et al*., 2020). Outra vantagem é que o aumento da densidade de plantio pode elevar a competitividade da cultura frente a espécies espontâneas (Carvalho *et al*., 2008).

Para a produção de plântulas de salsa, utilizam-se bandejas que podem variar conforme o material (poliestireno expandido, polipropileno, etc.) e, principalmente, pelo número de células e, consequentemente, pelo volume de substrato por célula. As vantagens do uso dessas bandejas são: facilitar as práticas culturais iniciais (desbaste, capina, irrigação e pulverização), reduzindo a possibilidade de insucesso, aumento da homogeneidade das plantas, facilidade de transporte, e menor dano às raízes durante o transplante. Plântulas de alta qualidade produzem plantas com elevado potencial produtivo, enquanto plântulas com sistema radicular ou partes aéreas danificadas produzem plantas com potencial produtivo limitado. Plântulas produzidas em recipientes maiores para o desenvolvimento do sistema radicular costumam ser de melhor qualidade, o que é obtido com menor número de células por bandeja (Godoy & Cardoso, 2005). Contudo, quanto menor o número de células, maior o custo da plântula.

Para obter plântulas de salsa, geralmente são utilizadas bandejas com grande número de células (pelo menos 200 células) para reduzir o custo por plântula e várias sementes são colocadas por célula sem desbaste, o que significa que na mesma bandeja temos plântulas com certo grau de heterogeneidade que podem desenvolver-se diferentemente no campo após o plantio, levando a heterogeneidade na colheita. Não foram encontrados estudos que examinaram esses fatores (número de células na bandeja e número de plântulas por célula) na produção de salsa. Em cebolinha, Martins *et al*., (2020), observaram maior produtividade quando havia 4 plantas por célula comparado com 2 plantas por célula, utilizando bandejas com 200 células, mas não estudaram um número maior de plantas (apenas até 4 plantas por célula) ou tipos de bandeja. Diante do exposto, o objetivo foi avaliar o efeito do número de plântulas por célula em bandejas com diferentes números de células na produção de salsa.

Metodologia

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de São Manuel (22° 46' latitude sul, 48° 34' longitude oeste, e altitude de 740 m), localizada no município de São

Manuel, São Paulo, pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Botucatu. O clima da região é mesotérmico tipo Cwa, subtropical úmido, com verões chuvosos e invernos secos.

As principais características químicas do solo foram determinadas por meio da coleta de uma amostra (0-20 cm de profundidade) na área antes do estabelecimento do experimento. Os resultados encontrados mostraram os seguintes valores: pH($CaCl_2$)= 6,3, matéria orgânica= 19 g dm^{-3}, P(resin)= 127mg dm^{-3}, H+Al= 13 mmolc dm^{-3}, K= 2,1 mmolc dm^{-3}, Ca= 78 mmolc dm^{-3}, Mg= 18 mmolc dm^{-3}, soma de bases= 98 mmolc dm^{-3}, CEC= 111 mmolc dm^{-3}, e saturação por bases (V)= 88%.

A adubação de plantio foi realizada conforme indicado no Boletim 100 de Trani *et al.* (2022), com a adição de 3 g m^{-2} de nitrogênio (N), 4 g m^{-2} de fósforo (P_2O_5) e 6 g m^{-2} de potássio (K_2O), utilizando uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Foram estudados oito tratamentos em delineamento experimental em blocos ao acaso com cinco repetições. Os tratamentos resultaram de um esquema fatorial 2 x 4, sendo o primeiro fator as bandejas (com 162 e 200 células) e o segundo o número de plântulas por célula (1, 3, 5 e 7 plântulas por célula). As bandejas utilizadas foram de plástico rígido (polietileno), com volumes de substrato em cada célula de 31 cm^3 e 17 cm^3 para as bandejas com 162 e 200 células, respectivamente. Para obter o número exato de plantas por célula, conforme o tratamento, foram colocadas pelo menos duas sementes extras por célula e depois desbastadas para obter o número desejado de plantas por célula para cada tratamento. Foi utilizada a cultivar de salsa Graúda Portuguesa (Sakata Seed).

A semeadura ocorreu em 7 de junho de 2024, e o desbaste das plântulas foi realizado 25 dias após a semeadura. As plântulas foram transplantadas em 17 de julho de 2024, para canteiros (1,0 m de largura, 20 m de comprimento e 0,2 m de altura). As parcelas tinham 1 m^2, com 40 plântulas transplantadas por parcela, espaçadas 0,25 m entre linhas e 0,10 m entre buracos.

A irrigação foi realizada por meio de um sistema de microaspersão, e o controle de plantas daninhas foi realizado manualmente. A adubação de cobertura foi realizada conforme recomendado no Boletim 100 (Trani *et al*., 2022): 9 g m^{-2} de N, 3 g m^{-2} de P_2O_5 e 4 g m^{-2} de K_2O, divididos em duas aplicações durante a fase de crescimento, 7 e 14 dias após o transplante (DAT) das plântulas, e uma após a primeira colheita.

A primeira colheita foi realizada em 6 de setembro de 2024, aos 51 DAT, e a segunda colheita em 4 de outubro de 2024, aos 79 DAT. Para ambas as colheitas, a altura

das plantas foi inicialmente medida ainda no campo antes da colheita, com 5 plantas medidas para obter a altura média por parcela. Em seguida, as plantas de 10 covas por parcela, das duas linhas centrais, foram colhidas, cortando-se as folhas próximas ao solo. Essas plantas foram levadas ao laboratório para realizar as seguintes avaliações:

a) massa fresca: o peso de cada parcela foi obtido medindo-se em balança digital com precisão de 0.1 g, obtendo-se a média por planta e estimando-se a produção por m²;

b) número de folhas: as folhas das plantas colhidas foram contadas e a média por planta foi calculada e estimada por m²;

c) massa seca: em uma amostra de 10% das plantas colhidas, as folhas foram colocadas em sacos de papel com sua devida identificação e acondicionadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 3 dias e então pesadas em balança digital com precisão de 0.1 g, obtendo-se a média por planta e estimando-se a produção por m^2. Desta forma, obtiveram-se as produtividades de cada colheita e a produtividade total pela soma das produtividades da primeira e da segunda colheitas.

Foi realizada análise de variância, (teste F). As médias das bandejas foram comparadas pelo teste t de Student ($p < 0,05$), enquanto, para o número de plântulas por célula, foi realizada análise de regressão polinomial. A análise estatística foi realizada com o software Sisvar 5.3 (Ferreira*,* 2014).

Resultados e Discussão

- **Primeira colheita**

Não houve diferença na altura das plantas entre as bandejas (Tabela 1), com média de 34,8 cm. Em relação ao número de plantas por célula, não foram observadas diferenças quando as plântulas foram produzidas em bandejas com 162 células, no entanto, em bandejas com 200 células, observou-se um aumento linear na altura das plantas (Figura 1A), de 31,5 cm para 36,2 cm com 1 e 7 plantas por célula, respectivamente, representando um aumento de 15%. Essa resposta pode ser atribuída à maior competição por luz sob maior densidade de plantio e ao reduzido volume disponível por plântula, o que intensifica o sombreamento e promove o alongamento das plantas. Resultados semelhantes foram relatados por Martins *et al*.(2020), que observaram maior altura de planta em cebolinha cultivada com 2 ou 3 plantas por buraco de plantio em comparação com uma única planta, e por Takahashi *et al*. (2014), que relataram aumento de altura em cultivares de mini alface sob maiores densidades de plantio, ambos atribuídos à

competição por luz. Os valores observados neste estudo (31,5 a 36,2 cm) são comparáveis aos relatados por Luís *et al., (*2023) com (28,6 a 33,4 cm) e por Machado *et al.* (2024) com (36 cm) para o cultivar Lisa, e superiores aos relatados por Heredia *et al.* (2003) com (28,4 cm) e por Machado *et al.* (2024) para o cultivar Graúda Portuguesa (16,4 a 19,5 cm), confirmando o bom desenvolvimento das plantas sob as condições experimentais.

O número de folhas por planta não diferiu entre bandejas, com média de 5,9 folhas (Tabela 1). No entanto, observou-se redução linear no número de folhas por planta à medida que o número de plântulas por célula aumentou (Figura 1B), reduziu de 8,1 para 3,7 folhas por planta entre 1 e 7 plantas por célula, correspondendo a uma redução de 54%. Esse efeito também se refletiu na produção de biomassa por planta, com reduções lineares tanto na massa fresca quanto na massa seca à medida que o número de plântulas por célula aumentou (Figuras 1C e 1D).

A bandeja com 162 células resultou em maior massa fresca e massa seca apenas quando uma planta por célula foi utilizada (Tabela 2). A partir de três plantas por célula, não foram observadas diferenças entre as bandejas, indicando que, em densidades de plantio mais elevadas, a competição intraespecífica após o transplante neutralizou o efeito do maior volume de substrato disponível durante o estágio de plântula. Ao comparar 1 e 7 plântulas por célula, as reduções na massa fresca e na massa seca foram mais pronunciadas na bandeja de 162 células (82% e 93%, respectivamente) do que na bandeja de 200 células (79% e 82%, respectivamente).

Tabela 1: Altura de planta, número de folhas por planta (NFP), número de folhas m^{-2} (NF), massa fresca (MF) e massa seca (MS) em bandejas com 200 e 162 células: primeira colheita.

Bandeja Células	Altura (cm)	NFP planta^{-1}	NF m^{-2}	MF g m^{-2}	MS g m^{-2}
200	33,8 a	60 a	810 a	2107 b	270 a
162	35,8 a	58 a	796 a	2380 a	301 a

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem de acordo com teste t de Student ($p < 0,05$).

Figura 1. Altura da planta (A), número de folhas planta^{-1} (B), massa fresca planta^{-1} (C), massa seca planta^{-1}(D), número de folhas (E), massa fresca m^{-2} (F) e massa seca m^{-2} (G), como função do número de plântulas por célula para cada tipo de bandeja: primeira colheita.

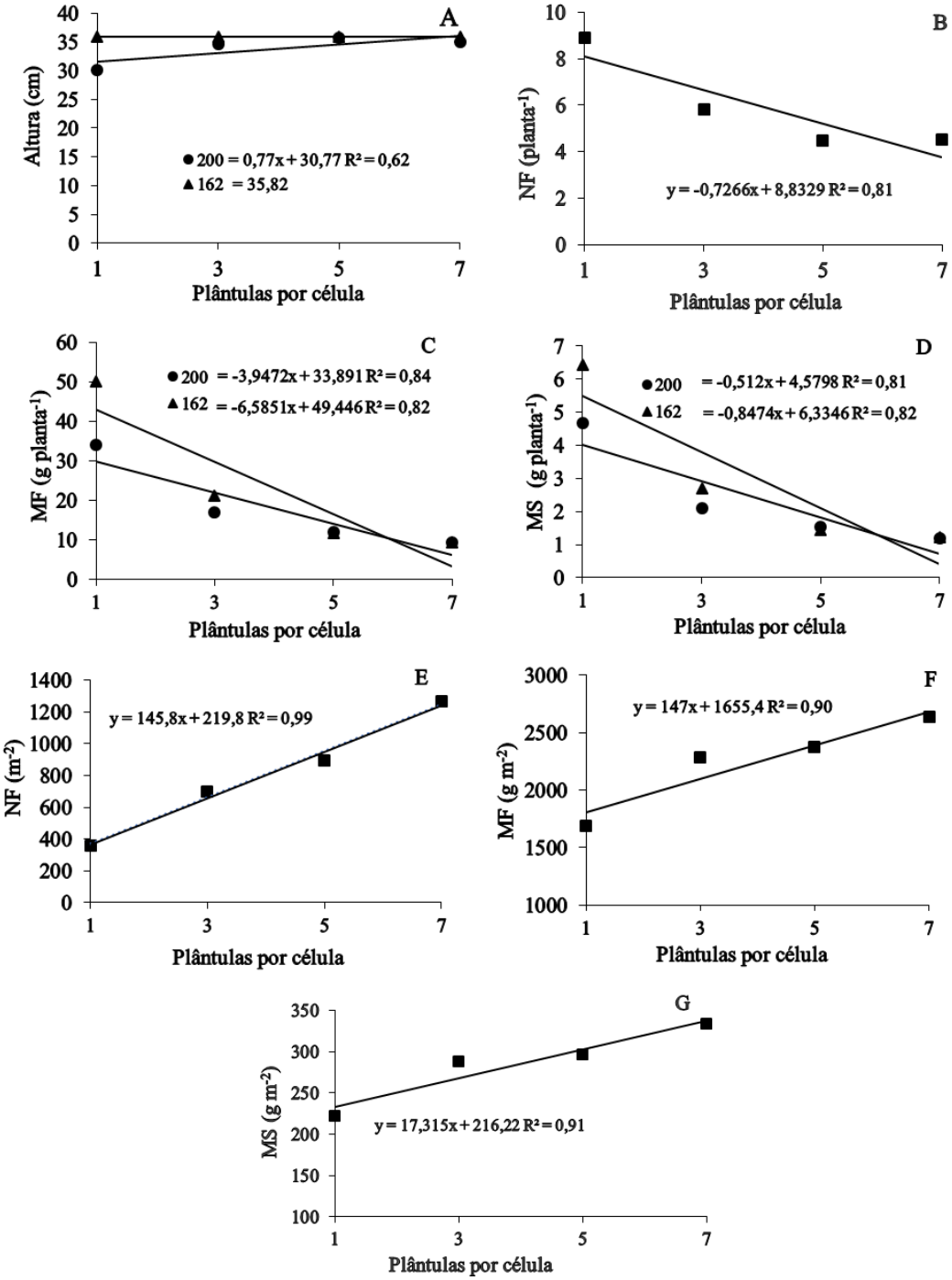


Tabela 2. Massa fresca e massa seca por planta em função do tipo de bandeja para cada número de plântulas por célula nas bandejas: primeira colheita.

	Número de plantas por célula			
	1	**3**	**5**	**7**
Bandeja	**Massa fresca (g planta^{-1})**			
200	34,1 b	16,9 a	12,0 a	9,4 a
162	50,2 a	21,1 a	11,7 a	9,4 a
	Massa seca (g planta^{-1})			
200	4,7 b	2,1 a	1,5 a	1,2 a
162	6,4 a	2,7 a	1,4 a	1,2 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas para cada característica não diferem segundo o teste t de Student ($p < 0,05$)

Apesar da redução na produção por planta, houve um aumento acentuado na produtividade por unidade de área com o aumento do número de plantas (Figuras 1E e 1F). O número de folhas m^{-2} aumentou 237%, passando de 366 para 1,240 folhas m^{-2} entre 1 e 7 plantas por célula. A massa fresca aumentou 49% (de 1,802 para 2,684 g m^{-2}), enquanto a massa seca aumentou 44% (de 234 para 337 g m^{-2}). Os valores mais altos obtidos (2,684 e 337 g m^{-2}) superaram os relatados por Luís *et al.* (2023), e por outros autores ressaltando a eficiência do sistema avaliado (Heredia *et al.,* 2003; Nascimento *et al.,* 2017; Machado *et al.,* 2024).

- **Segunda colheita**

Na segunda colheita, não foram observadas diferenças na altura das plantas entre os tratamentos, com média de 37,1 cm (Tabela 3), valor superior ao registrado na primeira colheita (34,8 cm) e maior que os valores relatados por Luís *et al*.(2023). Esse aumento está associado às condições favoráveis após a primeira colheita e ao completo desenvolvimento do sistema radicular, que promoveu um crescimento rápido. O intervalo entre o plantio e a primeira colheita foi de 51 dias, enquanto apenas 28 dias transcorreram entre a primeira e a segunda colheita.

Tabela 3. Altura das plantas (AP), número de folhas por planta (NFP), número de folhas m^{-2} (NF), massa fresca (MFP) e massa seca (MSP) por planta, massa fresca (MF) e massa seca (MS) em bandejas com 200 e 162 células: segunda colheita.

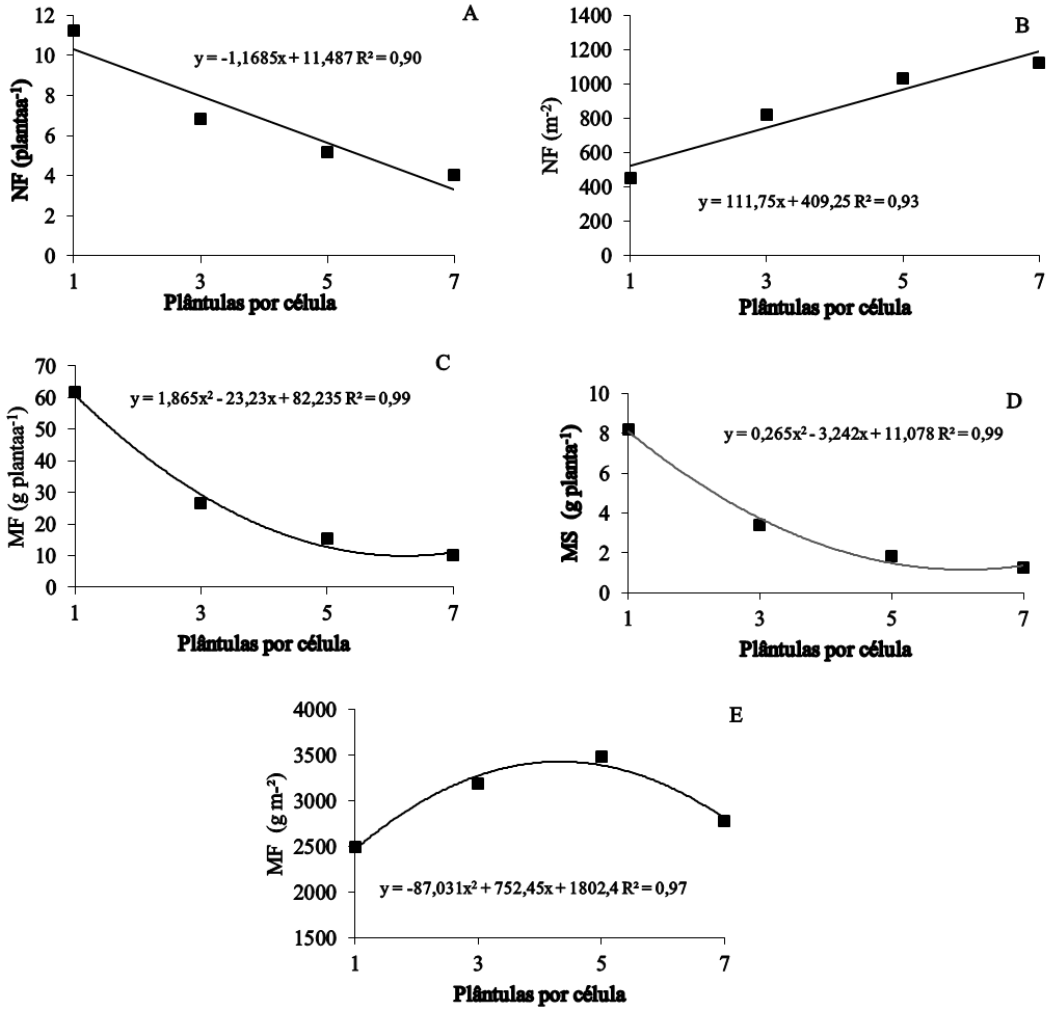
Bandeja	AP (cm)	NF planta^{-1}	NF m^{-2}	MF planta^{-1}	MF g m^{-2}	MS planta^{-1}	MS g m^{-2}
200	36,9 a	6,97 a	857,5 a	27,89 a	2806 a	3,61 a	356,4 a
162	37,2 a	6,65 a	855,0 a	29,08 a	2984 a	3,74 a	371,4 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas para cada característica não diferem segundo o teste t de Student ($p < 0,05$).

Para o fator bandeja, não foram observadas diferenças para nenhuma das características avaliadas na segunda colheita (Tabela 3), indicando que o efeito inicial do volume de substrato por célula foi superado após o pleno estabelecimento do sistema radicular em campo. O número de plântulas por célula não afetou a massa seca por planta por m², mas influenciou as demais variáveis. Observou-se redução linear no número de folhas por planta (Figura 2A) e aumento no número de folhas por m² (Figura 2B) com o incremento da densidade de plantio.

Para massa fresca e massa seca por planta, os dados ajustaram-se a um modelo quadrático (Figuras 2C e 2D), com a maior redução ocorrendo entre 1 e 3 plântulas por célula e estabilização entre 5 e 7 plântulas por célula. Para massa fresca por unidade de área, a produtividade aumentou até 5 plântulas por célula e diminuiu com 7 plântulas (Figura 2E), indicando que, além desse ponto, as perdas na produção por planta superaram os ganhos associados ao maior número de indivíduos. Essa correlação entre massa por planta e densidade também foi observada em outras hortaliças (Correa *et al.,* 2014; Tavares *et al.,* 2016; Candian *et al.,* 2017).

Figura 2. Número de folhas (planta$^{-1)}$ (A), número de folhas (m^{-2}) (B), massa fresca (planta^{-1}) (C), massa seca (planta^{-1}) (D), massa fresca (m^{-2}) (E), em função do número de plântulas por célula: segunda colheita.



- **Produção total**

Na produção total, bandejas com 162 células resultaram em maior massa fresca por planta, massa fresca por m² e massa seca por m² em comparação com bandejas com 200 células, sem diferença no número de folhas (Tabela 4). Esse efeito reflete o maior desenvolvimento inicial das plântulas produzidas em bandejas com maior volume de substrato por célula, conforme observado na primeira colheita, uma vez que não foram detectadas diferenças entre as bandejas na segunda colheita.

Tabela 4. Número de folhas (NFP planta^{-1}), número de folhas (NF m-^{2}), massa fresca (MFP planta^{-1}) e massa seca (MSP planta^{-1}), massa fresca (FM m-^{2}) e massa seca (MS m-^{2}) em bandejas com 200 e 162 células: total para ambas as colheitas.

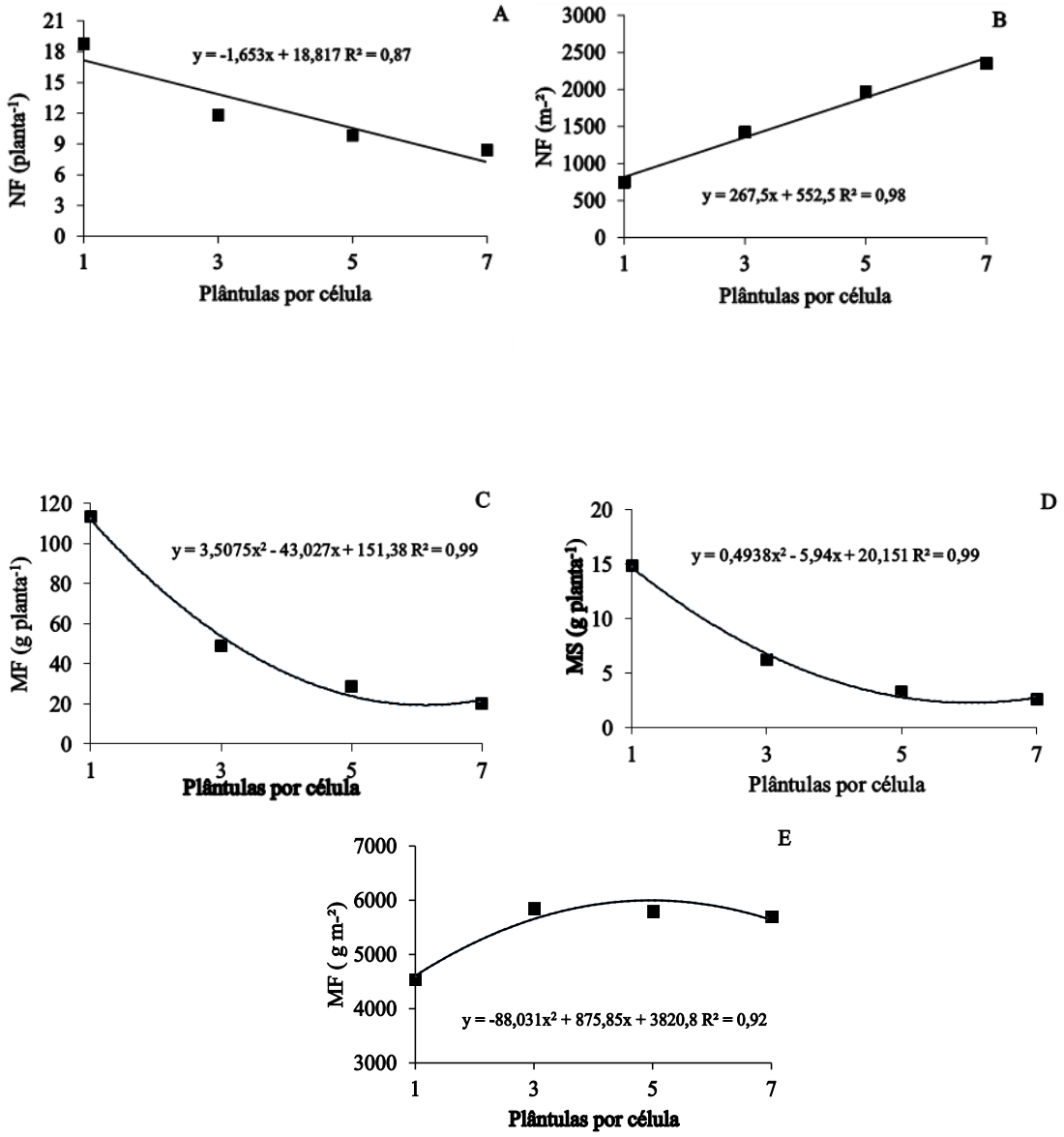
Bandeja	NF Planta^{-1}	NF m^{-2}	MFP g planta^{-1}	MSP g planta^{-1}	MF g m^{-2}	MS g m^{-2}
200	12,81 a	1657 a	45,63 b	5,90 a	4919 b	621,0 b
162	12,21 a	1622 a	52,93 a	6,76 a	5476 a	682,9 a

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey (5%).

Esse efeito, maior produtividade por planta com o uso de bandejas com maior volume de substrato por célula, também foi relatado em outros hortícolas (Godoy *et al.,* 2005; Modolo *et al.,* 2000; Seabra *et al.,* 2004). Entretanto, plântulas obtidas de recipientes maiores nem sempre resultam em maior produtividade (Kano *et al.,* 2008; Piovesan *et al.,* 2009). O aumento do número de plântulas por célula reduziu o número de folhas e a biomassa por planta (Figuras 3A, 3C e 3D), mas aumentou a produção por unidade de área (Figuras 3B e 3E). A produção total ajustou-se a um modelo quadrático, com produtividade máxima obtida com cinco plântulas por célula. A produtividade estimada foi de 4,608 g m^{-2} com uma plântula por célula e 5,999 g m^{-2} com cinco plântulas por célula, representando um aumento de 30%. A segunda colheita respondeu por 58% da produção total, explicando a similaridade no comportamento estatístico entre a produção total e a segunda colheita.

Considerando a massa fresca por m² como indicador de produtividade, o uso de bandejas com 162 células resultou em um aumento de 11% em comparação com bandejas com 200 células. No entanto, essas bandejas requerem maior volume de substrato (31 cm³ por célula para a bandeja de 162 células e 17 cm³ por célula para a bandeja de 200 células) e produzem menos plântulas por área de viveiro, aumentando assim os custos de produção. Assim, a adoção desse sistema depende da relação entre o ganho de produtividade e o preço de mercado da salsa.

Figura 3. Número de folhas (planta^{-1}) (A), número de folhas (m^{-2}) (B), massa fresca (planta^{-1}) (C), massa seca (planta^{-1}) (D), massa fresca (m^{-2}) (E), em função do número de plântulas por célula: total das duas colheitas.



Por outro lado, dado o baixo custo das sementes (R$ 0.0006 por semente), o uso de aproximadamente cinco sementes por célula é economicamente vantajoso, proporcionando um aumento de 30% na produtividade em comparação com o uso de uma semente por célula. Portanto, o aumento da densidade de plantio por meio de um maior número de sementes por célula constitui uma prática tecnicamente e economicamente recomendada. Nas condições deste estudo, para o cultivar Graúda Portuguesa, o número ótimo foi aproximadamente cinco plântulas por célula. Para sistemas de colheita única, o uso de sete plântulas pode ser mais vantajoso, resultando em um aumento de 10,8% na

produção em comparação com o tratamento com cinco plântulas. Ao considerar apenas a primeira colheita, a bandeja de 162 células também proporcionou maior produção do que a bandeja de 200 células.

Considerações Finais

Observou-se uma redução no número de folhas e na massa fresca e seca por planta à medida que aumentava o número de mudas por célula. No entanto, as maiores produtividades totais (soma das duas colheitas) foram observadas com cinco plantas por célula. Para sistemas de colheita única sem manejo de rebrota, recomenda-se o uso de sete mudas por célula para maximizar a produtividade.

Agradecimentos

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

CANDIAN, J. S.; REDIGOLO, M. V. N.; CARDOSO, A. I. I. Yield of chicory 'Folha larga' and 'Pão de açúcar' according to planting density. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 11, n. 2, p. 322–328, 2017.

CARVALHO, L. B.; GUZZO, C. D. Beet density in weed management. **Planta Daninha,** v. 26, p. 73–82, 2008.

CORREA, C. V.; CARDOSO, A. I. I.; SOUZA, L. G.; ANTUNES, W. L. P.; MAGOLBO, L. A. Yield of beet depending on spacing. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 111–114, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109–112, 2014.

GODOY, M. C.; CARDOSO, A. I. I. Cauliflower productivity as a function of seedling transplanting age and cell sizes in the tray. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 837–840, 2005.

HEREDIA Z., N. A.; VIEIRA, M. C.; WEISMANN, M.; LOURENÇÃO, A. L. F. Bunching onion and parsley yield and gross income in mono-cropping and inter-cropping system. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 574–577, 2003.

KANO, C.; GODOY, A. R.; HIGUTI, A. R. O.; CASTRO, M. M.; CARDOSO, A. I. I. Broccoli production in function of container type and seedling age. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 110–114, 2008.

LUÍS, D. C. M.; CARDOSO, A. I. I.; ALVES, T. N.; PELVINE, R. A.; OLIVEIRA, M. M. V. Parsley production using organic fertilizers before planting and in top dressing. **Comunicata Scientiae**, v. 14, e4022, 2023.

MACHADO, G. G.; LUÍS, D. C. M.; SILVA, I. S. S.; PIMENTA, L. D.; SOUZA, E. P.; CARDOSO, A. I. I. Parsley production using organic sources of phosphorus. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 18, e1213, 2024.

MARTINS, B. N. M.; JORGE, L. G.; CASTRO, J. L. M.; CANDIAN, J. S.; CARDOSO, A. I. I. Chives production according to planting density. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e108997085, 2020.

MODOLO, V. A.; TESSARIOLI NETO, J. Production of okra fruits from seedlings produced in different types of trays. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 39–42, 2000.

NASCIMENTO, M. V.; SILVA JUNIOR, R. L.; FERNANDES, L. R.; XAVIER, R. C.; BENETT, K. S. S.; SELEGUINI, A.; BENETT, C. G. S. Nitrogen fertilization management for lettuce, cabbage and parsley crops. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 65–71, 2017.

PIOVESAN, M. F.; CARDOSO, A. I. I. Squash production and quality in function of seedling age and container type. Br**agantia,** v. 68, n. 3, p. 651–656, 2009.

SEABRA JUNIOR, S.; GADUM, J.; CARDOSO, A. I. I. Effect of tray cell size and seedling age on cucumber production. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 610–613, 2004.

TAKAHASHI, K.; CARDOSO, A. I. I. Plant density in production of mini lettuce cultivars in organic system management. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 342–347, 2014.

TAVARES, A. E.; CLAUDIO, M. T.; NAKADA-FREITAS, P. G.; CARDOSO, A. I. I. Plant density in the production of edible pod pea. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 289–293, 2016.

TRANI, P. E.; HIRATA, A. C. S.; MIKAMI, R. Salsa. In: CANTARELLA, H. *et al*. (eds.). Boletim 100: recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 2022. p. 416–418.

SOBRE OS ORGANIZADORES DO LIVRO DADOS CNPQ:

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos

Possui Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2003) e Mestrado em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2006). Doutor em Biotecnologia pela RENORBIO (Rede Nordeste de Biotecnologia (2013), Área de Concentração Biotecnologia em Saúde atuando principalmente com pesquisa relacionada a genética do câncer de mama. Participou como Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial Nível 3 de relevantes projetos tais como: Projeto Genoma *Anopheles darlingi* (de 02/2008 a 02/2009); e Isolamento de genes de interesse biotecnológico para a agricultura (de 08/2009 a 12/2009). Atualmente é Professor Adjunto III da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, do Centro de Educação e Saúde onde é Líder do Grupo de Pesquisa BASE (Biotecnologia Aplicada à Saúde e Educação) e colaborador em ensino e pesquisa da UFRPE, UFRN e EMBRAPA-CNPA. Tem experiência nas diversas áreas da Genética, Fisiologia Molecular, Microbiologia e Bioquímica com ênfase em Genética Molecular e de Microrganismos, Plantas e Animais, Biologia Molecular e Biotecnologia Industrial. Atua em projetos versando principalmente sobre os seguintes temas: Metagenômica, Carcinogênese, Monitoramento Ambiental e Genética Molecular, Marcadores Moleculares Genéticos, Polimorfismos Genéticos, Bioinformática, Biodegradação, Biotecnologia Industrial e Aplicada, Sequenciamento de DNA, Nutrigenômica, Farmacogenômica, Genética na Enfermagem e Educação.

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Possui Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco apresentando monografia na área de genética com enfoque em transgenia. Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas pela Universidade Federal do Rural de Pernambuco com dissertação na área de melhoramento genético com enfoque em técnicas de imunodetecção. Doutora em Biotecnologia pela RENORBIO (Rede Nordeste de Biotecnologia, Área de Concentração Biotecnologia em Agropecuária) atuando principalmente com tema relacionado a transgenia de plantas. Pós-doutorado em Biotecnologia com concentração na área de Biotecnologia em Agropecuária. Atua com linhas de pesquisa focalizadas nas áreas de defesa de plantas contra estresses bióticos e abióticos, com suporte de ferramentas biotecnológicas e do melhoramento genético. Tem experiência na área de Engenharia Genética, com ênfase em isolamento de genes, expressão em plantas, melhoramento genético de plantas via transgenia, marcadores moleculares e com práticas de transformação de plantas via "ovary drip". Tem experiência na área de genética molecular, com ênfase nos estudos de transcritos, expressão diferencial e expressão gênica Integra uma equipe com pesquisadores de diferentes instituições como Embrapa Algodão, UFRPE, UEPB e UFPB, participando de diversos projetos com enfoque no melhoramento de plantas.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

O Universo das Ciências Agrárias

"Esperamos que tenham aproveitado todos os trabalhos disponíveis na íntegra e gratuitos para seu conhecimento e consulta. Esta obra objetivou ampliar os seus horizontes sobre a temática proposta além dos muros acadêmicos, proporcionando uma visão mais realista, ampla e multidisciplinar desta área de estudo seus impactos e descobertas.

Os livros da Science compreendem do conhecimento mais simples ao mais complexo, do mais acadêmico ao mais aplicado, procurando sempre a socialização global com conhecimento científico respaldado e de qualidade, para que a sociedade possa se beneficiar em todos os sentidos.

Agradecemos o seu interesse em chegar até o final deste livro na busca por conhecimento. Aguardem novos títulos e eventos da Editora Science sempre comprometida com a qualidade e o sucesso da sua publicação."

PARA MAIS INFORMAÇÕES E OBRAS DA EDITORA SCIENCE ACESSE:

www.editorascience.com.br

Siga nossas redes sociais e amplie o alcance dos nossos livros:

Facebook: http://www.facebook.com/editorascience

Instagram: https://www.instagram.com/editorascience

Todos os Direitos Reservados

© 2025 Editora Science
Av. Marechal Floriano Peixoto. 5000.
Campina Grande, PB, 58434-500.
CNPJ: 42.754.503/0001-00
Todos os Direitos Reservados

ISBN: 978-65-01-37892-3
CBL
9 786501 378923

EDITORA SCIENCE
ANO 2025