

Nayara Guetten Ribaski
Organizadora

A green tractor with red wheels is pulling a red plow through a field. The scene is set at sunset, with a warm orange glow in the sky and a line of trees in the background. The foreground shows rows of young green plants in a field.

agricultural sciences and sustainability in the 21st century

Curitiba
STUDIES PUBLICAÇÕES E EDITORA
2024



Nayara Guetten Ribaski
Organizadora

**Agricultural sciences and
sustainability in the 21st century**

P U B L I C A Ç Õ E S

**Curitiba
2024**

Copyright © Editora Studies Publicações
Copyright do Texto © 2024 Os Autores
Copyright da Edição © 2024 Editora Studies Publicações
Diagramação: Editora
Edição de Arte: Editora
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial:

Maria Lucia Teixeira Guerra de Mendonça – Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

Fernando Busato Ramires – University of Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil.

Halley Ferraro Oliveira

Federal University of Sergipe, Sergipe, Brazil.

Nelson Barrelo Junior – University of Sao Paulo, São Paulo, Brazil.

Adriane Aparecida de Souza Mahl Mangaroti – State University of Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, Brazil.

Educélio Gaspar Lisboa – State University of Pará, Pará, Brazil.

Aldalúcia Macêdo dos Santos Gomes – State University of Amazonas, Amazonas, Brazil.

Educélio Gaspar Lisboa – State University of Pará, Pará, Brazil.

Aldalúcia Macêdo dos Santos Gomes – State University of Amazonas, Amazonas, Brazil.

Paula Wiethölter – Faculdade Especializada na Área de Saúde do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil.

Andréa Cristina Marques de Araújo – Fernando Pessoa University, Porto, Portugal.

Fernando Busato Ramires – University of Passo Fundo, Rio Grande Sul, Brazil.

Sérgio Eustáquio Lemos da Silva – Paulista State University, São Paulo, Brazil.

Lucas Araújo Ferreira – Universidade Federal do Pará, Pará, Brasil.

Shirleide Pereira da Silva Cruz – Universidade de Brasília, Brasília – DF, Brasil.

Ronaldo Salvador Vasques – Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil.

Francisca das Chagas Gaspar Rocha – Universidade Federal do Piauí, Piauí, Brasil.

Nayara Kelly Felix Ferreira – Centro Universitário Tabosa de Almeida –

ASCES/UNITA, Pernambuco, Brasil.

Wenderson Gomes dos Santos – Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Amazonas, Brasil.

Ano 2024

STUDIES
PUBLI CAÇÕES

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R866a Ribaski, Nayara Guetten

Agricultural sciences and sustainability in the 21st century / Nayara Guetten Ribaski. Curitiba. Editora Studies Publicações, 2024.
91 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui: Bibliografia

ISBN: 978-65-995832-7-8

DOI: 10.54033/stebook.00032

1. Inovação. 2. Agricultura. I. Ribaski, Nayara Guetten. II. Título.

Editora Studies Publicações
Curitiba – Paraná – Brasil
www.studiespublicacoes.com.br
editora@studiespublicacoes.com.br

Ano 2024

STUDIES
PUBLI CAÇÕES

APRESENTAÇÃO

O livro, "*Agricultural Sciences and Sustainability in the 21st Century* " é uma obra que se destaca como um guia para entender o papel das ciências agrícolas na busca por um futuro mais sustentável. Escrito por especialistas no campo, o livro oferece uma visão abrangente e atualizada dos desafios enfrentados pela agricultura moderna e das soluções inovadoras disponíveis para promover a sustentabilidade.

Mais do que apenas um tratado acadêmico, "*Agricultural Sciences and Sustainability in the 21st Century*" inspira os leitores a pensar de forma crítica sobre o futuro da nossa relação com a terra e os alimentos que produzimos. Ao destacar a importância da colaboração entre cientistas, agricultores, formuladores de políticas e a sociedade em geral, o livro possui uma abordagem colaborativa para enfrentar os desafios da agricultura contemporânea.

Em suma, esta obra é um recurso indispensável para estudantes, acadêmicos, profissionais da agricultura e todos os interessados em construir um futuro mais verde e sustentável para as gerações futuras. Com sua análise perspicaz em direção a um mundo onde a agricultura e a sustentabilidade caminham de mãos dadas.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01	1
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA NA OTIMIZAÇÃO HÍDRICA EM CULTURAS AGRÍCOLAS (OTIMAGRI)	
Manoel Villas Boas Junior	
DOI: 10.54033/stebook.00033	
CAPÍTULO 02	23
NUTRIENT CYCLING BY CROTALARIA JUNCSEA AND RATE OF GROWTH AND FORAGE PRODUCTION BY SUGARCANE RB867515	
Mauro Wagner de Oliveira	
Rajan Bhatt	
Dalmo de Freitas Santos	
Vitória Regina Viana dos Santos	
Reinaldo de Alencar Paes	
Glauber José de Castro Gava	
Gino Francisco de Lima Neto	
DOI: 10.54033/stebook.00034	
CAPÍTULO 03	41
NITROGENOUS FERTILIZER, SUGAR AND FODDER PRODUCTION BY RB867515, IN THE YEAR AND A HALF SUGARCANE-PLANT CYCLE	
Mauro Wagner de Oliveira	
Rajan Bhatt	
Gino Francisco de Lima Neto	
Dalmo de Freitas Santos	
Reinaldo de Alencar Paes	
Tulio Menezes Tenorio	
Carlos Henrique de Castro Nogueira	
DOI: 10.54033/stebook.00035	
CAPÍTULO 04	60
COOPERATIVAS MINERAIS E A IMPORTÂNCIA DA LEGALIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA COOGAVEPE	
Marindia Feliciano dos Santos	
Alexandro Rodrigues Ribeiro	
DOI: 10.54033/stebook.978-65-995832-7-8_1	
CAPÍTULO 05	81
CARACTERIZAÇÃO DE PEQUENOS PRODUTORES DE LEITE NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA, PARÁ	
Júlio Nonato Silva Nascimento	
Alfredo Kingo Oyama Homma	
Jair Carvalho dos Santos	
Isabela Coutinho de Barros	
Marcos Antônio Souza dos Santos	
Jakson Leite	
DOI: 10.54033/stebook.978-65-995832-7-8_2	
CAPÍTULO 06	99
ANÁLISE DESCRITIVA DE CONTRATOS INTERGOVERNAMENTAIS NO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA: UMA ABORDAGEM DE CLUSTERIZAÇÃO DE DADOS DE CONVÊNIOS E CONVENIENTES	
Márcio Dias de Lima	
Alan Keller Gomes	
Daniel Soares de Souza	
Lucas Santos de Oliveira	
Paulo Henrique dos Santos	
Cassiomar Rodrigues Lopes	

José Carlos Barros Silva
Geraldo Andrade de Oliveira
Karla de Aleluia Batista
DOI: 10.54033/stebook.978-65-995832-7-8_3

CAPÍTULO 07 123

CONTROLE DE ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO POR POLIFENOLOXIDASE EM
ABACATE, BATATA INGLESA E BERINJELA

Franky Soedirlan Resosemito
Giselle Schmid
Rachel Torquato Fernandes
Fabiane de Carvalho Sousa
Poliana dos Santos Bezerra
Adrielle de Assunção Almeida

DOI: 10.54033/stebook.978-65-995832-7-8_4

CAPÍTULO 08 135

CONCENTRAÇÕES DE CARVÃO ATIVADO, SACAROSE E SAIS DO MEIO SUPRIMENTO
(S) PARA CULTIVO SEMINÍFERO IN VITRO DE *CYRTOPODIUM CARDIOCHILUM*...

Brenda Ventura Lima
André Ferreira Santos
Eliane Mayumi Inokuti
Claudinei Martins Guimarães
Rodrigo Vieira da Silva
Isabeli Barbosa Brito
Robert Weingart Barreto

DOI: 10.54033/stebook.978-65-995832-7-8_6

CAPÍTULO 09 148

REVESTIMENTO, A BASE DE AMIDO, EFICIENTE NA CONSERVAÇÃO DA COUVE-
MANTEIGA (*BRASSICA OLERACEA*)

Ítala Maiara Vieira Fernandes
Claudinei Martins Guimarães
Vania Silva Carvalho
Nayana Ribeiro Soares
Suzane Martins Ferreira

DOI: 10.54033/stebook.978-65-995832-7-8_7

CAPÍTULO 10 165

IDEAL PROPORTION OF MINERAL AND ORGANOMINERAL FERTILIZATION TO
INCREASE ONION PRODUCTIVITY

Andreíza Corrêa Moreira
Claudinei Martins Guimarães
Emmerson Rodrigues de Moraes
Jardel Lopes Pereira
Júlia Braz de Queiroz Teles
Joicy Vitória Miranda Peixoto
Elliezer de Almeida Melo
Alessandra Cristina Tome

DOI: 10.54033/stebook.978-65-995832-7-8_8

CAPÍTULO 11 185

TOMATEIRO INDUSTRIAL CULTIVADO COM ADUBAÇÃO MINERAL E
ORGANOMINERAL ASSOCIADAS A ÁCIDOS ORGÂNICOS

Fabírcia Alves Bueno de Oliveira
Claudinei Martins Guimarães
Marcelo Barbosa de Souza Filho
Maria Eduarda Teles de Queiroz
Joicy Vitória Miranda Peixoto
Emmerson Rodrigues de Moraes
Rodrigo Vieira da Silva

DOI: 10.54033/stebook.978-65-995832-7-8_9

SOBRE O ORGANIZADOR.....	205
---------------------------------	------------



CAPÍTULO

01

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA NA OTIMIZAÇÃO HÍDRICA EM CULTURAS AGRÍCOLAS (OTIMAGRI)

Manoel Villas Boas Junior

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Endereço: R. Antônio Barros de Castro, 119 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ, 21941-853

E-mail: junior@imp.ufrj.br

Sobre o autor: Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), parte de um programa binacional dedicado ao avanço da agropecuária. No âmbito deste programa, integrei o grupo Agro Matemática, onde foi desenvolvido o projeto "Otimização Hídrica para Culturas Agrícolas Utilizando Inteligência Artificial" (OTIMAGRI), focado em aplicar soluções inovadoras para a gestão de recursos hídricos na agricultura. Mestre em Computação Aplicada pela Universidade Estadual do Ceará, tendo me especializado em Sistemas de Apoio à Decisão. Nesse período, desenvolvi um projeto pioneiro sobre "Diagnóstico de Classe utilizando Inteligência de Enxames aplicado ao Problema de Identificação de Transientes Nucleares", um estudo voltado para a segurança nuclear através de tecnologias avançadas de análise de dados. Além disso, possui um MBA Executivo em Tecnologia da Informação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, onde me aprofundi em Sistemas de Apoio à Decisão, culminando no desenvolvimento de um projeto sobre "Inteligência Computacional para Soluções de Problemas Combinatórios em Aplicações Reais", explorando a aplicabilidade da inteligência computacional em desafios complexos do mundo real.

RESUMO: Este estudo introduz um sistema inovador de otimização para a agricultura, utilizando o algoritmo *Particle Swarm Optimization* (PSO). Este sistema foca na maximização da receita líquida em contextos agrícolas, minimizando simultaneamente o consumo de recursos naturais e insumos, com particular atenção ao uso eficiente da água. Uma das características distintas do sistema é sua versatilidade e acessibilidade, sendo projetado para fácil implementação em smartphones, o que amplia seu alcance para uma variedade de usuários, desde pequenos a grandes produtores rurais. A eficiência e a rapidez na obtenção de resultados são aspectos chave deste sistema, facilitando uma tomada de decisões mais ágil e informada no setor agrícola. O algoritmo PSO, que forma a base do sistema, é eficaz na identificação do equilíbrio ótimo entre o consumo de insumos e a produtividade das culturas. Este estudo validou o sistema por meio de comparações com dados disponíveis na literatura, focando em culturas específicas como alface americana e meloeiro. Os resultados obtidos não apenas mostraram consistência com os dados existentes, mas em alguns casos, superaram as expectativas. Conclui-se que este sistema representa uma contribuição significativa para a agricultura moderna, oferecendo uma ferramenta confiável e de fácil acesso para a tomada de decisões econômicas. A capacidade de rápida adaptação a diferentes tipos de insumos, a compatibilidade com dispositivos móveis e a facilidade de incorporar novas

funções de produção, independentemente da complexidade ou do número de insumos, ressaltam a flexibilidade e a relevância prática desta inovação tecnológica.

PALAVRAS-CHAVE: inteligência artificial, função de produção, agricultura 4.0.

ABSTRACT: This study introduces an innovative optimization system for agriculture, utilizing the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm. This system focuses on maximizing net revenue in agricultural contexts while simultaneously minimizing the consumption of natural resources and inputs, with particular attention to the efficient use of water. A distinctive feature of the system is its versatility and accessibility, being designed for easy implementation on smartphones, which broadens its reach to a variety of users, from small to large-scale farmers. The efficiency and speed in obtaining results are key aspects of this system, facilitating a more agile and informed decision-making process in the agricultural sector. The PSO algorithm, which forms the basis of the system, effectively identifies the optimal balance between input consumption and crop productivity. This study validated the system through comparisons with available literature data, focusing on specific crops such as iceberg lettuce and melon. The results not only showed consistency with existing data but in some cases, exceeded expectations. In conclusion, this system represents a significant contribution to modern agriculture, offering a reliable and easily accessible tool for economic decision-making. The ability to quickly adapt to different types of inputs, compatibility with mobile devices, and the ease of incorporating new production functions, regardless of complexity or the number of inputs, highlight the flexibility and practical relevance of this technological innovation.

KEYWORDS: artificial intelligence, production function, agriculture 4.0.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos decorrente do aumento populacional mundial impõe desafios significativos para a sustentabilidade dos recursos naturais, especialmente a água. A agricultura, responsável por aproximadamente 70% do consumo global de água, enfrenta a urgência de adotar práticas mais eficientes e sustentáveis (FAO). Este artigo explora a aplicação da Inteligência Artificial (IA) como uma solução potencial para otimizar o uso de recursos hídricos na agricultura, alinhando-se às necessidades de produção e sustentabilidade ambiental.

A limitação das reservas de água no planeta é um problema crítico identificado por Reichardt & Timm (2008), que destacam que apenas 0,3% da água terrestre está disponível para consumo humano e agrícola. Esta escassez é exacerbada pelo crescente uso da água na agricultura, levando a uma crise hídrica que afeta 40% da população mundial (Van Der Heijden, 2015). Essa crise é agravada por práticas ineficientes de irrigação e gestão de recursos, contribuindo para a degradação ambiental e conflitos sociais.

Em resposta a esses desafios, surge a hipótese de que a tecnologia de IA – Inteligência Artificial, pode servir como um recurso valioso para a agricultura. Conforme explorado por Cavalcante e Sanchez (2013), a implementação de IA na agricultura pode contribuir significativamente para a redução do consumo de recursos naturais e aumento da produtividade. A IA oferece a possibilidade de uma gestão mais precisa e eficiente da água, potencializando a produção agrícola enquanto minimiza os impactos ambientais.

Este artigo, portanto, propõe uma análise detalhada da aplicação da IA na agricultura, considerando tanto a necessidade de aumentar a eficiência na utilização dos recursos hídricos quanto as implicações ambientais e sociais associadas. A metodologia empregada baseia-se em uma extensa revisão da literatura, incluindo trabalhos acadêmicos, relatórios de organizações internacionais como a FAO, e estudos de caso relevantes. O objetivo é explorar como a IA pode ser aplicada para otimizar o uso de recursos hídricos na agricultura, contribuindo para um futuro mais sustentável e seguro em termos de segurança alimentar e gestão de recursos naturais.

Nesse sentido, a utilização de técnicas e ferramentas de otimização pode contribuir significativamente para a produção agrícola sustentável, permitindo a maximização da receita líquida com recursos limitados e garantindo a preservação do

meio ambiente. O algoritmo de Otimização por Enxame de Partículas (PSO, do inglês Particle Swarm Optimization) é uma dessas técnicas que têm sido amplamente utilizadas na otimização de processos de produção agrícola.

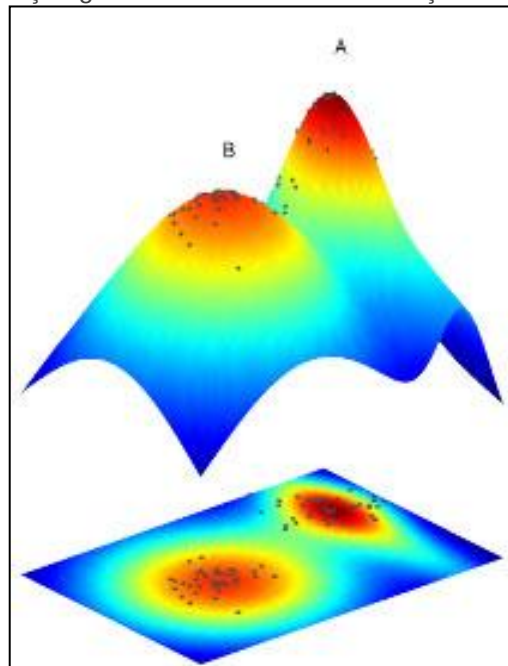
2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 OTIMIZAÇÃO

A otimização é um componente crucial em diversas áreas, visando encontrar soluções ótimas para problemas específicos. Blum e Roli (2003) distinguem problemas de otimização em duas categorias principais: contínua e combinatória. Em ambos os casos, o objetivo é encontrar a melhor configuração de um conjunto de variáveis para atingir um objetivo específico, seja de maximização ou minimização.

Papadimitriou e Steiglitz (1982) descrevem a solução de problemas de otimização como a busca por um ótimo global ou local. A Figura 1 ilustra graficamente este conceito, mostrando as soluções ótimas globais e locais em um espaço de busca tridimensional.

Figura 1 - Representação gráfica tridimensional de soluções ótimas globais e locais



Disponível em: http://www.esteco.com/robust_design.jsp. Acesso em 2020.

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A IA, como descrita por Baker (2019), evoluiu desde as primeiras concepções filosóficas até a realização prática com o advento dos computadores programáveis no século XX. Turing (1950) foi pioneiro ao conceituar a IA introduzindo ideias fundamentais como o Teste de Turing e o Aprendizado de Máquina. Sultan (2017) discute a evolução da IA destacando o foco inicial na Inteligência Artificial Forte.

O termo "Inteligência Artificial" foi cunhado na Conferência de Dartmouth em 1956 (Mccarthy, 1956). Vinge (1993) introduziu o conceito de "singularidade", referindo-se ao ponto em que a IA supera a inteligência humana. Konar (2000) define a IA como a capacidade das máquinas de perceber, raciocinar, aprender e agir. Ludwig e Montgomery (2007) enfatizam a importância de várias habilidades para uma máquina ser considerada inteligente.

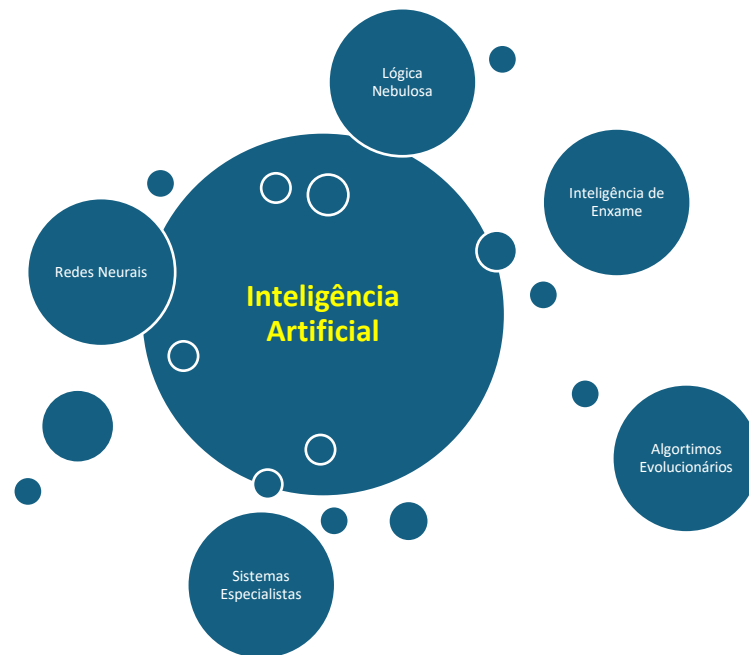
2.2.1 Renascimento da IA

O renascimento da IA no século XXI é marcado pelo avanço significativo na capacidade de processamento e o desenvolvimento de técnicas mais sofisticadas. Taurion (2013) descreve o impacto do projeto Watson da IBM como um marco, exemplificando a evolução da IA em termos de processamento de linguagem natural e análise de dados.

2.2.2 Técnicas da Inteligência Artificial

Diversas técnicas compõem o campo da IA, muitas delas inspiradas em fenômenos naturais. A Figura 2, fornecida por Villas Boas Junior (2021), apresenta as várias áreas da IA incluindo algoritmos de otimização por enxame de partículas (PSO), que são foco deste estudo.

Figura 2 - Áreas da Inteligência Artificial



Fonte: VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2021.

2.3 METAHEURÍSTICA

As metaheurísticas surgem como soluções para problemas complexos de otimização, unindo princípios de Otimização e IA. Blum e Roli (2003) e Maria Marta (2007) discutem a importância das metaheurísticas na busca por soluções eficientes, balanceando intensificação e exploração.

2.3.1 Inteligência de Enxames

Von Zuben e Castro (2004) definem a Inteligência de Enxames como uma técnica baseada no comportamento coletivo auto-organizado. Essa abordagem é exemplificada pelo comportamento de abelhas, pássaros e outros animais sociais. A Figura 3 mostra aves voando em busca de alimento, ilustrando o conceito de enxame.

Figura 3 - Aves voando "alinhas" em busca de alimento

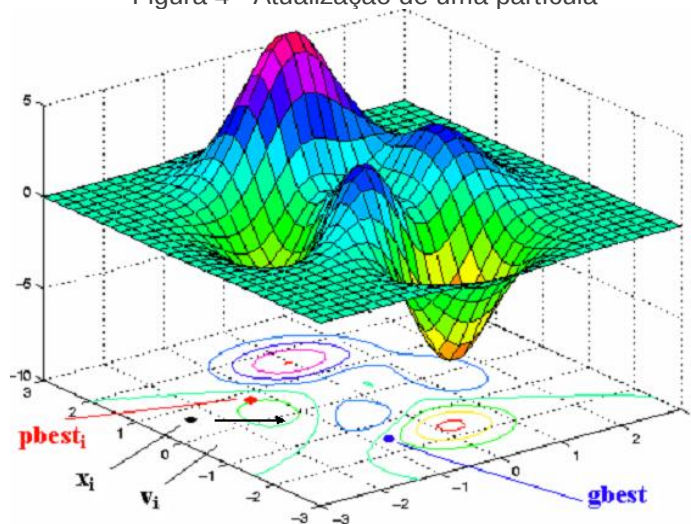


Fonte: VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2021.

2.3.2 Enxame de Partículas (PSO)

O PSO, proposto por Kennedy e Eberhart (1995), é uma técnica de otimização que simula o comportamento social de enxames. Menezes, Machado e Schirru (2008) destacam a importância da capacidade sociocognitiva nessa técnica. A Figura 4 ilustra a atualização de uma partícula no PSO, mostrando a dinâmica do enxame em busca de soluções ótimas.

Figura 4 - Atualização de uma partícula



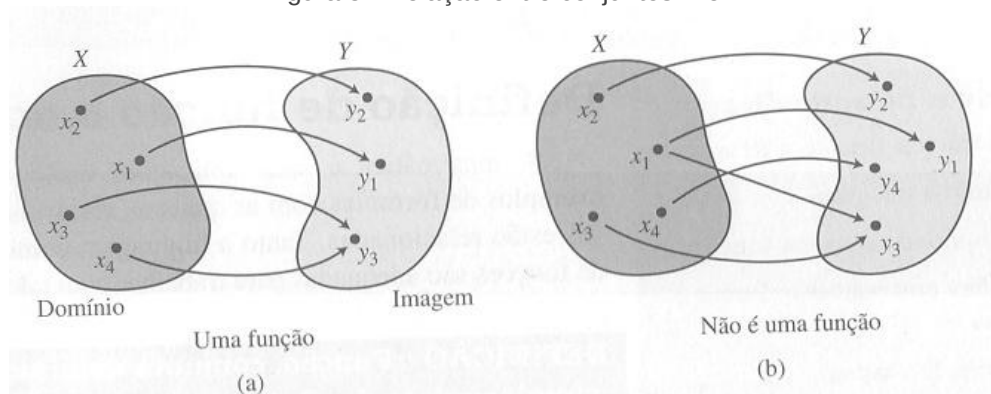
Fonte: VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2021.

2.4 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

A função de produção é uma ferramenta analítica fundamental na agricultura irrigada, como discutido por Frizzzone e Andrade Junior (2005). Ela estabelece uma relação entre os insumos e a produtividade das culturas. A Figura 5 (a) e (b)

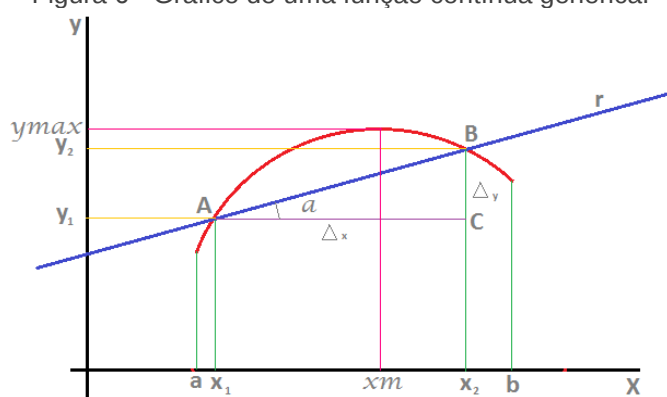
demonstram a relação entre conjuntos X e Y, enquanto a Figura 6 mostra o gráfico de uma função contínua genérica, relevante para entender a produtividade das culturas.

Figura 5 - Relação entre conjuntos X e Y



Fonte: DEMANA, 2009.

Figura 6 - Gráfico de uma função contínua genérica.

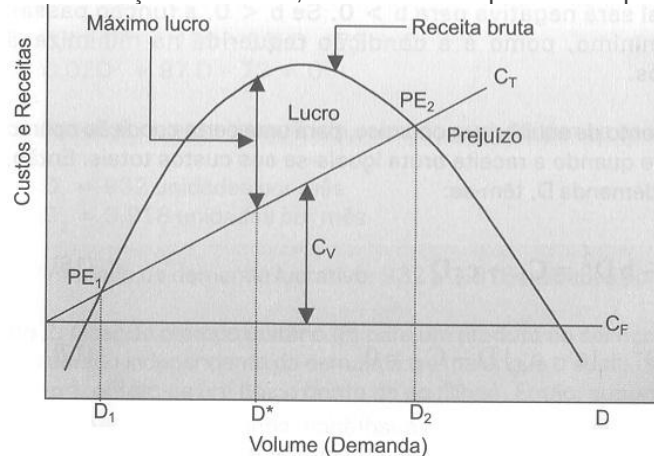


Fonte: VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2021.

2.5 CONCEITOS ECONÔMICOS

Os conceitos econômicos, como a receita bruta e os custos de produção, são essenciais para entender a otimização na agricultura. A Figura 7 apresenta as funções de custo, receita bruta e ponto de equilíbrio, enquanto a Figura 8 ilustra a relação entre custos, receita bruta e receita líquida para a produção de feijoeiro, conforme descrito por Frizzzone (2007).

Figura 7 - Funções de custo, receita bruta e ponto de equilíbrio

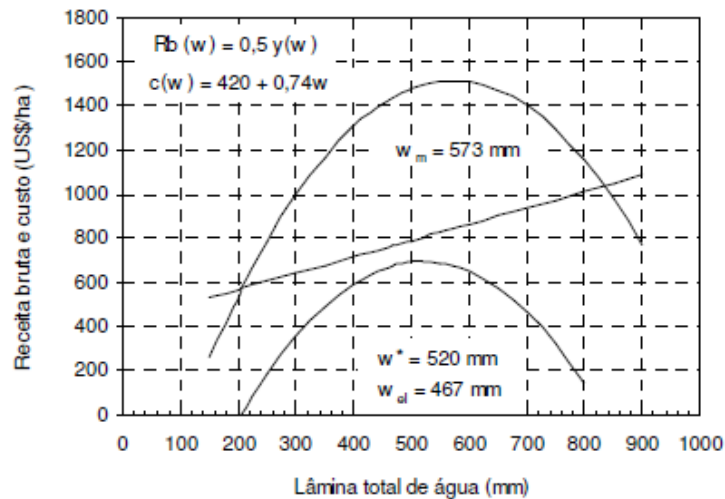


Fonte: FRIZZONE, J.A., 2005.

Os pontos chaves da análise são:

- PE₁, que é o ponto de equilíbrio inferior, que é o ponto onde para se ter lucro devemos aumentar a demanda;
- PE₂, que é o ponto de equilíbrio superior, é exatamente o contrário, isto é, para se ter lucro devemos diminuir a demanda;
- E o ponto de máximo lucro D*

Figura 8 - Custos, receita bruta e receita líquida para a produção do feijoeiro



Fonte: FRIZZONE, J.A., 2007.

2.6 AGRICULTURA 4.0

A Agricultura 4.0 representa a integração de avanços tecnológicos na agricultura, incorporando IoT, Big Data, IA, automação e outras tecnologias digitais.

Este conceito é vital para a otimização de processos agrícolas e a promoção de uma agricultura mais sustentável e eficiente.

2.7 DESENVOLVIMENTO NATIVO E HÍBRIDO

No desenvolvimento do aplicativo OTIMAGRI, é essencial considerar as abordagens de desenvolvimento nativo e híbrido. Madureira (2017) discute as diferenças entre essas abordagens, enfatizando a importância de escolher a metodologia apropriada para alcançar os objetivos desejados. O OTIMAGRI foi desenvolvido usando a tecnologia híbrida Xamarin, ilustrando a aplicabilidade prática desses conceitos no campo da IA e da Agricultura 4.0.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

O desenvolvimento do aplicativo OTIMAGRI visou maximizar o lucro dos produtores e minimizar a utilização de insumos e recursos naturais. Utilizando a técnica de Inteligência Artificial, Otimização por Enxame de Partículas (PSO), o aplicativo se concentra em otimizar a função de produção para variáveis de interesse em culturas específicas. Os dados para essas funções de produção foram obtidos tanto experimentalmente quanto através de métodos matemáticos computacionais, incluindo o Método de Barreira Logarítmica (Ventura, Sanchez Delgado e Carvalho, 2009), Pontos Interiores (De Carvalho, Sanchez, 2009) e o modelo INTELIAGRI (Cavalcante Junior, 2013), que emprega redes neurais e algoritmos genéticos. A abordagem híbrida do aplicativo o torna compatível com os principais sistemas operacionais de smartphones, permitindo flexibilidade no cadastramento e armazenamento de múltiplas funções de produção.

3.2 EQUIPAMENTO UTILIZADO

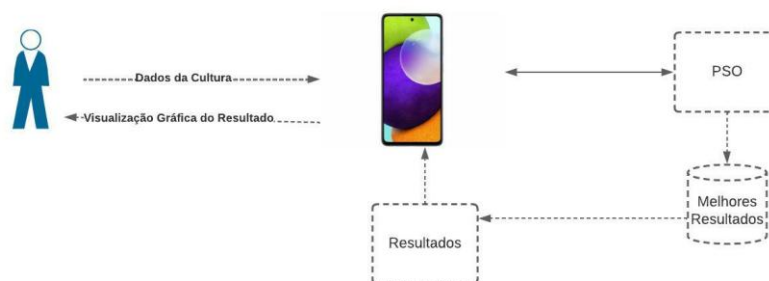
Para o desenvolvimento do protótipo, utilizou-se um MacBook Pro (Retina, 13-inch, Early 2015), com especificações técnicas detalhadas. Os testes do aplicativo foram realizados em um smartphone Moto G10, equipado com 64 GB de

armazenamento e sistema operacional Android, para garantir a funcionalidade e usabilidade em um dispositivo móvel comum.

3.3 SOFTWARE DESENVOLVIDO

O OTIMAGRI foi desenvolvido em Xamarin, uma linguagem de programação híbrida, e projetado para ser um mecanismo generalista, permitindo aos usuários verificar o algoritmo com qualquer função. A Figura 9 apresenta o diagrama macro do sistema OTIMAGRI, ilustrando sua estrutura e funcionalidades principais.

Figura 9 - Diagrama do OTIMAGRI



Fonte: VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2021.

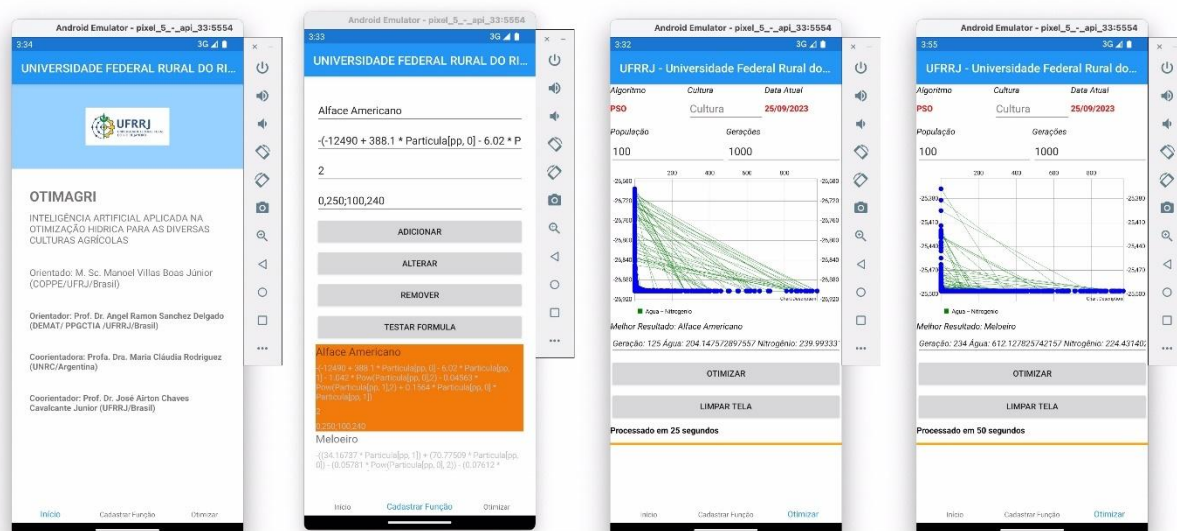
3.4 MODELAGEM DO APLICATIVO

Para a documentação do desenvolvimento do OTIMAGRI, adotou-se a metodologia de orientação a objetos, gerando artefatos como Diagrama de Casos de Uso e Diagrama de Classes. Estes diagramas detalham os atores principais, os casos de uso e as classes envolvidas no sistema, bem como suas interações e relacionamentos.

3.5 INTERFACE DO APLICATIVO

A interface do usuário do OTIMAGRI foi projetada para facilitar a interação do usuário com o software, incluindo páginas iniciais, menus de navegação, formulários de entrada, lista de resultados, botões de ação, configuração de parâmetros de otimização e exibição dos resultados. A Figura 10 demonstra a interface desenvolvida para o aplicativo.

Figura 10 - Interface OTIMAGRI



Fonte: VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2021.

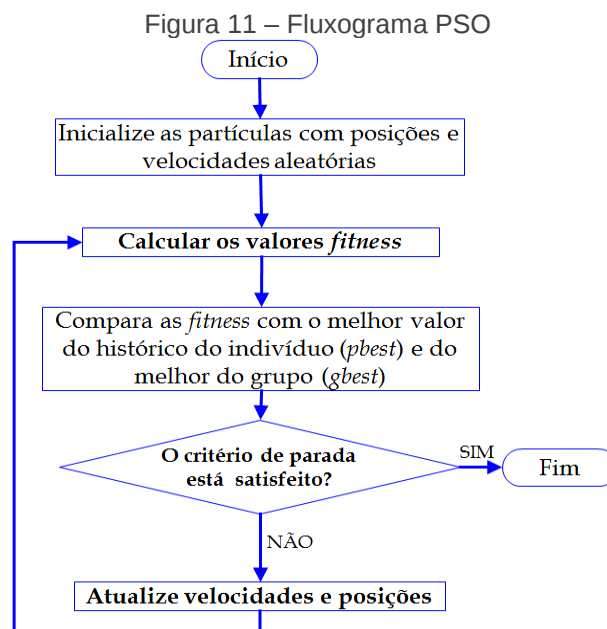
4. ENXAME DE PARTÍCULAS (PARTICLE SWARM OPTIMIZATION – PSO)

Villas Boas Junior, M. (2011) salienta que problemas compostos de múltiplas variáveis e diversas soluções são comuns em uma ampla gama de situações reais. Tais problemas são frequentemente definidos por condições que precisam ser maximizadas ou minimizadas, geralmente sob a presença de restrições específicas. Recentemente, a resolução de problemas de otimização por meio de metaheurísticas em Inteligência Computacional tem ganhado destaque. Esta abordagem concentra-se na distribuição do problema e na interação, seja direta ou indireta, entre agentes. No campo da Inteligência Computacional, destacam-se os Algoritmos Evolucionários e a metáfora do comportamento social de insetos, conhecida como Inteligência de Enxames ou Inteligência Coletiva. O Algoritmo Genético, introduzido por Goldberg em 1989, é um exemplo proeminente de Algoritmos Evolucionários. Por outro lado, na área da Inteligência de Enxames, o Algoritmo de Otimização por Enxame de Partículas, desenvolvido por Kennedy e Eberhart em 1995, produz resultados robustos em problemas diversos.

Uma das principais vantagens das técnicas de Inteligência de Enxames é a necessidade de pouca informação prévia sobre o problema para encontrar uma solução. Conforme Serapião (2009), os algoritmos operam com base em dois princípios socio métricos, que representam dois tipos de informação no processo decisório. O primeiro princípio, denominado (gB), conecta conceitualmente todos os

membros de uma população, influenciando o comportamento de uma partícula pelo comportamento de todas as outras. O segundo princípio, (pB), estabelece uma vizinhança para cada indivíduo, composta por ele e seus vizinhos mais próximos. Ambos os princípios são avaliados por uma função de avaliação ($f(p)$), também conhecida como função objetivo ou de aptidão (fitness), que busca a solução ótima para o problema.

No algoritmo PSO, o enxame é inicializado aleatoriamente (em termos de posições e velocidades) e prossegue em um ciclo até que um critério de parada, como um número máximo de iterações, seja alcançado. A Figura 11 ilustra o fluxograma do processo do PSO.



Fonte: VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2021.

O modelo de Otimização por Enxame de Partículas (PSO), aplicado à otimização do lucro líquido em culturas agrícolas, adota a forma básica do algoritmo do PSO. Neste contexto, cada indivíduo no enxame do PSO é representado por um vetor de duas posições, correspondendo a variáveis na agricultura: a primeira posição indica a quantidade de água, e a segunda, a quantidade de nitrogênio. Cada posição é expressa por um valor real dentro do intervalo $[0,1]$, refletindo a proporção dessas variáveis na realidade.

Na implementação específica do PSO para este estudo, a função objetivo, ou fitness, que avalia a eficácia de cada indivíduo na resolução do problema, foi adaptada para duas culturas distintas: a alface americana, conforme a formulação de Marques

Silva et al. (2008) na equação (1), e o meloeiro, conforme Monteiro et al. (2007) na equação (2). Estas equações são fundamentais para modelar a produtividade das culturas em relação às variáveis de água e nitrogênio.

Para a alface americana, a produtividade é modelada pela equação:]

$$y(w,n)=-12.490+388,1w-6,02n-1,042w^2-0,04563n^2+0,1564 \quad (1)$$

onde:

$y(w,n)$ representa a produtividade da alface americana em kg/ha.

$r^2 = 0,8311$, indicando a precisão do modelo.

w é a lâmina de água em mm.

n é a dose de nitrogênio em kg/ha.

Os valores de w e n estão restritos ao domínio bidimensional $[0, 250] \times [100, 240]$.

Para o meloeiro, a produtividade é dada pela equação:

$$y(w,n)=34,16737n+70,77509w-0,05781w^2-0,07612n^2 \quad (2)$$

onde:

$y(w,n)$ denota a produtividade do meloeiro em kg/ha.

$r^2 = 0,9962$, evidenciando uma alta precisão do modelo.

Os valores de w (lâmina de água) e n (dose de nitrogênio) variam dentro do domínio $[0, 700] \times [0, 350]$.

Essa abordagem do PSO permite uma análise detalhada da relação entre água, nitrogênio e produtividade das culturas, facilitando a otimização do lucro líquido através da gestão eficiente desses recursos. O preço adotado para alface americana foi de R\$ 0,80 kg⁻¹. O custo para água de R\$ 0,44 mm*ha⁻¹ e para nitrogênio R\$2,09 kg⁻¹. Para o melão foi calculado um preço de R\$ 0,40 kg⁻¹ e de R\$ 0,134 mm*ha⁻¹ para água. Na época, o preço do nitrogênio era R\$ 2,33 kg⁻¹. Note que o coeficiente de determinação (r^2) da alface americana indica que 83,11% da variação do rendimento em função dos níveis de água e nitrogênio podem ser explicadas pela eq. 1. Analogamente para a cultura do melão, a eq. 2, indica 99,62% de ajuste.

Os parâmetros do PSO foram utilizados variando da seguinte forma:

- população: 100
- gerações: 1000
- semente: 42
- C1 (constante Pb): 0.1 até 3.9
- C2 (constante Gb): 3.9 até 0.1
- onde $C1 + C2 \leq 4$
- W (inercia): 0.5 até 0.9

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA

Utilizando o aplicativo OTIMAGRI, foram realizados testes para a otimização da produção de alface americana. O algoritmo PSO foi aplicado com uma população de 100 partículas. Os resultados obtidos pelo OTIMAGRI foram comparados com os do estudo de Marques Silva et al. (2008), bem como com outros métodos como INTELIAGRI e Método de Barreira Logarítmica (MBL).

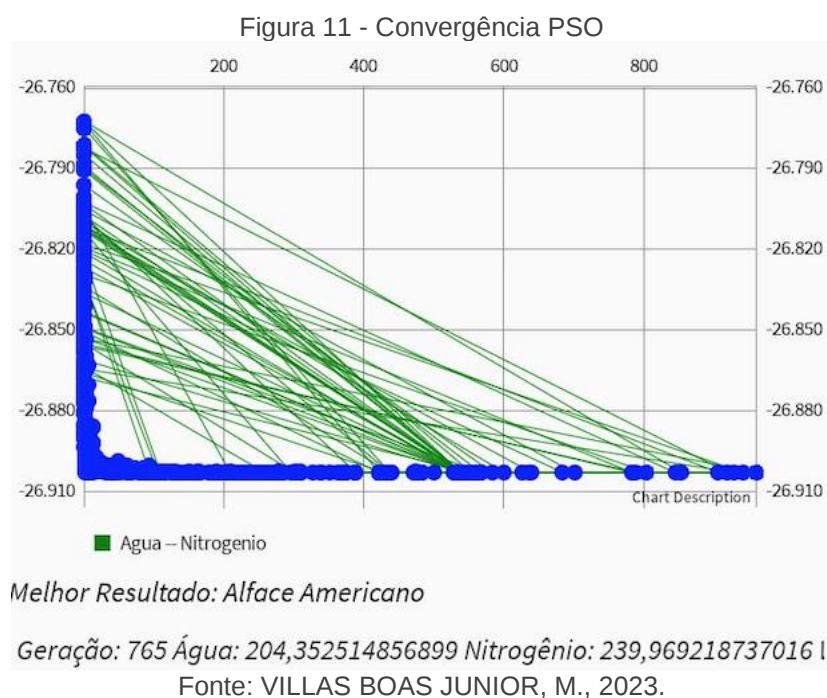
O OTIMAGRI alcançou uma produtividade máxima de 26.902,71 kg/ha com 204,35 mm de água e 239,97 kg/ha de nitrogênio. Estes resultados demonstram uma eficiência comparável ou até superior aos métodos de referência (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparativo entre Métodos para a Alface Americana

Método	Água (mm/ha)	Nitrogênio (kg/ha)	Produtividade (kg/ha)
OTIMAGRI	204,35	239,97	26.902,71
INTELIAGRI	199,55	234,96	26.903,00
MBL	204,99	249,99	26.903,00
PS	205,26	257,14	26.959,93

Fonte: Villas Boas Junior, M., 2023.

A Figura 11 ilustra a convergência do algoritmo PSO para a otimização da produção de alface americana, demonstrando a eficiência do algoritmo ao longo do tempo.



5.2 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DO MELOEIRO

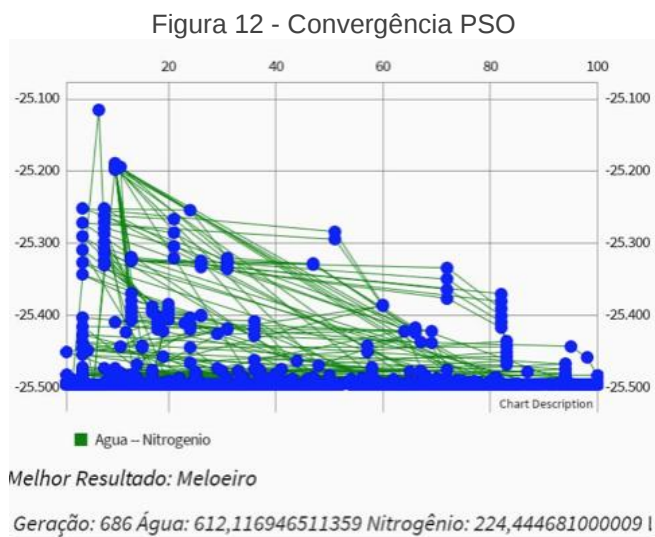
Para a cultura do meloeiro, o OTIMAGRI também apresentou resultados promissores, conforme demonstrado na Tabela 2. Com uma população de 100 partículas, o aplicativo alcançou uma produtividade de 25.496,08 kg/ha e uma receita líquida de R\$ 3.308,46.

Tabela 2 - Comparativo entre Métodos para o Meloeiro

Método	Água (mm/ha)	Nitrogênio (kg/ha)	Produtividade (kg/ha)
OTIMAGRI	612,12	224,44	25.496,08
INTELIAGRI	630,11	234,97	25.467,00
MBL	612,30	224,30	25.469,00
PS	609,20	186,23	25.384,30

Fonte: Villas Boas Junior, M., 2023.

A Figura 12 mostra a evolução do melhor fitness para o meloeiro, indicando a convergência eficiente do algoritmo.

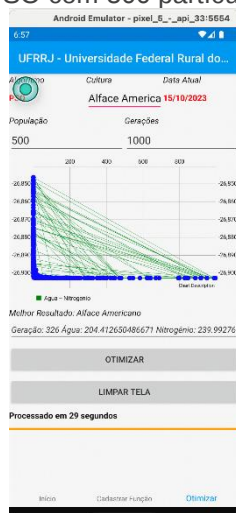


Fonte: VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2023.

5.3 OTIMIZAÇÃO COM 500 PARTÍCULAS

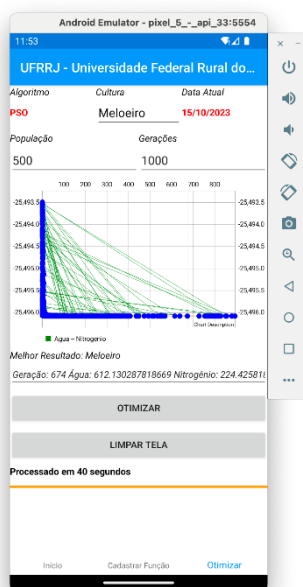
Testes adicionais com 500 partículas foram realizados para alface americana e meloeiro. Os resultados foram semelhantes aos obtidos com 100 partículas, indicando que a variação na população de partículas não afeta significativamente o desempenho do OTIMAGRI (Figuras 13 e 14).

Figura 13 - Resultado do PSO com 500 partículas para a alface americana



Fonte: VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2023.

Figura 14 - Resultado do PSO com 500 partículas para o meloeiro



Fonte: VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2023.

4.5 ALGORITMO EVOLUTIVO DE APRENDIZADO INCREMENTAL BASEADO EM POPULAÇÃO (PBIL)

Ao comparar o OTIMAGRI com outros métodos que utilizam IA, como o estudo conduzido por Villas Boas Junior (2022), que utilizou o algoritmo PBIL em conjunto com técnicas de IA para resolver o problema de otimização do uso de água e nitrogênio em culturas de alface americana e meloeiro e INTELIAGRI, observou-se que o OTIMAGRI demonstra resultados compatíveis e eficientes. A Tabela 3 e Tabela 4 apresentam essas comparações para alface americana e meloeiro, respectivamente.

Tabela 3 - Comparativo para Alface Americana

Método	Água (mm/ha)	Nitrogênio (kg/ha)	Produtividade (kg/ha)
OTIMAGRI	204,35	239,97	26.902,71
INTELIAGRI	199,55	234,96	26.903,00
PBIL	203,72	239,80	26.901,77

Fonte: Villas Boas Junior, M., 2023.

Tabela 4 - Comparativo para Meloeiro

Método	Água (mm/ha)	Nitrogênio (kg/ha)	Produtividade (kg/ha)
OTIMAGRI	612,12	224,44	25.496,08
INTELIAGRI	630,11	234,97	25.467,00
PBIL	611,58	224,04	25.496,10

Fonte: Villas Boas Junior, M., 2023.

Estes resultados confirmam que o OTIMAGRI é uma ferramenta eficaz e versátil para a otimização de produção agrícola, oferecendo resultados comparáveis a métodos estabelecidos e promovendo a eficiência na utilização de recursos.

7. CONCLUSÕES

O OTIMAGRI, desenvolvido como uma inovação tecnológica, se estabeleceu como uma ferramenta computacional de uso simples, voltada para apoiar produtores rurais nas decisões agrícolas. Sua eficácia reside no uso racional de recursos disponíveis, como água e insumos, e na análise econômica, atendendo às demandas atuais da agricultura sustentável.

Os resultados obtidos demonstraram a eficácia do OTIMAGRI em atingir seus objetivos, validados por comparações com estudos existentes, como os de Marques e Silva (2008), de Ventura e Sanchez (2009), Cavalcante Junior; Sanchez; Rodrigues; Canedo (2018) e Villas Boas Junior, M., Sanchez Delgado A. R., Cavalcante Junior, Costa, Marcelo Silva (2023). Estes resultados sublinham a aplicabilidade do OTIMAGRI na otimização de recursos hídricos e insumos, resultando em um aumento da receita líquida para culturas como a alface americana e o meloeiro.

A incorporação da tecnologia de Inteligência Artificial (IA), especificamente através do algoritmo de Otimização por Enxame de Partículas (PSO), provou ser uma abordagem robusta e eficiente. Este algoritmo facilita a maximização do lucro líquido e minimiza o consumo de insumos, promovendo a sustentabilidade e a eficiência produtiva.

O aplicativo foi projetado para ser compatível com uma variedade de smartphones, ampliando seu alcance entre produtores de diferentes escalas e promovendo a inclusão digital no campo. A facilidade de uso e a versatilidade do

aplicativo, capaz de lidar com funções matemáticas complexas em múltiplas dimensões, são aspectos notáveis.

Este trabalho abriu portas para novas possibilidades de pesquisa e aplicação do OTIMAGRI, incentivando parcerias entre produtores rurais, centros de pesquisa e universidades, como a UNRC na Argentina. A abordagem adotada demonstra o potencial da IA na agricultura e como ela pode ser aplicada para resolver desafios complexos, promovendo a eficiência e a sustentabilidade na produção de alimentos.

Vale destacar que o desenvolvimento do OTIMAGRI utilizou dados de experimentos científicos realizados no Brasil, eliminando a necessidade de experimentos em campo e aproveitando resultados já validados na literatura científica. Isso não só economiza tempo como também reforça a validade e a aplicabilidade dos resultados obtidos.

Assim, o OTIMAGRI se confirma como uma ferramenta computacional inteligente e eficaz, capaz de otimizar o uso de recursos hídricos e aumentar a receita líquida em diversas culturas agrícolas, alinhando-se com os objetivos propostos e contribuindo significativamente para a agricultura moderna e sustentável.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária – PPGCTIA/UFRRJ – Brasil, na figura da coordenação e corpo docente, e a UNRC por todo apoio prestado durante a realização desta pesquisa e ao seu corpo docente também.

REFERÊNCIAS

- DE CARVALHO F. D.; SANCHEZ, A.R.S.D.; OLIVEIRA, R; SILVA, W.; FORTE, V.; **Maximização da produção e da receita agrícola com limitações de água e nitrogênio utilizando pontos interiores**. Eng. Agric. Jaboticabal, v.29, n.2, p.321-327, abr/jun 2009.
- CAVALCANTE JUNIOR, J.A.C; SANCHEZ, A.R.D.; RODRIGUES, M.C.; CANEDO, J.A.C; **INTELIAGRI – Sistema Inteligente para Gestão do Uso de Recursos Hídricos e Insumos na Agricultura**. Sustentabilidade e Responsabilidade Social em Foco, v.7, n.1, p.138-147, 2018.
- CAVALCANTE JUNIOR, J.A.C; **Ferramenta Computacional Inteligente Aplicada à Otimização do Uso de Recursos Hídricos e Aumento da Receita Líquida na Agricultura – INTELIAGRI**, tese de doutorado UFRRJ, 128p., 2013.
- DOS SANTOS JÚNIOR J. L. C., FRIZZONE, J. A., DA SILVA PAZ, V. P.; **Otimização do uso da água no perímetro irrigado Formoso aplicando lâminas máximas de água**. Irriga, Botucatu, v.19, n.2, p. 196-206, 2014.
- FIGUEIREDO GARCIA DE, M.; FRIZZONE, J. A.; PITELLI, M. M.; REZENDE R.; 2008. **Lâmina ótima de irrigação do feijoeiro, com restrição de água, em função do nível de aversão ao risco do produtor**. Acta Sci. Agron., Maringá, v.30, n.1, p. 81-87, 2008.
- FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; SOUZA, J. L. M. de; ZOCOLER, J. L.; **Planejamento da irrigação. Análise de decisão de investimento. 1. Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, 627 p., 2005.
- GOLDBERG, D. E., **Genetic Algorithms in Search, Optimization an Machine Learning**, Addison Wesley Publishing Company, USA, 1989.
- KENNEDY J., EBERHART R.C., 1995, **Particle Swarm Optimization**. Proc IEEE International Conference on Neural Net Works, pp. IV: 1942-1948, Perth, Australia.
- KENNEDY J., EBERHART R.C., Shi Y., 2001, **Swarm Intelligence**. Morgan Kaufmann Publishers. Inc, San Francisco, CA.
- MARQUES SILVA, P. A.; PEREIRA MAGELA, G.; REIS, R.; LIMA, L. A.; TAVEIRA J. H., **Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada**. Ciênc. Agrotec., v. 32, n.4, p.1266-1271, 2008.
- MONTEIRO, R. O. C.; COLARES, D. S.; COSTA T. R. N.; LEÃO, M. C. S.; DE AGUIAR, J. V.; **Função de resposta do meloeiro a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio**. Hortic. Bras. v. 24, n. 4, p.455-459, 2006.
- MONTEIRO, R. O. C.; NONATO TÁVORA, R.; LEÃO, M. C. S.; DE AGUIAR, J. V.; **Aspectos econômicos da produção de melão submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio**. Irriga, Botucatu, v.12, n.3, p.364-376, 2007.
- SERAPIAO, ADRIANE; **Fundamentos de Otimização por Inteligência de Enxames. SBA Controle & Automação**, v.20, n.3, 2009.
- SHI Y., EBERHART R.C., 1998, **Empirical Study of Particle Swarm Optimization**. Congress of Evolutionary Computation, vol.3, 1945-1950.

VILLAS BOAS JUNIOR, M., 2011, **Diagnóstico de Classe utilizando Inteligência de Enxames Aplicado ao Problema de Identificação de Transientes Nucleares**. Dissertação de M. Sc., MPCOMP-UECE/IFCE, Ceara, CE, Brasil.

VAN DER HEIJDEN, Kitty; OTTO, Betsy; MADDOCKS, Andrew. **Beyond conflict, water stress contributed to Europe's migration crisis**. 2015. Disponível em: <https://www.wri.org/insights/beyond-conflict-water-stress-contributed-europes-migration-crisis>. Acesso em: 28 mar. 2022.

VDMA VERLAG. **Guideline Industrie 4.0r**. 2016. Disponível em: <https://www.vdma-verlag.com/home/artikel_72.html>. Acesso em: 28 mar 2022.



CAPÍTULO

02

NUTRIENT CYCLING BY CROTALARIA JUNCEA AND RATE OF GROWTH AND FORAGE PRODUCTION BY SUGARCANE RB867515

Mauro Wagner de Oliveira

Doctor of Science - Nuclear Energy in Agriculture

Institution: Universidade Federal de Alagoas, Campus of Engineering and Agrarian Sciences

Address: BR-104, Rio Largo - AL, ZIP: 57100-000

E-mail: maurowoliveira@gmail.com

Rajan Bhatt

PhD in Soil Sciences

Institution: Punjab Agricultural University (PAU)

Address: Amritsar-143601, Punjab, India

E-mail: rajansoils@pau.edu

Dalmo de Freitas Santos

PhD student in Agronomy, Plant Production

Institution: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Address: BR-104, Rio Largo - AL, ZIP: 57100-000

E-mail: dalmo.santos@ceca.ufal.br

Vitória Regina Viana dos Santos

Graduated in Zootechny

Institution: Universidade Federal de Alagoas, Campus of Engineering and Agrarian Sciences

Address: BR-104, Rio Largo - AL, ZIP: 57100-000

E-mail: vihfirmينو@gmail.com

Reinaldo de Alencar Paes

Doctor in Phytotechnics

Institution: Universidade Federal de Alagoas, Campus of Engineering and Agrarian Sciences

Address: BR-104, Rio Largo - AL, ZIP: 57100-000

E-mail: reinaldoapaes@yahoo.com.br

Glauber José de Castro Gava

Doctor of Science - Nuclear Energy in Agriculture

Institution: Instituto Agronômico de Campinas, Regional Action Center, Jaú Research and Development Unit

Address: Rodovia SP-304, Jaú-Bariri, Km 304, Jaú – SP

E-mail: glauber.castro@sp.gov.br

Gino Francisco de Lima Neto

Graduating in Agronomy

Institution: Universidade Federal de Alagoas, Campus of Engineering and Agrarian Sciences

Address: BR-104, Rio Largo - AL, ZIP: 57100-000

E-mail: gino.neto@ceca.ufal.br

ABSTRACT: In the present study, year and a half of sugarcane were evaluated the cycling of nutrients by crotalaria juncea, the nutritional status and the production of forage by the variety RB867515. In early spring, the soil was plowed, graded and subsoled, and then sown with crotalaria juncea. In February of the year following the sowing, crotalaria juncea was incorporated into the soil, furrowing the land for planting RB867515. Green fertilization with crotalaria juncea in the areas where RB867515 was implanted resulted in improvements in the physical, chemical and biological properties of the soil. The elements most recycled by crotalaria juncea were nitrogen and potassium, with average values of 319 and 245 kg per hectare, respectively. The RB867515 had nutrient levels in leaf +3 considered adequate. In the production system adopted, the RB867515 had high productivity, with the accumulation of fodder exceeding 160 t of natural material per hectare, around 50 t of dry matter per hectare.

KEYWORDS: production systems, forage, family farming, sustainability.

RESUMO: No presente estudo foram avaliadas, na cana-de-açúcar de ano e meio, a ciclagem de nutrientes pela crotalária juncea, o estado nutricional e a produção de forragem pela variedade RB867515. No início da primavera, o solo foi arado, gradeado e subsolado, semeando-se a seguir a crotalária juncea. Em fevereiro do ano subsequente a semeadura, a crotalária juncea foi incorporada ao solo, sulcando-se o terreno para o plantio da RB867515. A adubação verde com crotalária juncea nas áreas de implantação da RB867515 resultou em melhorias das propriedades física, químicas e biológicas do solo. Os elementos mais reciclados pela crotalária juncea foram o nitrogênio e o potássio, com valores médios de 319 e 245 kg por hectare, respectivamente. A RB867515 estava com teores de nutrientes na folha +3 considerados adequados. No sistema de produção adotado, a RB867515 teve alta produtividade, com acúmulo de forragem ultrapassando 160 t de matéria natural por hectare, cerca de 50 t de matéria seca por hectare.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas de produção, forragem, agricultura familiar, sustentabilidade.

1. INTRODUCTION

Sugarcane has been a forage plant widely used in the small farms of south-central Brazil for feeding dairy cows, mainly during the drier months of the year. In several cities in the center-south of Brazil, dairy farming is a major socio-economic activity, employing large numbers of people from different social classes, in addition to generating employment for the domestic workforce, and monthly revenue from the sale of milk and by-products. In order for the dairy activity on these farms to be economically viable, small producers have adopted techniques to increase the productivity of the land, labor, capital invested, dairy cows, and also implemented actions that contribute to the sustainability of the system and the environment, including the use of bovine waste and other forms of organic fertilization (OLIVEIRA et al., 2007; VALADARES FILHO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2021b;).

The most common way of using sugarcane in the feeding of dairy cows, in small farms, is daily cutting, with subsequent mincing and supplying to the animals. The movement to the sugar cane plantation, the daily cutting and transportation of the sugarcane to the place of mincing, usually done with an animal traction cart or cangalhas, as well as the distribution in the feeding troughs of the animals, demand a large amount of hours of human resources and these constitute, in isolation, the item of higher percentage of cost and physical wear of the farmers who use the sugarcane as forage (BORGES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2018a; OLIVEIRA et al., 2021b). Thus, it is necessary to adopt some practices in the installation and conduction of the sugarcane in order to have high productivity in the sugarcane-plant cycle and small decreases in the subsequent cuts. Among these practices are liming, gessage, green fertilization with *crotalaria juncea*, fertilization with bovine manure, adequate supply of nutrients, and the use of sugar cane variety with higher productive potential (RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2019).

In the studies evaluating the productive potential of sugarcane varieties, samples of dry matter accumulations have been carried out throughout the crop cycle, aiming to know in more detail the periods of greatest accumulation of dry matter, as well as the phase from which there is no further increase in the aerial biomass of sugarcane (OLIVEIRA et al., 2021a). Thus, the objective of the present study was to evaluate, in the year and a half of sugarcane, the cycling of nutrients by *crotalaria juncea* that preceded the planting of sugarcane, the nutritional status, the rates of

accumulation of dry matter and the production of forage by the variety RB867515, in an intensive system of production.

2. METHODOLOGY

The study was conducted on a family farm property located in the municipality of Mercês (Latitude 21°11'39"S and Longitude 43°20'29"W), Zona da Mata de Minas Gerais, Brazil (Figure 1). The climate of the study area is in accordance with the classification of Koppen, a tropical climate with rainfall during the summer and an average annual temperature of 18 °C, with variations between 24 °C (average of the maximum) and 13,8 °C (average of the minimum). The average annual rainfall is about 1,200 mm, with a water surplus from October to April. The relief varies from flat to gently wavy (OLIVEIRA et al., 2022). The soil used was classified as dystrophic Red Latosol, medium texture.

Figure 1 - Geographical location of the municipality of Mercês - MG, location of the study



Source: Author, 2023.

Sugarcane is a forage with high productive potential, very responsive to the improvement of the physical and chemical properties of the soil (OLIVEIRA et al., 2007; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; BORGES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021b). For this reason, soils from the growing areas were analyzed in August next spring, choosing an area of higher fertility and without exchangeable aluminum in the 0 to 20 cm layer. The results of the chemical analysis of the chosen area are presented in Table 1.

Table 1 - Chemical analysis of the soil in the layers from 0 to 20, and from 20 to 40 cm, in the area chosen for the study with sugarcane

Layer	pH in H ₂ O	P mg/dm ³	K mg/dm ³	Ca cmol _c /dm ³	Mg cmol _c /dm ³	Al cmol _c /dm ³	H + Al cmol _c /dm ³	SB cmol _c /dm ³	CTC (t) cmol _c /dm ³	CTC (T) cmol _c /dm ³	V %	m %
0 to 20 cm	5.0	9	38	1.1	0.3	0.90	5.03	1.5	2.4	6.53	22.94	37.54
20 to 40 cm	4.6	2	18	0.27	0.15	1.45	4.92	0.47	1.92	5.39	8.65	75.68

pH in water: ratio 1:2,5. Ca²⁺, Mg²⁺ and Al³⁺: KCl extractor 1 mol L⁻¹.

P and K: Mehlich extractor 1. H⁺ + Al³⁺: Calcium acetate extractor 0,5 mol L⁻¹, at pH 7,0.

Source: Author, 2023.

The crop that preceded the planting of the sugarcane a year and a half was *crotalaria juncea*, with the objective of increasing the organic matter content of the soil, cycling nutrients and improving the physico-chemical and biological properties of the soil. *Crotalaria juncea* is a plant with high productive potential, but demanding in soil fertility and very sensitive to aluminum toxicity (ERNANI et al., 2001; MEDA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2021c). In this way, the choice of a more fertile soil, without exchangeable aluminum in the layer of 0 to 20 cm, and with low saturation by aluminum in the layer of 20 to 40 cm, benefits both *crotalaria juncea*, and sugarcane.

Shortly after the first spring rains, the soil was plowed, graded and subsoled, and then sown the *crotalaria juncea*, spaced between grooves of 0.5 m. The sowing density will be 25 kg of seeds per hectare, which has resulted in a population density of about 500,000 plants per hectare. The seeds were not inoculated with rhizobium, since previous studies (CHADA & DE-POLLI, 1988; RIBEIRO JÚNIOR & RAMOS, 2006; OLIVEIRA et al., 2011b) found no inoculation effect on the accumulation of dry matter and nutrients. During the growth of *crotalaria juncea*, only the chemical control of leaf-cutting ants was carried out.

At the beginning of February of the year following the sowing of *crotalaria*, when the plants are in the stage of farinaceous grains, the accumulation of dry matter in the aerial part of this green fertilizer was evaluated. Eight systematic samples were carried out from a reference, the area of each sampling being 1,0 m² (2 m long by 0,5 m spacing). *Crotalaria juncea* was cut close to the ground and weighed. Sub-samples of the plants were passed in forage harvesters and dried in a forced ventilation oven at 65 °C to constant weight and again weighed. Subsamples of the dried plant material were ground and submitted to sulfuric and nitroperchloric digestions, following the method described by Malavolta et al. (1997) and Silva e Queiroz (2006). From the concentration values of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and

sulfur, and the accumulation of dry matter, the accumulation of nutrients in the dry matter of the upper part of *crotalaria juncea* was calculated.

After the sampling, *crotalaria juncea* was incorporated into the soil, and the terrain for the planting of sugarcane was later furrowed, in the spacing of 1.4 meters. At the bottom of the groove, only phosphate fertilizer was applied at a dose equivalent to 100 kg of P per hectare (229 kg of equivalent to P_2O_5), using the triple superphosphate with P source, as recommended by Oliveira et al. (2018a). Subsequently, the five-month old RB867515 seedlings were distributed. The stems (seedlings) were chopped inside the groove of planting in the size of two to three buds, and on them the insecticide Fipronil was applied. Weed control was with the herbicide Tebutiron (OLIVEIRA et al., 2019). In October, when the rainy season started again, potassium fertilizer was applied between the rows of the sugarcane at a dose of 200 kg of K per hectare, using potassium chloride.

The rates of accumulation of material in the aerial part of the RB867515 were carried out in five seasons: October and December of the year of planting, and February, April and July of the following year. In each season, five systematic samples were taken from a reference and the area of each sample was 2.8 m² (2 m long by 1.4 m spacing). The RB867515 was cut close to the ground and heavy. Sub-samples of the plants were passed in forage harvesters and dried in a forced ventilation oven at 65 °C to constant weight and again weighed.

In December, when sugarcane was in its maximum growth phase, the nutritional status of RB867515 was evaluated, following procedures described by Oliveira et al. (2007), Raji (2011) and Oliveira et al. (2018a). Five systematic samples of the leaves were carried out for chemical analyzes. In July, about a year and a half after planting, when the sugarcane was ripe, the production of forage was evaluated, the chemical and bromatological composition of the forage, the production of industrialized stems, following a method mentioned by Oliveira et al. (2019). Again, five samples of 2.8 m² each were carried out.

The chemical analyzes were carried out following the methods described by Malavolta et al. (1997); Silva & Queiroz (2006). For the cycling of nutrients by *crotalaria juncea* descriptive statistics (average, minimum and maximum) were used, while for the accumulation of dry matter was obtained equation relating the age of the plant with the accumulation of dry matter (FERREIRA, 2011).

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Initially, the results referring to the accumulation of dry matter and nutrients in *crotalaria juncea* will be presented, then the results referring to the nutritional status of the sugarcane, followed by the rates of accumulation of dry matter, and the production of forage by RB867515.

3.1 ACCUMULATION OF DRY MATTER AND NUTRIENTS IN THE AERIAL PART OF CROTALARIA JUNCEA

Crotalaria juncea had a high accumulation of dry matter in the upper part of the plants, with average, minimum and maximum values, respectively of 18.55; 17.10 and 19.70 t per hectare. In the soil and climatic conditions of this system of production, *crotalaria juncea* had very uniform growth, which resulted in a small coefficient of variation for the accumulation of dry matter: only 6.20%, evidencing small variability in the area of study.

Under conditions of good supply of water and nutrients in the soil, and in the absence of physical (dense or compacted layer) or chemical impediments (high levels of exchangeable aluminum or low levels of calcium and magnesium) and when sown in early spring, therefore, under long decreasing nights, *crotalaria juncea* is a plant that stands out among the legumes used for green fertilization. In a study also conducted in Mercês -MG, Oliveira et al. (2022) evaluated the accumulation of dry matter and nutrients by five plants covering the soil: *brachiaria brizantha*, *brachiaria ruziziensis*, *crotalaria juncea*, beans of pork and black mucuna. The soil in the study area had an average fertility in the layer of 0 to 20 cm, without exchangeable aluminum. In the 20-40 cm layer, base saturation was 47% and aluminum saturation (m%) was 6.01. Oliveira et al. (2022) report that *crotalaria juncea* was surpassed only by *brachiaria brizantha*. On average, the accumulation of dry matter in the upper part of the plants was 19.98 and 18.06 t per hectare, respectively, for *brachiaria brizantha* and *crotalaria juncea*.

In the present study, the accumulation of dry matter by *crotalaria juncea* was great, but there are reports in the literature of even greater productivity. In research conducted by Pereira et al. (2017), in Salto do Jacuí - RS, in a soil of medium texture and with good fertility, average accumulations of dry matter were observed in the aerial

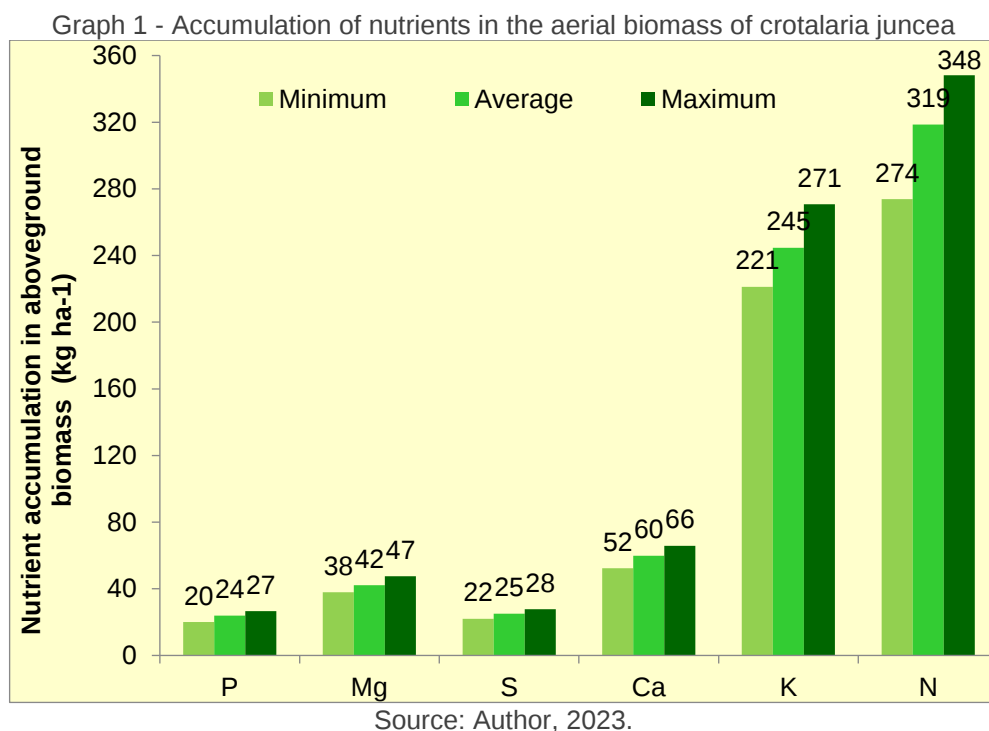
part of *crotalaria juncea*, of 22.71 t per hectare. In evaluations carried out in the northeastern region of Minas Gerais - Southern Bahia, in a year with a volume of rain close to 1,200 mm, and with a good distribution in spring-summer, high accumulations of dry matter were also reported by *crotalaria juncea*, sown at the beginning of spring. The average of seven plots, each plot of approximately three hectares, was 17.80 t of dry matter per hectare, however in two plots the accumulation of dry matter exceeded 20.0 t per hectare (OLIVEIRA, 2021a).

The high production of biomass by *crotalaria juncea* is dependent on several factors, and there is a great interaction between them, but generally speaking, the ones that influence most are: climatic conditions such as nictoperiod (night length), water availability, solar radiation, daytime and night temperatures; sowing season (spring or summer), cultural practices and soil fertility (LEAL, 2006; LIMA et al., 2010; PADOVAN et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2021a).

The deficiency of phosphorus and basic cations, associated with high levels of aluminum, has been detrimental to the growth of the root system and, consequently, of the whole plant (ERNANI et al., 2001; MEDA, 2003; OLIVEIRA et al., 2007). At micromolar concentrations, aluminum monomers and complexes present in the soil solution (Al^{+3} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ and $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$) can cause disturbances in plant physiology (OLIVEIRA et al., 2021c). Several studies have shown the harmful effects of aluminum on the availability of nutrients in the soil, on cellular expansion (root and aerial part), on nutrient absorption kinetics, on the peroxidation of lipids from the plasma membrane and endomembranes, on nutrient translocation, respiration and photosynthesis (ERNANI et al., 2001; MEDA, 2003; OLIVEIRA et al., 2021a).

Aluminum binds itself strongly and rapidly to the negative sites of the cell wall, interfering with the wall's capacity for ion exchange. Exposure to the ion induces calosis formation, interferes with polysaccharide deposition in the cell wall, and increases its rigidity by interaction with pectins. Al^{3+} also strongly interacts with the plasma membrane, altering its related functions and electrical potentials. There is interference of Al^{3+} in the absorption of water and essential elements to the cell, such as nitrogen, potassium, calcium, magnesium, phosphorus and sulfur. Analyzing the studies of several researchers, Oliveira et al. (2021c) state that *crotalaria juncea* is a plant with high productive potential, but very sensitive to aluminum and to low levels of phosphorus and basic cations in the solution, and that soil acidity should be corrected before cultivation, and where possible, cultivated in soil with higher nutrient availability.

Graph 1 shows the accumulations of nutrients in the biomass of the upper part of *crotalaria juncea*. The largest nutrient cycles were nitrogen and potassium, the elements absorbed in greater quantities by sugarcane (MELO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2007; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008). On average, the accumulations of N and K were 319 and 245 kg per hectare, respectively. The range of variation was 274 to 348 kg ha⁻¹ for N, while for potassium the minimum and maximum were 221 to 271 kg per hectare. For potassium it should be considered that there is only one cycling in the soil-plant system, but as the release of potassium from green fertilizers and other cultural remains is very fast (MALAVOLTA et al., 1997; PITTELKOW et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2018a), the cultivation of *crotalaria juncea* increases the availability of this nutrient in the most superficial layers of the soil.



The greater the production of dry matter by *crotalaria juncea*, the greater will be the improvement of the physical and chemical properties of the soil, including the capacity for water retention and nutrient availability, which will result in greater productivity of the sugarcane plant, compared, for example, to a fallow area (MASCARENHAS et al., 1994; OLIVEIRA et al., 2007; REDIN et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021b).

On the other hand, for nitrogen, the biological fixation of N₂ from the air is responsible for much of the accumulation of this nutrient in *crotalaria*. Oliveira et al.

(2021a) cite that for sowing from early October to early November, the accumulations of nitrogen in the biomass of the aerial part of *crotalaria juncea* oscillated around 300 kg per hectare, confirming the observations of Perin et al. (2004) and Duarte Júnior e Coelho (2008). Of the total nitrogen accumulated in the biomass of the aerial part of *crotalaria*, about 60% to 70% originated from the symbiotic associations of the roots of the legume with the N₂-fixing bacteria of the air, resulting in significant amounts of this nutrient being fed into the soil-plant system (PERIN et al., 2004; RIBEIRO JÚNIOR & RAMOS, 2006), thus contributing to greater sustainability of the subsequent culture (MASCARENHAS et al, 19994; LIMA et al., 2010; BARBOSA et al., 2020). For comparative purposes, ammonium sulfate, one of the most widely used nitrogenous fertilizers, is mentioned: in 100 kg of this fertilizer, 20 kg of N is obtained, so that to obtain 220 kg of N (recital 70% originating from N₂), 1,100 kg of ammonium sulfate, or 490 kg of urea, would be needed.

The average accumulation of phosphorus in the aerial biomass of *crotalaria juncea* ranged from 20 to 27.0 kg ha⁻¹, averaging 24 kg per hectare. Oliveira et al. (2021a) cites studies in which it was found that the use of legumes as green fertilizers and ground cover plants resulted in more efficient use of phosphate fertilizers and native soil phosphorus due to exudation of organic compounds, mainly the organic anions citrate, malate, succinate and fumarate, which can bind to aluminum, releasing phosphorus, or decrease the binding of phosphate anion to soil aluminum. Cycling of calcium, magnesium and sulfur were also high, with values of 52; 38 and 22 kg per hectare, close to those obtained by Duarte Júnior and Coelho (2008); Oliveira et al. (2011a); Lima et al. (2012) and Barbosa et al. (2020).

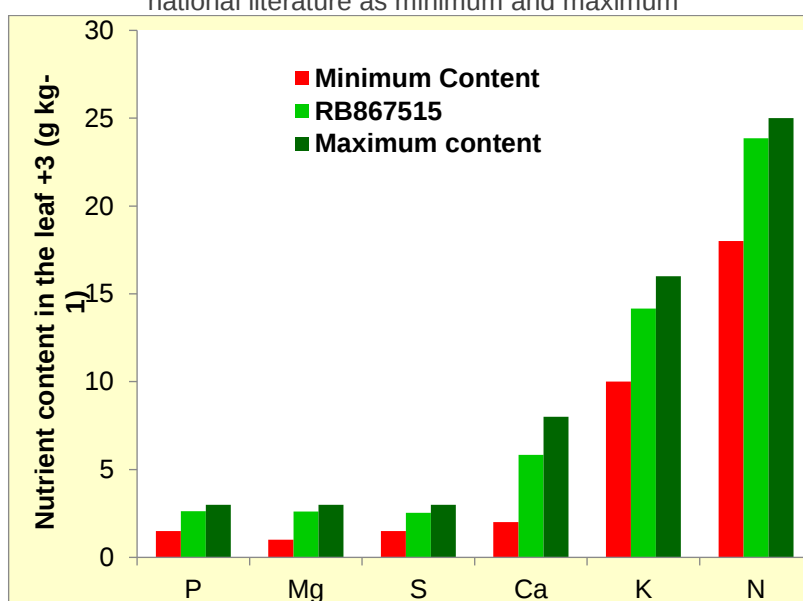
3.2 NUTRITIONAL STATUS OF SUGARCANE

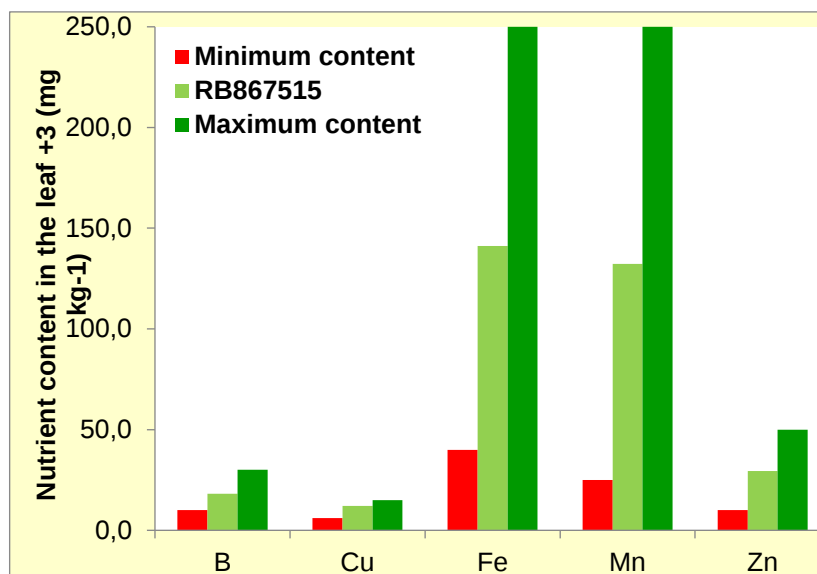
Graphs 2 and 3 show the average macro and micronutrient concentration values in the +3 leaf of sugarcane, compared to those used as a reference in the assessment of nutritional status (MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018a). For all the nutrients analyzed, the foliar concentrations are within the range considered adequate by Malavolta et al. (1997) Oliveira et al. (2007) and Raij (2011) For both macronutrients and micro, the coefficients of variation were below 10%, again showing little variability in the area where the study was conducted.

The choice of an area of better soil fertility, without exchangeable aluminum in the layer from 0 to 20 cm, and with good levels of basic cations, associated with the high cycling of nutrients by *crotalaria juncea*, and later to phosphate and potassium fertilization, may have contributed to this result. Thus, it can be inferred that there was a good supply of mineral elements for sugarcane. The development of the root system and the absorption of nutrients are influenced by many factors, but endogenous phosphorus availability significantly alters the absorption kinetics (RUFTY et al., 1990; OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2018a). In the absence of exchangeable aluminum and with adequate supply of P, increased absorption of nutrients from the soil solution occurs; there is greater translocation of nutrients from the roots to the aerial part, increasing the synthesis of amino acids, proteins and enzymes from the leaves of the sugar cane (RUFTY et al., 1990; OLIVEIRA et al., 2007).

In research conducted by Oliveira et al. (2021b), in the state of Minas Gerais, it was found that the increase in the dose of phosphate fertilization, applied in the groove of planting, had an effect on larger accumulations of N in the biomass of the aerial part of the sugarcane plant, and it was observed that, for each kilogram of P applied, there was an increase of about one kilogram of N in this biomass. These results are due to the effects of the alterations caused in the growth of the root system, in the absorption and metabolism of N, as mentioned by Rufty et al. (1990) Malavolta et al. (1997) and Oliveira et al. (2018a).

Graph 2 and 3 - Nutrient concentration in the middle third of leaf +3, of the sugar cane variety RB867515, in the area previously cultivated with *crotalaria juncea*, compared to the values cited in the national literature as minimum and maximum





Source: Author, 2023.

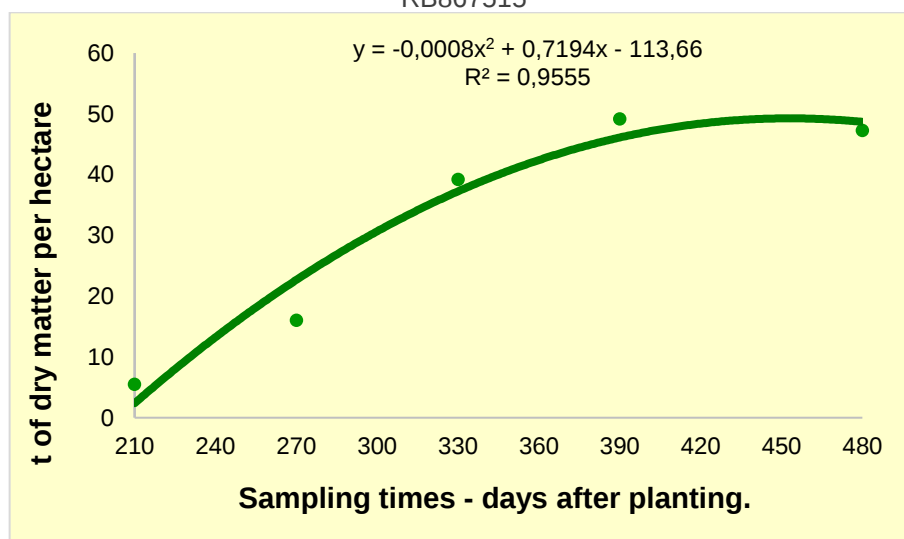
3.3 DRY MATTER ACCUMULATION, CROP GROWTH RATE AND FODDER PRODUCTION BY RB867515

Graph 4 shows the values of the accumulation of fodder, based on dry matter, in the period between sampling. The highest average dry matter accumulation value by RB867515 was observed in the sampling carried out at the end of April of the year following planting: 49.19 t per hectare. In the sampling carried out at the end of July, there was a small decrease in the accumulation of dry matter, around 2.0 t less than in April.

This small decrease in dry matter accumulation was caused mainly by detachment of dried leaves from the culm of RB867515. In April, the rainy season is ending, and there is a reduction in solar radiation, in the temperature and in the length of the day. This reduction in water, heat and light results in low photosynthetic levels, sometimes insufficient to maintain the basal metabolism of sugarcane, with the consumption of soluble carbohydrates, stored in the previous phases of development. On the other hand, this reduction in water, heat and light raises the concentration of sucrose in the culm of the sugarcane, but different from what is claimed by some authors, there is a reduction in the total mass of sugars of the sugarcane. For the sugar and alcohol industry, industrializing a sugarcane with a higher sucrose content is very advantageous, but for the cattle feed, the maturing of the sugarcane from May onwards, when there is no more measurable increase in dry matter in the aerial biomass, does not result in any gains in bromatological quality, because for the

ruminants, there is no influence of a reduction in the levels of glucose and fructose (reducing sugars) and an increase in the concentration of sucrose. In addition, the large amount of microbial invertase in the rumen rapidly degrades sucrose to glucose and fructose (Oliveira et al., 2021b).

Graph 4 - Fodder accumulation, based on dry matter, in the period from 210 to 480 days after planting RB867515



Source: Author, 2023.

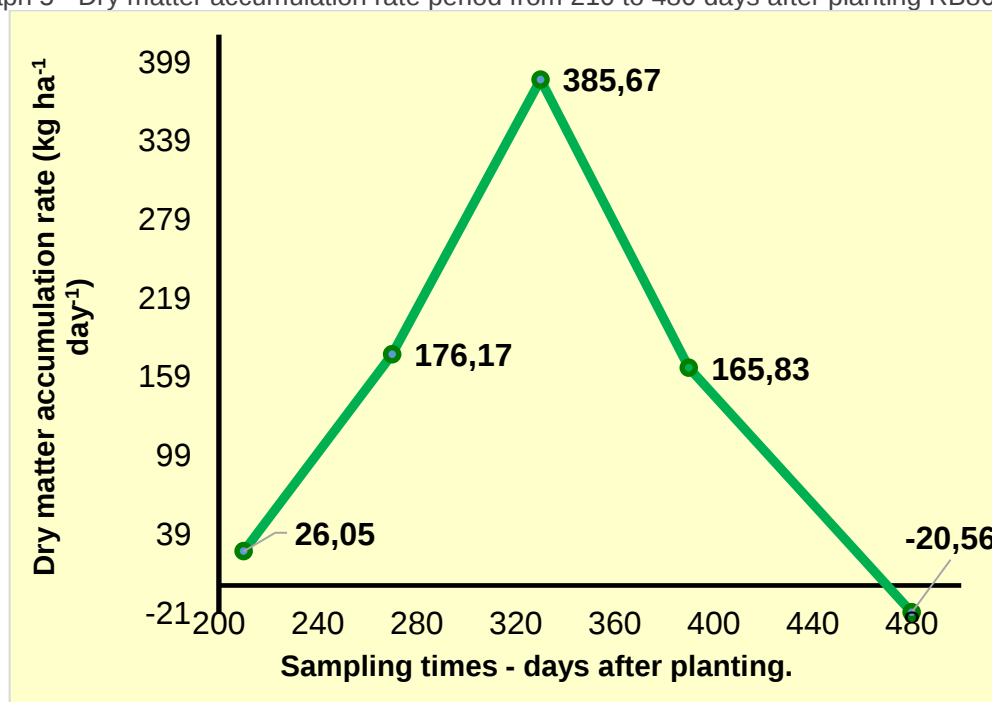
In the harvest in July of the year following planting, about 85% of the biomass of the aerial part of RB867515 was made of industrialized stems, so there was average production of industrialized stems of 134 t per hectare. The green fertilization with *crotalaria juncea* and the chemical phosphate and potassic fertilization, which adequately supplied the crop, as shown in the evaluation of the nutritional status of the plants, associated with the high productive potential of RB867515, resulted in this high productivity of forage, about 160 t of natural material per hectare. High productivity of forage by sugarcane, planted in areas previously cultivated with *crotalaria juncea*, are reported by Mascarenhas et al. (1994), Duarte Júnior and Coelho (2008), Oliveira et al. (2019), and Oliveira et al. (2021a), all with fodder productivity above 150 t per hectare.

In the present study the equation relating to sampling times, in days after planting, with dry matter accumulation was: $y = -0.0008x^2 + 0.7194x - 113.66$; with R^2 of 0.9555. Santana et al. (2023) in research conducted in Vicentina, Mato Grosso do Sul, they also observed high productivity of the sugarcane variety SP832847, with average accumulation close to 50 t of dry matter per hectare. In the assessments of

dry matter accumulation, depending on the sampling season, Santana et al. (2023) also report that growth and accumulation of dry matter by SP832847, can be well described by a quadratic equation, similar to the present study.

Graph 5 shows the values of the feed accumulation rate, based on dry matter, in the period between 210 and 480 days after planting RB867515. In the period prior to 210 days, the accumulation rate was small, because the sugarcane was still at the stage of germination, rooting and formation of the first leaves. Associated with these factors, as from April, there has been a reduction in water, heat and light, which results in low photosynthetic rates, sometimes insufficient for maintaining the basal metabolism of sugarcane, as mentioned above. At the beginning of spring, right after the first rains, the development of sugarcane began, having been obtained in the period from October to December, an average rate of 176.17 kg of dry matter per hectare.

Graph 5 - Dry matter accumulation rate period from 210 to 480 days after planting RB867515



Source: Author, 2023.

The highest average daily rate of dry matter accumulation by RB867515 was observed in the period from December to February: 385.67 kg per hectare. At this phenological stage, sugarcane had a maximum foliar area and there was no thermal, hydric or luminous restriction to plant development. In the following samples, there was a decrease in the rate of accumulation of dry matter by RB867515, influenced mainly by the thermal, water and light restriction. Oliveira et al. (2021b), in research with three

varieties of sugarcane, also observed a reduction in the rates of growth of the crop from May onwards, attributing this decrease to the thermal, water or luminous restrictions that occur in the region, starting in the autumn.

4. CONCLUSION

The green fertilization with *crotalaria juncea* in the area where the RB867515 was implanted resulted in a large accumulation of material, which after being incorporated into the soil, improved the physical, chemical and biological properties of the land. The elements most recycled by *crotalaria juncea* were nitrogen and potassium, with average values of 319 and 245 kg per hectare.

The RB867515 had nutrient levels in leaf +3 considered adequate. Green fertilization, phosphate fertilization, and potassium fertilization, associated with the absence of exchangeable aluminum and good availability of basic soil cations, must have been the main causes for the proper nutrition of sugar cane.

The productivity of RB867515 in the production system adopted was high, with the accumulation of fodder exceeding 160 t of natural material per hectare, about 50 t of dry matter per hectare. The implementation of the production system adopted in this study will result in more efficient use of land, capital and labor.

REFERENCES

- BARBOSA et al. Dry matter production and nitrogen, phosphorus and potassium uptake in *Crotalaria juncea* and *Crotalaria spectabilis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.50, e61011, 2020.
- BORGES, A.L.C. et al. O uso da cana-de-açúcar com ureia na alimentação de bovinos. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**. v.80., p.39-54. 2016.
- CHADA S.S, DE-POLLI, H. Nodulação de leguminosas tropicais promissoras para a adubação verde em solo deficiente em fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, p.1197-1202. 1988.
- DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.67, p. 723-732, 2008.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, m casa de vegetação. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p.897-904, 2001.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.
- LEAL, M. A. A. **Produção eficiência agronômica de compostos obtidos com a palhada de gramíneas e leguminosas para o cultivo de hortaliças orgânicas**. Tese – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2006. 113 p.
- LIMA, J. D. et al. Arranjo espacial, densidade e época de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n. 4, p. 531-540. 2010.
- LIMA, J. D. et al. Produção de biomassa e composição química de adubos verdes cultivados no vale do Ribeira. **Bioscience Journal**, v.28, n. 5, p. 709-717, 2012.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 211p.
- MASCARENHAS, H. A. A. et al. Efeito residual de leguminosa sobre rendimento físico e econômico da cana-planta, **Instituto Agronômico de Campinas**. Boletim Técnico n.32. Campinas, 1994. 15 p.
- MEDA, A. R. **Tolerância à toxidez do alumínio por leguminosas tropicais utilizadas em adubação verde**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2003. 109 p.
- MELLO, S. Q. S. et al. Parâmetros do valor nutritivo de nove variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.7, n.4, p.373-380, 2006.
- NUSSIO, L.G. et al. Cana-de-açúcar para a produção intensiva de leite a pasto. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**. v.57., p. 40-66. 2008.
- OLIVEIRA, M. W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 30- 43, 2007.

OLIVEIRA, M.W. et al. Taxa de crescimento, acúmulo de nutrientes e atividade alelopática da crotalária juncea. In: **III Simpósio Brasileiro de Agricultura Sustentável**. 2011. Viçosa. Anais do... III Simpósio Brasileiro de Agricultura Sustentável. 2011a. CD ROM.

OLIVEIRA, M.W. et al. Acúmulo de matéria seca de nitrogênio por crotalária juncea, crotalária spectabilis e feijão de porco, inoculados com rhizobium. In: **XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia**. 2011. Maceió. Anais do... XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia. 2011b. CD ROM.

OLIVEIRA M.W. et al. Mineral nutrition and fertilization of sugarcane. In: **Sugarcane – Technology and Research**. 1ed. Londres: INTECH – Open Science, 2018. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/sugarcane-technology-and-research/mineral-nutrition-and-fertilization-of-sugarcane>. 2018a.

OLIVEIRA, M. W. et al. Sugarcane Production Systems in Small Rural Properties. In: **Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture** 1ed. Londres: INTECH – Open Science, 2019. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/multifunctionality-and-impacts-of-organic-and-conventional-agriculture/sugarcane-production-systems-in-small-rural-properties>

OLIVEIRA M. W. et al. Adubação verde com crotalária juncea em áreas de implantação ou reforma de canaviais, em pequenas propriedades rurais. In: **Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**. v.2, 2021a. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/201102246.pdf>.

OLIVEIRA, M.W. et al. Produção de cana-de-açúcar para a alimentação de bovinos. Alimentos e alimentação animal. Guarujá – SP, **Editora Científica Digital**, cap.6, p. 82-114, 2021b.

OLIVEIRA, M. W. et al. Fertilidade do solo e acúmulo de nutrientes na crotalária juncea. **VI Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER**. Recife – PE. Anais do VI Congresso. 2021c.

OLIVEIRA, M. W. et al. Dry matter and nutrient cycling by soil cover plants in an intensive corn silage production system. **Research, Society and Development**, v.11, p. 1-15, 2022.

PADOVAN, M.P. et al. Dinâmica do acúmulo de massa e de nutrientes pela Crotalaria juncea para fins de adubação verde e o estágio adequado para seu manejo. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, n.4. p. 1-12., 2014.

PEREIRA, A. P. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p.799 – 807, 2017.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.39, p. 35-40, 2004.

PITTELKOW, F. K. et al. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Agrarian**, v.5, n.17, p.212 - 222, 2012.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

REDIN, M. et al. Plantas de cobertura de solo e a agricultura sustentável: espécies, matéria orgânica e ciclagem de carbono e nitrogênio. p 7-22. In TIECHER, T. et al. Org. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. 2016.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q, RAMOS M.L.G. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. IN: Cerrado: Adubação verde. CARVALHO, A. M; AMABILE, R., **EMBRAPA Cerrados**, p. 171-209, 2006.

RUFTY, T. W. et al. Phosphorus Stress Effects on Assimilation of Nitrate. **Plant Physiol.**, 94: 328-333, 1990.

SANTANA, R.S. et al. Dry matter accumulation and micronutrient uptake in sugarcane varieties. **Journal of Plant Nutrition**. doi.org/10.1080/01904167.2023.2205519. 2023.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV. 2006. p.235.

VALADARES FILHO, S. C. et al. **Otimização de dietas à base de cana-de-açúcar**. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, 6. Anais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p.121-182.



CAPÍTULO

03

NITROGENOUS FERTILIZER, SUGAR AND FODDER PRODUCTION BY RB867515, IN THE YEAR AND A HALF SUGARCANE-PLANT CYCLE

Mauro Wagner de Oliveira

Doctor of Science - Nuclear Energy in Agriculture
Institution: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Address: BR-104, Rio Largo - AL, ZIP: 57100-000
E-mail: maurowoliveira@gmail.com

Rajan Bhatt

PhD in Soil Sciences
Institution: Punjab Agricultural University (PAU)
Address: Amritsar-143601, Punjab, India
E-mail: rajansoils@pau.edu

Gino Francisco de Lima Neto

Graduating in Agronomy
Institution: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Address: BR-104, Rio Largo - AL, ZIP: 57100-000
E-mail: gino.neto@ceca.ufal.br

Dalmo de Freitas Santos

PhD student in Agronomy, Plant Production
Institution: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Address: BR-104, Rio Largo - AL, ZIP: 57100-000
E-mail: dalmo.santos@ceca.ufal.br

Reinaldo de Alencar Paes

Doctor in Phytotechnics
Institution: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Address: BR-104, Rio Largo - AL, ZIP: 57100-000
E-mail: reinaldoapaes@yahoo.com.br

Tulio Menezes Tenorio

Master in Agronomy, Plant Production
Institution: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Address: BR-104, Rio Largo - AL, ZIP: 57100-000
E-mail: tulio.tenorio17@gmail.com

Carlos Henrique de Castro Nogueira

PhD student in Agronomy (Agriculture)
Institution: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)
Address: Av. Universitária, 3780, Altos do Paraíso, Botucatu - SP,
ZIP/POSTAL CODE: 18610-034
E-mail: ch.nogueira@unesp.br

ABSTRACT: The effect of nitrogenous fertilization on the nutritional status of the plants, the quality of the broth, the production of forage and sugars was evaluated by RB867515, in the year and a half cycle of sugarcane-plant. In February 6.0 t of limestone and 6.0 t of plaster were applied, plowing, grating and subsoling afterwards. At the beginning of March, the soil was furrowed and the RB867515 planted. At the bottom of the groove, only phosphorus was applied, in a dose of 100 kg of P. In October, potassium fertilizer was applied in a single dose of 200 kg per hectare, and also nitrogenous fertilizer. Four doses of N were used: zero, 50, 100 and 150 kg per hectare. Treatments were arranged in casually shaped blocks, with 5 repetitions. In December, the nutritional status of RB867515 was assessed, and in July, the quality of the broth, the production of forage and sugars. Nitrogenous fertilization did not influence any of the variables analyzed. The alterations caused mainly in the absorption kinetics of the nitrate, by the endogenous availability of phosphorus, increasing the nutritional efficiency of the sugarcane, must have been one of the causes of the lack of response to nitrogenous fertilization. The RB867515 was well nourished and the production of fodder and industrialized stems was high, with average values of 154.75 and 130.53 t per hectare respectively. The quality of the broth was also very good, obtaining average values of 22.45% for Brix, broth purity of 88.27%, apparent sucrose of 19.78% and total sugars produced (ATR) of 22.16 t per hectare.

KEYWORDS: family farming, dairy farming, production system, sustainability.

RESUMO: Avaliou-se o efeito da adubação nitrogenada sobre o estado nutricional das plantas, qualidade do caldo, produção de forragem e de açúcares pela RB867515, no ciclo de cana-planta de ano e meio. Em fevereiro aplicaram-se 6,0 t de calcário e 6,0 t de gesso, arando, gradeando-se e subsolando-se a seguir. No início de março, sulcou-se o solo e plantou-se a RB867515. No fundo do sulco de plantio aplicou-se apenas fósforo, na dose de 100 kg de P. Em outubro, foi aplicado o adubo potássico em dose única de 200 kg por hectare, e também o adubo nitrogenado. Foram utilizadas quatro doses de N: zero, 50, 100 e 150 kg por hectare. Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com 5 repetições. Em dezembro avaliou-se o estado nutricional da RB867515, e em julho, a qualidade do caldo, a produção de forragem e de açúcares. A adubação nitrogenada não influenciou em nenhuma das variáveis analisadas. As alterações causadas principalmente na cinética de absorção do nitrato, pela disponibilidade endógena de fósforo, aumentando a eficiência nutricional da cana, deve ter sido uma das causas da ausência de resposta a adubação nitrogenada. A RB867515 estava bem nutrida e a produção de forragem e de colmos industrializáveis foi alta, sendo os valores médios respectivamente de 154,75 e 130,53 t por hectare. A qualidade do caldo também foi muito boa, obtendo-se valores médios de 22,45% para o Brix, pureza do caldo de 88,27%, sacarose aparente de 19,78% e total de açúcares produzidos (ATR) de 22,16 t por hectare.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura familiar, pecuária leiteira, sistema de produção, sustentabilidade.

1. INTRODUCTION

In Brazil, sugarcane has great socio-economic and environmental importance, since it employs a large number of people from different social classes in the various sugarcane regions of the country, mainly in inland cities. In addition, there is also a large environmental contribution of the crop to the mitigation of greenhouse gases (GHG), due to the high rate of fixation of atmospheric CO₂ by photosynthesis for an extended period of time, while also releasing oxygen into the air (OLIVEIRA *et al.*, 2007; BEZERRA *et al.*, 2017;

Sugar cane, because it produces a large quantity of mass, extracts and accumulates, consequently, a large quantity of nutrients from the soil. Oliveira *et al.* (2021b) reports that in evaluations carried out in several producing regions of Brazil, it was found that in the sugarcane-plant cycle, for a production of 120 tons of fodder per hectare, about 100 t of industrialized stems, the accumulation of nutrients in the aerial part of the plant was in the order of 150, 40, 180, 90, 50 and 40 kg of N, P, K, Ca, Mg and sulfur, respectively. Thus, nitrogen and potassium are the elements absorbed in the greatest quantity by the culture. Nitrogen is important in the nutrition and physiology of sugarcane, because, among other functions, it is a constituent of proteins and nucleic acids (MALAVOLTA *et al.*, 1997; MU & CHEN, 2021). The absorbed N increases the meristematic activity of the aerial part, resulting in greater leaf area index (FAT) and profiling of sugarcane. In addition, the N increases the longevity of the leaves. This increase in FAT increases the efficiency of the use of solar radiation, measured as the rate of fixation of carbon gas ($\mu\text{mole of CO}_2 / \text{m}^2 / \text{s}$), thus increasing the accumulation of dry matter and the productivity of the crop (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

It should be noted, however, that the low response of sugarcane to nitrogenous fertilization has been verified and the causes of this low response are not sufficiently clarified. In almost all studies related to nitrogenous fertilization in the sugarcane plant, the discussion of results without biochemical and plant physiology approaches has not contributed to the *clarification of the causes of this low response* (OLIVEIRA *et al.* 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

In view of the above, in the present study, the response of the RB867515 variety to nitrogen doses, applied in the sugarcane-plant cycle, was evaluated in the soil and climate environment of Mercês - MG, southeastern Brazil.

2. MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in the municipality of Mercês- MG, Zona da Mata de Minas Gerais, Brazil (Figure 1), having latitude of 21° 11' 39" south, longitude 43° 20' 30" west, altitude of 525 m. The climate of the study area is according to the classification of Koppen, Cwb - tropical altitude, with rainfall during the summer and average annual temperature of 18 °C, with variations between 24 °C (average of the maximum) and 13,8 °C (average of the minimum). The study was conducted in the year and a half cycle of sugarcane-plant. Rainfall during the study period was 1,312 mm, with approximately 90% of the precipitation occurring from October to April of the year following the planting of sugarcane. The relief of the area varies from flat to gently wavy.

Figure 1 - Location of the municipality of Mercês - MG.



Source: Author, 2024.

The soil used was classified as dystrophic Red Latossolo Yellow, of medium texture, and preceding the implementation of the present study area was a pasture of *brachiaria decumbens*. In January, glyphosate was applied to the pasture area for the implementation of the study. Fifteen days after applying the herbicide, soil samples were collected in the layers from 0 to 20 cm and from 20 to 40 cm (Table 1) to evaluate the need for applying limestone and gypsum. The organic matter content of the soil, in the layer from 0 to 20 depth, was 35 g kg⁻¹, considered average. The soil was analyzed following procedures described by De Felippo and Ribeiro (1997).

Based on the results of the soil analysis and following the recommendations of Kaminisk *et al.* (2002), Oliveira *et al.* (2007), Raji (2008) and Oliveira *et al.* (2018a), 6.0 t of dolomitic limestone and 6.0 t of agricultural plaster were applied to raise base

saturation to 60% in the arable layer and reduce subsurface aluminum saturation. Then the ground was plowed and graded.

In March, one month after the first gradation, a new gradagem of the land was carried out, and afterwards, the land was subsoled and furcaded for the planting of the sugarcane. The study was conducted in experimental design in casualized blocks with five repetitions, using the variety RB867515, of high productive potential (OLIVEIRA *et al.*, 2018b; OLIVEIRA *et al.*, 2019). The treatments were four doses of N: zero (witness), 50, 100, 150 kg ha⁻¹, using urea as a source of N. The plots were made up of five furrows of five meters in length, spaced 1.4 meters apart. At the bottom of the groove of all parcels, only the phosphate fertilizer was applied, at a dose of 100 kg of phosphorus (229 kg equivalent in P₂O₅) per hectare, using simple superphosphate as a source of P, followed by the recommendation of Oliveira *et al.* (2007) and de Oliveira *et al.* (2018a).

Table 1 - Chemical analysis of the soil in the layers from 0 to 20, and from 20 to 40 cm, of the implantation area of the nitrogenous fertilization study in the variety RB867515, in the sugarcane-plant cycle.

Layer	pH in H ₂ O	P .- mg/dm ³ -.	K .- mg/dm ³ -.	Ca .- mg/dm ³ -.	Mg .- mg/dm ³ -.	Al .- mg/dm ³ -.	H + Al .- mg/dm ³ -.	SB .- mg/dm ³ -.	CTC (t) .- mg/dm ³ -.	CTC (T) .- mg/dm ³ -.	V .- % -.	m .- % -.
0 to 20 cm	5.0	9	38	1.1	0.3	0.90	5.03	1.5	2.4	6.53	22.94	37.54
20 to 40 cm	4.6	2	18	0.27	0.15	1.45	4.92	0.47	1.92	5.39	8.65	75.68

pH in water: ratio 1:2,5. Ca²⁺, Mg²⁺ and Al³⁺: extractor KCl 1 mol L⁻¹.

P and K: Mehlich extractor 1. H⁺ + Al³⁺: Calcium acetate extractor 0,5 mol L⁻¹, at pH 7,0.

Source: Author, 2024.

After phosphate fertilization, the RB867515 was planted, using six-month old seedlings, with excellent vigor and sanity. The seedlings were distributed in the groove and chopped in toletes of two to three gems, and were later covered with earth, in a thickness of five to six cm, following the recommendation of Oliveira *et al.* (2021b). After planting the sugarcane, the herbicide Sencor (Metribuzin) was applied in the dose of 4.0 L of the commercial product per hectare (OLIVEIRA *et al.*, 2019). At the beginning of October, right after the first spring rains, nitrogenous and potassic fertilizers were carried out. Potassium was applied in a single dose of 200 kg per hectare, using KCl as a source of potassium. Urea was the source of nitrogen, burying this fertilizer between the lines of the sugarcane, to avoid possible loss of nitrogen by volatilization of ammonia (OLIVEIRA *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2018a)

In December, when the plants were in the phase of maximum growth, leaves + 3 were collected, to assess the nutritional status of the plants, following methods

described by Malavolta *et al.* (1997), Raij (2011) and Oliveira *et al.* (2018a). Sampling was carried out on the three central grooves of the plot. The middle third of the leaf limbus, excluding the central rib, was analyzed for N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn. Nitrogen levels were obtained by the Kjeldahl method, phosphorus and boron by spectrophotometry, and potassium by flame photometry. Calcium, magnesium, copper, manganese, zinc and iron were determined by atomic absorption spectrophotometry, and sulfur by turbidimetry (MALAVOLTA *et al.*, 1997; SILVA, QUEIROZ, 2006).

In July of the year following planting, when the RB867515 was ripe, the sugarcane plant was cut for the assessment of the forage production, and sampled again in the three central lines of the plot. The cane was cut close to the ground, weighed and a sub-sample of the whole part of the air was passed in forage picadeira, and dried at 65 °C in a forced ventilation oven until constant mass, to determine the forage production, expressed in tons of dry matter per hectare (OLIVEIRA *et al.*, 2018b).

Of the plants previously cut for the evaluation of fodder production, 10 medium plants were selected. These plants were weighed, stripped and shaved, thus obtaining the industrializable stems. These industrializable stems were weighed, and dividing the mass of the ten industrializable stems by the mass of the ten medium plants, the index of harvest was obtained. Then the industrializable stems were passed in forage chipping, homogenized and a 500-gram sub-sample was pressed to 250 kgf cm⁻² for one minute (FERNANDES, 2000). The resulting broth determined the levels of soluble solids ('Brix'), apparent sucrose ('POL'), purity of broth ('Purity'), apparent sucrose content in the stems ('PCC'), Total Recoverable Sugars ('RTA') in kg per ton of stems. Productivity of industrialized stems (TCH) was obtained by multiplying the production of forage (natural material) by the harvest index. The productivity of Total Recoverable Sugars, in t per hectare, was obtained by multiplying the TCH by the Total Recoverable Sugars ('RTA'), in kg per ton of industrialized stems. The results obtained were submitted to variance analysis, using the SISVAR statistical program (FERREIRA, 2011).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Initially the results referring to the nutritional status of RB867515 will be discussed, and later those related to the production of forage and the quality of the

broth. Table 2 shows the values of the average squares for the concentration of macro and micronutrients in the middle third of leaf +3 of sugarcane, used as a reference in the assessment of nutritional status.

3.1 PLANT NUTRITIONAL STATUS

There was no effect of nitrogenous fertilization on the foliar levels of the nutrients, and for all the elements analyzed the foliar concentrations were within the range considered adequate by Malavolta *et al.* (1997), Raij (2011) and Oliveira *et al.* (2018a). The absence of effect of nitrogenous fertilization on the leaf contents of macros and micronutrients was not due to the experimental variability, since for all the variables analyzed the coefficient of variation was less than 10% (Table 2).

Table 2 - Mean squares of the variance analyzes, mean, minimum and maximum values, and coefficient of variation (C.V.) of the levels of nitrogen (N); phosphorus (P); potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), boron (B), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn) in the middle third of the +3 leaf of the RB867515, fertilized with nitrogen, in the year and a half sugarcane-plant cycle.

Variation Source	GL	----- Medium squares -----					
		N	P	K	Ca	Mg	S
N dose	3.	2.394 ^{ns}	0.027 ^{ns}	0.333 ^{ns}	0.0264 ^{ns}	0.0085 ^{ns}	0.0122 ^{ns}
Block	4.	2.5725	0.0787	0.8000	0.1106	0.0612	0.0266
Residue	12	4.4151	0.0440	1.8331	0.1244	0.0474	0.0455
Mean value (g kg ⁻¹)		22.98	2.27	13.70	4.34	2.44	2.37
Minimum value (g kg ⁻¹)		19.36	1.94	12.00	3.87	2.05	2.08
Maximum value (g kg ⁻¹)		24.97	2.67	15.00	5.	2.75	2.68
C.V. (%)		9.14	9.23	9.88	8.12	8.81	9.00

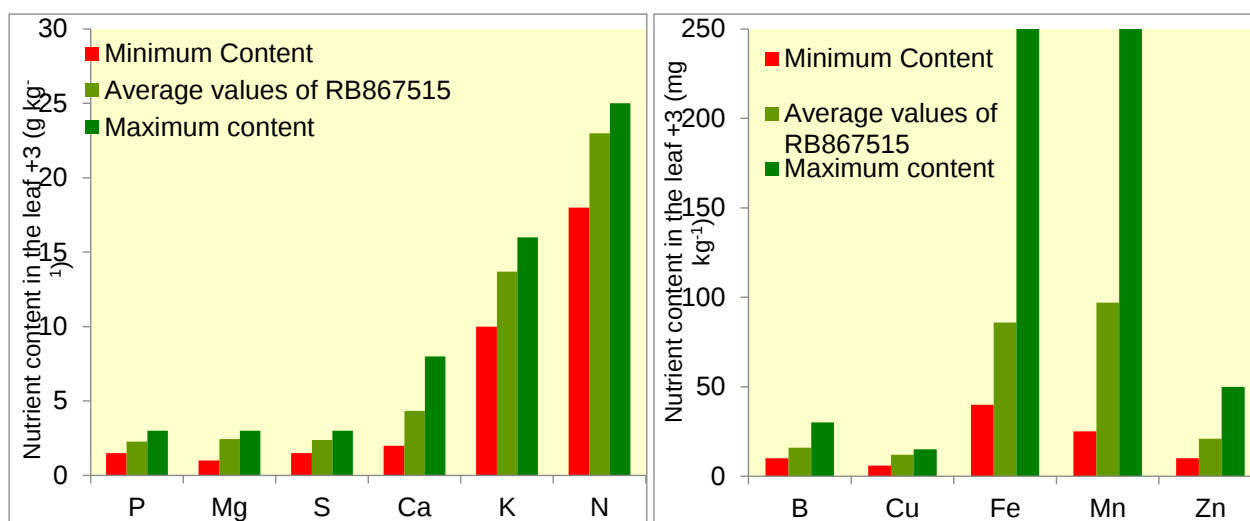
Variation Source	GL	----- Medium squares -----				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
N dose	3.	0.4500 ^{ns}	5.5333 ^{ns}	12.866 ^{ns}	31.862 ^{ns}	0.5833 ^{ns}
Block	4.	6.675	0.575	101.378	327.642	6.708
Residue	12	1.5750	2.0752	52.2437	28.6584	3.8337
Mean value (g kg ⁻¹)		15.55	11.90	85.50	97.03	20.65
Minimum value (g kg ⁻¹)		13.0	9.0	75.0	83.0	18.0
Maximum value (g kg ⁻¹)		18.0	14.0	98.0	113.0	24.0
C.V. (%)		8.07	9.96	8.45	5.52	9.48

^{ns} not significant by F-test at 5% probability.
Source: Author, 2024.

For comparative purposes, figure 2 shows the average values of the nutrient concentration in the middle third of the leaf +3 of sugarcane, with those considered as minimum and maximum by Malavolta *et al.* (1997), Raij (2011) and Oliveira *et al.* (2018a). Correction of the soil with dolomitic limestone, application of gypsum,

phosphate fertilization using simple superphosphate, which contains micronutrients as impurities, and potassium fertilization, must have contributed to the RB867515 presenting adequate levels of nutrients in the leaves. Oliveira *et al.* (2023), in studies also conducted in Mercês - MG, report leaf levels of nutrients in RB867515 similar to those obtained in this study.

Figure 2 - Mean values of nutrient concentration in the middle third of leaf +3 of RB867515, compared to those cited in the Brazilian literature as minima and maxima.



Source: Author, 2024.

Probably, the lack of response to nitrogenous fertilization is due to the mineralization of the soil organic matter and the increased nutritional efficiency of the root system of sugarcane plant (OLIVEIRA *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2018a). Mineralization of soil organic matter is stimulated by the application of limestone and gypsum in sufficient quantity to neutralize exchangeable aluminum and raise base saturation to approximately 60% (SILVA *et al.*, 1994; OLIVEIRA *et al.*, 2018a). Silva *et al.* (1994), assessed the influence of liming and phosphate fertilizing on nitrogen and sulfur mineralization in seven soils, with wide variability in chemical and physical characteristics. These authors found higher levels of N mineralized in the soils that received limestone. The effect of liming on the increase in mineralized N quantities has been associated with an increase in pH values and exchangeable cation contents, and the simultaneous decrease in toxic Al, resulting in increased activity of mineralizing organisms. In this study (SILVA *et al.*, 1994), it was also found that liming increased the availability of nitrate, the highest levels of nitric N being observed in conditions of pH close to neutrality, or in treatments where toxic Al was eliminated and calcium levels increased in the soil.

According to Silva *et al.* (1994), the highest rates of N mineralized in soils with liming may be associated with increased degradation of phenolic compounds inhibiting the decomposition of organic matter, as observed by Marschner and Wilczynski (1991) in soils of pine forests in Germany. Higher presence of calcium-bound organic fractions in the corrected soils, compared to these same aluminum-bound molecules, may also result in greater decomposition of organic matter and therefore in greater mineralization of the native N of the soil (MENDONÇA; ROWELL, 1994).

For Oliveira *et al.* (2018a), in Brazil, for decades, the low response of sugarcane plants to nitrogenous fertilization to the biological fixation of nitrogen in the air by diazotrophic bacteria that colonize sugarcane roots has been attributed, without proper scientific justification. However, in studies conducted in Brazil by Cantarella *et al.* (2014) and Gava *et al.* (2019) by Biggs *et al.* (2002) in Australia and by Hhoefsloot *et al.* (2005) in South Africa, no positive impact of inoculation with diazotrophic bacteria was found. So, these researchers concluded that N inputs via biological fixation may be insignificant for the nitrogenous nutrition of sugarcane, agreeing with the statements of Oliveira *et al.* (2007) and de Oliveira *et al.* (2018a), for which the low response of sugarcane to nitrogenous fertilization is not due to the biological fixation of nitrogen from the air by diazotrophic bacteria.

According to Oliveira *et al.* (2007) and de Oliveira *et al.* (2018a) the absence of a sugarcane-plant response to nitrogenous fertilization is due to the mineralization of the soil organic matter and to the greater nutritional efficiency of the root system of sugarcane-plant, compared to reshoots. Regarding the mineralization of soil organic matter, Oliveira *et al.* (2018a) cites studies conducted in coastal trays in Pernambuco, northeastern Brazil, by Salcedo *et al.* (1985) to reinforce that claim. Salcedo and colleagues quantified the mineralization of carbon and nitrogen in a red-yellow, latosol-sandy Podzolic throughout the sugarcane-plant cycle, sampling the soil before planting and, at 3, 6, 11 and 16 months after planting, at depths of 0 to 20; 20 to 40 and 40 to 60 cm. The total carbon content was 6.7, 4.1 and 3.4 g kg⁻¹, while for total N values were 0.7, 0.4 and 0.3 g kg⁻¹. It was found that the estimated quantities of potentially mineralizable N were 139 and 132 kg per hectare, for depths 0 to 20 and 20 to 60 cm respectively, with a mineralization constant of 0.074 per week. Salcedo *et al.* (1985) also cite that, although the soil studied is considered to be of low fertility, the results obtained suggest that the quantities of mineralized organic N would be sufficient to satisfy the needs of the sugarcane plant.

In the sugarcane-plant cycle, due to recent calaging and phosphate fertilization, the availability of magnesium and phosphorus in the soil is high. Nitrogen absorption and metabolism are strongly influenced by endogenous magnesium and phosphorus availability (RUFTY *et al.*, 1990; OLIVEIRA *et al.*, 2007; NETO-*et al.*, 2013; OLIVEIRA, *et al.*, 2018a). In plants with an adequate supply of P, there is an increase in the absorption of nitrate from the soil solution; there is a greater translocation of nitrate from the roots to the air, increasing the synthesis of amino acids and proteins in the leaves and roots (RUFTY *et al.*, 1990; OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Magnesium provided by liming also has a positive effect on the efficiency of phosphate fertilization, both by decreasing the adsorption of phosphorus by the soil and by increasing the efficiency of phosphorus absorption by the roots (OLIVEIRA *et al.*, 2018a). Neto *et al.* (2013) evaluated the phosphorus absorption kinetics in coffee at two concentrations of Mg in the nutrient solution: 0.02 and 2.00 mmol L⁻¹. With 2.00 mmol Mg, P was absorbed in 120 hours and reached a trough concentration (C_{min}) of 1.63 µmol, while C_{min} was not reached at 0.02 mg mmol even after 192 hours, as there were still 23.26 µmol P in the solution. The maximum inflow rate (I_{max}) for phosphorus uptake increased by 7.5, while the Michaelis-Menten constant (K_m) decreased 1.8-fold at the concentration of 2.00 mmol Mg, respectively.

The activity of H⁺-ATPase is greatly influenced by the concentration of Mg²⁺ within the cytoplasm. Oliveira *et al.* (2023) report studies in which it was found that the toxicity of aluminum in the nutrient solution, in the absence of Mg²⁺, inhibited H⁺-ATPase by 37%, however, the addition of Mg²⁺ to the nutrient solution, at a concentration of only 10 micromolar, restored the activity of the plasma membrane H⁺-ATPase, without any change in the activity of Al³⁺-ATPase in the nutritive solution.

In studies conducted in sugarcane regions of the state of Minas Gerais, Oliveira *et al.* (2007) cite research results in which it was found that the increase in the dose of phosphate fertilization, applied in the groove, had an effect on the accumulation of N in the biomass of the aerial part of the sugarcane plant, and it was observed that, for each kilogram of P applied, there was an increase of about one kilogram of N in this biomass. These results are a result of the greater growth of the root system of sugarcane, and of the effects of the alterations caused in the absorption and metabolism of N, as mentioned by Rufty *et al.* (1990), Neto *et al.* (2013) and Oliveira *et al.* (2018a).

In a review conducted by Mu and Chen (2021), the physiological responses of plants to deficiency or, to the adequate supply of nitrogen, were addressed. According to Mu and Chen (2021), one of the reasons why nitrogen is one of the important elements for plant growth is because this nutrient is a constituent of amino acids, proteins, cell walls of cells, membranes and nucleic acids. When the supply of N is not adequate there is a reduction in the leaf area, and the leaf longevity is lower due to faster foliar senescence, resulting in lower absorption of sunlight by chlorophylls, with reduced photolysis of the water molecule, negatively affecting the production of ATP in the leaves, leading to lower activity of PEPcarboxylase and RUBISCO, consequently lower fixation of atmospheric CO₂, culminating in lower crop productivity (OLIVEIRA *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2023)

For sugarcane, Oliveira *et al.* (2018a) report that absorbed N increased meristematic activity of the aerial part, resulting in higher leaf area index (FAT) and profiling of sugarcane. In addition, the N also increased the longevity of the leaves. This increase in FAT raised the efficiency of the use of solar radiation, measured as the rate of fixation of carbon gas ($\mu\text{mole of CO}_2/\text{m}_2/\text{s}$), thus increasing the accumulation of dry matter, and the production of industrializable stems and sugars.

3.2 DRY MATTER ACCUMULATION, BROTH QUALITY AND SUGAR PRODUCTION

Nitrogenous fertilization in the sugarcane plant, in the doses used, also did not influence the accumulation of dry matter in the upper part of the plants, in the production of industrialized stems, in the quality of the broth, and in the production of sugars. Table 3 shows the mean squares of the variance analyzes for the production of fodder, based on both natural and dry matter, the harvest index, the production of industrialized stems, the content of soluble solids (Brix) and apparent sucrose in cane juice (POL), the purity of the broth, reducing sugars in the broth, the fiber of the industrialized stems, the apparent sucrose in the industrialized stems, the total of recoverable sugars, in kg per t of industrialized stems, and the production of sugars in t per hectare.

Again, like the nutritional status, the absence of response to nitrogenous fertilization was not due to experimental variability, since the coefficients of variation for all the variables analyzed were less than 10% (Table 3). Oliveira *et al.* (2023) reports interactive effects of liming, gassing and phosphate fertilizing on the mineralization of soil organic matter, citing further studies by Rufty *et al.* (1990), Raij

(2011) and Oliveira *et al.* (2018b) that also observed positive effects of liming, gassing and phosphate fertilizing on nitrogen uptake and nitrate uptake by plants. Raji (2011a) cites studies with sorghum in which interactive effects between liming and gassing, with nitrogen absorption, were observed. These effects are due to the further development of the root system, mineralization of soil organic matter, and the change in soil nitrate absorption kinetics and nitrogen metabolism. Ruffy *et al.* (1990) observed a very marked reduction in the absorption and assimilation of nitrate in smoke plants when transferred to a phosphorus-free nutrient solution.

In the studies carried out by Magalhães (1996), he also found an enormous influence of the availability of P, both of the nutritive and endogenous solution, on the absorption and metabolism of N by corn. Well supplied plants of phosphorus before and during the kinetic study showed practically constant nitrate absorption during the experiment. However, plants that were deprived of this element before and during the experimental phase were unable to absorb the nitrate from the solution. It is believed that sugarcane plant, because it has a greater supply of P, exhibits behavior similar to that seen in the plants of tobacco and corn when well supplied with phosphorus (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

Table 3 - Mean squares of variance analyzes for fodder production, both based on natural matter (MN Ac.) and dry matter (MS Ac.), harvest index (I.C.), production of industrializable stems (TCH), content of soluble solids (Brix), apparent sucrose content in cane juice (Pol), purity of broth (Purity), reducing sugars in broth (Red Ac.), fiber of industrializable stems (Fiber), apparent sucrose in industrializable stems (Col. Sac.), total recoverable sugars, in kg per t of industrialized stems (ATR 1), and the production of sugars in t per hectare (ATR 2) by RB867515, fertilized with nitrogen, in the year and a half sugarcane-plant cycle.

Variation Source	GL	----- Medium squares -----					
		MN Ac.	MS Ac.	I. C.	TCH	Brix	Pol
N dose	3.	^{ns} 48.5833	2.807 ^{ns}	0.00045 ^{ns}	45.693 ^{ns}	0.688 ^{ns}	^{ns} 0.0881
Block	4.	134.125	25.206	0.0077	74.1666	0.468	0.299
Residue	12	164.291	18.890	0.0042	138.787	0.249	0.0794
Average value		154 t ha ⁻¹	49.3 t ha ⁻¹	0.84	131 t ha ⁻¹	22.45%	19.78%
Minimum value		132 t ha ⁻¹	40.6 t ha ⁻¹	0.81	112 t ha ⁻¹	20.91%	18.75%
Maximum value		172 t ha ⁻¹	56.8 t ha ⁻¹	0.88	150 t ha ⁻¹	23.62%	20.30%
C.V. (%)		8.28	8.81	2.43	9.02	2.23	1.42
Variation Source	GL	----- Medium squares -----					
		Purity	Red. Ac.	Fiber	Col. Sac.	ATR 1	ATR 2
N dose	3.	5.287 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.033 ^{ns}	0.052 ^{ns}	7.808 ^{ns}	1.714 ^{ns}
Block	4.	5.228	0.006	0.074	0.298	25.056	0.806
Residue	12	4.859	0.005	0.057	0.061	4.717	4.357
Average value		88.27%	0.61%	12.06%	17.24%	170 kg t ⁻¹	22.16 t ha ⁻¹
Minimum value		84.87%	0.49%	11.57%	16.25%	161 kg t ⁻¹	19.20 t ha ⁻¹
Maximum value		91.91%	0.73%	12.66%	17.67%	174 kg t ⁻¹	25.75 t ha ⁻¹
C.V. (%)		2.	7.08	1.88	1.44	1.28	9.42

^{ns} not significant by F-test at 5% probability.

Source: Author, 2024.

In research carried out in the Passos region, in the south of Minas Gerais, it was found that the increase in the dose of P, applied in the groove of planting, had an impact on larger accumulations of N in the biomass of the aerial part of the sugarcane plant, since for each kilogram of P applied there was an increase of about one kilogram of N in this biomass (OLIVEIRA *et al.*, 2007). These results are probably the effects of the changes caused in the absorption and metabolism of N, as observed by Rufty *et al.* (1990) and Magalhães (1996), and discussed previously.

Studies conducted by Bastos *et al.* (2017) also showed that sugarcane does not respond to nitrogenous fertilization. These authors evaluated the productivity of the stems and the recovery of N-urea by the sugarcane plant submitted to different levels of water replacement in the soil, associated with the doses of nitrogenous fertilization. To further refine the information, the authors used the ^{15}N isotopic dilution technique. The experiment was conducted in the southwestern region of the state of Goiás, using plastic vessels. The experimental design was in complete casualized blocks, in subdivided parcels, with three repetitions. Treatments consisted of three levels of water replacement (75, 50 and 25%) and three doses of N (60, 120 and 180 kg ha⁻¹) in the form of ^{15}N enriched urea. Doses of N did not affect the yield of the stems and 91.14% of all N accumulated in the stems came from soil and other sources. Rainfall (1,194.2 mm) was sufficient to meet the crop's water needs. The recovery of N-urea was not influenced by the N doses and represented on average 20.5% of the total applied. Soil and other sources were the main suppliers of N for sugarcane plants, regardless of the N mineral dose applied.

In a study of nitrogenous fertilization in three varieties of sugarcane, in a nursery of seedlings, carried out in the Mercês region - MG, by Oliveira *et al.* (2018b), there was no effect of variety or nitrogenous fertilization on the nutritional status of plants. The plants had an adequate supply for all nutrients, taking as a reference the foliar concentrations of the elements cited by Malavolta *et al.* (1997); Oliveira *et al.* (2007) and Raji (2011a). The average productivity of the nursery was 65 t of saplings per hectare. The coefficients of variation for the foliar levels of nutrients and also for the production of seedlings were lower than 10.0%, so the absence of varietal effect or nitrogenous fertilization was not due to the experimental variability. Oliveira *et al.* (2018b) attributed the lack of response to nitrogenous fertilization to the nutritional status of plants and to the production of seedlings, to the mineralization of soil organic matter and to the increased nutritional efficiency of the root system of sugarcane

plants. Probably, this occurred as a consequence of the application of doomytic limestone and plaster in a quantity sufficient to neutralize the exchangeable aluminum, as well as of the dose of simple superphosphate (1,250 kg per hectare) applied at the bottom of the groove for planting.

As mentioned in table 3, the average forage productivity for RB867515 was high, 154 t of natural matter or 49 t of dry matter per hectare. Even greater productivity of the RB867515 was reported by Magalhães *et al.* (2018), in a study conducted in Paranaíba - Piauí: 243 t of fodder per hectare. The variety RB867515 is very productive, with adaptation to different soil and climate environments and very responsive to improvement of the soil's physico-chemical properties. There is a strong dynamism of varieties of sugarcane as to the areas of planting and growing (reshoots), however, the variety RB867515 occupied the largest area cultivated (15.7%), according to a survey carried out by Braga Júnior *et al.* (2023), in the varietal census of the Instituto Agronômico de Campinas, in the 2021/22 crop, in the main producing regions of Brazil, where information was collected from 268 production units, responsible for 6.7 million hectares surveyed, which represented 73% of the total cultivated in Brazil.

In the Center-South region, which comprises 90% of the area cultivated with sugarcane in Brazil, the varieties most used in recent years were RB867515 (16.2%), RB966928 (14.0%), CTC4 (13.1%) and CTC9001 (5.7%), while in the North-Northeast region, which represents about 10% of the national production, the most planted varieties were RB9257999999 1.8%), RB867515 (11.4%), SP79-1011 (6.0%) and VAT90-212 (5.4%). Also according to Braga Júnior *et al.* (2023), in the last 10 years the area cultivated with RB867515 was 20.47% of the total cultivated in Brazil.

In a long-term study, the sugarcane plant is the fourth reshoot, also conducted in the soil and climatic environment of Mercês -MG, Oliveira *et al.* (2023) report that the average forage production for RB867515 in the five cuts was 117 t of natural material per hectare, around 36 t of dry matter per hectare. These values are the results of the high productivity in the sugarcane-plant cycle, which varied from 47 to 49 t of dry matter per hectare, and of small decreases in the subsequent cycles, around 20% in each cut. Also according to Oliveira *et al.* (2023), they contributed to this high productivity and stability of the sugarcane plantation, the correction of the acidity of the soil with dolomitic limestone, the use of agricultural plaster, the chemical fertilization carried out in the sugarcane plant and in the reshoots, the productive potential of

RB867515 and the harvest at the end of August, with vigorous and uniform reshoots of the sugarcane plantation. A technical and economic evaluation of sugarcane production systems in the western region of the state of São Paulo was conducted by Rapassi *et al.* (2009), an average productivity of 109 t of fodder (natural matter) per hectare was observed in five cuts: sugarcane plant the fourth reshoot.

Thus, based on the previously discussed, it can be inferred that the measures adopted to improve soil fertility and to nourish sugarcane well resulted in high productivity. Raji (2011) and Oliveira *et al.* (2018a) comment that the complete neutralization of exchangeable aluminum in the 0 to 20 cm layer and the increase in saturation by bases in the 20 to 40 cm layer allow the formation of a vigorous root system, with better use of rainwater and soil nutrients and chemical fertilizers, having great influence on sugarcane plant, and also on the vigor of reburials, and consequently on the longevity and average productivity of the sugarcane.

The production of industrializable stems and sugars, of RB867515 in the sugarcane plant, shown in table 2, varied from 131 to 150 t per hectare, and this mass of industrialized stems represented on average 84% of the forage mass (0.84 harvest index). These values are close to those cited by Mendes (2006) and Oliveira *et al.* (2018a). Cruz *et al.* (2014), in studies conducted in Montes Claros, northern Minas Gerais, with RB72454, RB739735, RB835486, RB855536, RB857515, SP801842, SP813250, IAC862480, found that The percentage of stems in the aerial biomass of sugarcane ranged from 84.12 to 89.36%, with average values of 86.51%, there being no significant difference between the varieties. In this study, the average percentage of industrialized stems in the aerial biomass of RB867515 was 88.14%. Cruz *et al.* (2014) concluded that the varieties RB867515 and SP81-3250 stood out from the others in the production of fodder, the varieties being the most suitable for animal feed in that region.

The average sugar productivity of RB867515 (sucrose + reducing sugars), cited in Table 3, was 22.16 t per hectare, ranging from 19.20 to 25.75 t ha⁻¹. This high productivity was the result of the high productivity of industrializable stems and the good sugar content in the broth, associated with the high purity percentage, which is the ratio of apparent sucrose % divided by Brix %. Santos *et al.* (2011), in evaluations carried out in Presidente Prudente - SP, with the RB867515, report that with the application of 87 kg of P per hectare, in the groove of planting, it was obtained broth with 23.30% Brix; 91.13% purity, and sugar production of 25.51 t per hectare. Thus, in

addition to the effects on soil nitrate absorption kinetics, cited and discussed earlier, authors such as Oliveira *et al.* (2007) Santos *et al.* (2011) and Oliveira *et al.* (2018a) reinforce the importance of phosphorus for improving the quality of broth for the manufacture of sugar and alcohol.

4. CONCLUSION

Under the soil and climatic conditions and with the cultural practices adopted in the present study, it was found that there was no response of the sugar cane variety RB867515, of high productive potential, to nitrogenous fertilization.

The absence of effect of nitrogenous fertilization was not due to the experimental variability, since for all the variables analyzed the coefficient of variation was less than 10%.

The RB867515 was with adequate foliar concentration for all nutrients, and the production of fodder and industrializable stems was high, with average values respectively of 154.75 and 130.53 t per hectare.

The quality of the broth, also not influenced by nitrogenous fertilization, was very good, obtaining average values of 22.45% for Brix, broth purity of 88.27%, apparent sucrose of 19.78%, and total of recoverable sugars produced (RTA) of 22.16 t per hectare.

There is a need to demystify in the academic world and in the productive sector that the biological fixation of nitrogen is the cause of the low response of sugarcane plants to nitrogenous fertilization.

In studies of nitrogenous fertilization in sugarcane plants it is necessary to discuss the results with biochemical and plant physiology approaches, aiming at a better understanding of the probable causes of the low response of sugarcane plants to nitrogenous fertilization.

REFERENCES

- BASTOS, A. V. S. *et al.* Stalk yield and nitrogen (^{15}N) recovery of irrigated sugarcane during the plant-cane cycle using urea. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 8, p.1051-1057, 2017.
- BEZERRA, J. D. C. *et al.* Biometric and chemical characteristics of sugarcane varieties for use as forage in limiting soil water conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 5, p. 384-392, 2017.
- BIGGS, I. M., STEWART, G. R, WILSON, J. R, CRITCHLEY, C. (2002). ^{15}N natural abundance studies in Australian commercial sugarcane. **Plant Soil**, v. 238, p. 21–30.
- BRAGA JUNIOR, R. L. *et al.* Censo varietal IAC de cana-de-açúcar no Brasil – Safra 2019/20 e na região Centro-Sul – Safra 2020/21. **Boletim Técnico IAC**, 22. 2023
- CANTARELLA, H, *et al.* Nitrogen fertilization and inoculation of sugarcane with diazotrophic bacteria: 13-site-year of field results. **Proceedings of the 2nd Brazilian Bio Energy Science and Technology Conference**. Campos do Jordão. São Paulo. 2014.
- CRUZ, L. R. *et al.* Características agronômicas e composição bromatológica de variedades de cana-de-açúcar. **Biosci. J.**, v. 30, n. 6, p. 1779-1786, 2014.
- De FILIPPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo**. Metodologia. 2. ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1997. 26 p.
- FERNANDES, A. C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. **STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**. 2000. 193p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.
- GAVA, G.J.C. *et al.* Nitrogen source contribution in sugarcane-inoculated plants with diazotrophic bacterias under urea-N fertigation Management. **Sugar Tech**, v. 21, p. 462-470. 2019.
- HOEFSLOOT, G. *et al.* Biological nitrogen fixation is not a major contributor to the nitrogen demand of a commercially grown South African sugarcane cultivar. **Plant Soil**, v. 277, p. 85–96, 2005.
- KAMINSKI, J. *et al.* Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 1107-1113, 2002.
- MAGALHÃES, J. V. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays*, L.) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva**. 76 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 1996.
- MAGALHÃES, J. A. *et al.* Produção e composição química de variedades de cana-de-açúcar com fins forrageiros, sob irrigação e adubação. **PUBVET**, v. 12, n. 230, p. 1-10, 2018.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e Aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MARSCHNER, B.; WILCZYNSKI, A. W. The effect of liming on quantity and chemical composition of organic matter in pine forest in Berlin, Germany. **Plant and Soil**, The Hague, v. 137, n. 2, p. 229-236, 1991.
- MENDES, L. C. **Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar**. 2006, 46p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

MENDONÇA, E.S.; ROWELL, D.L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.3, p.295-303. 1994.

MU, X.; CHEN, Y. The physiological response of photosynthesis to nitrogen deficiency. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 158, p. 76-82, 2021.

NETO, A. P. *et al.* Cinética de absorção de fósforo em razão do teor de magnésio em cafeeiro. *In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, v. 8. Salvador. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 5 p. 2013.

OLIVEIRA, M. W. *et al.* Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 30- 43, 2007.

OLIVEIRA, M. W. *et al.* **Mineral Nutrition and Fertilization of Sugarcane**. *In: Alexandre Bosco de Oliveira. (Org.). Sugarcane – Technology and Research*. Londres: INTECH – Open Science, 2018a. v. 1, p. 169-191.

OLIVEIRA, M.W. *et al.* Nitrogen fertilization on nutritional status and seedling yield of three sugarcane varieties. **Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary**, v. 5, n. 4., p. 11-116, 2018b.

OLIVEIRA, M. W. *et al.* Sugarcane Production Systems in Small Rural Properties. *In: Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture* Londres: INTECH – Open Science, 2019. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/multifunctionality-and-impacts-of-organic-and-conventional-agriculture/sugarcane-production-systems-in-small-rural-properties>

OLIVEIRA, M. W. *et al.* Adubação verde com crotalária juncea em áreas de implantação ou reforma de canaviais, em pequenas propriedades rurais. 2021. *In: OLIVEIRA, R. J. (Eds.). Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar*. Guarujá, SP: Científica Digital, 2021a. v. 2, cap. 3, p. 45-66.

OLIVEIRA, M. W. *et al.* **Produção de cana-de-açúcar para a alimentação de bovinos. Alimentos e alimentação animal**. Guarujá, SP: Científica Digital, 2021b. cap. 6, p. 82-114.

OLIVEIRA, M.W. *et al.* The use of green and organic fertilizers for sugarcane production and soil fertility. *In: VERMA, Krishan K. et al. (Eds.). Agro-industrial Perspectives on Sugarcane Production under Environmental Stress*. 2022. p. 193-214.

OLIVEIRA, M. W. *et al.* Tecnologias adotadas para a melhoria da fertilidade do solo e a produção de forragem pela variedade de cana-de-açúcar RB867515, em cinco cortes. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 11, p. 20327-20334, 2023.

RAIJ, B. V. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 2008. 233p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RAPASSI, R. M. A. *et al.* Avaliação técnica e econômica de sistemas de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região oeste do Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, SP, v. 39, n. 10, out. 2009.

RUFTY, T. W.; MACKOWN, C. T.; ISRAEL, D. W. Phosphorus stress effects on assimilation of nitrate. **Plant Physiology**, v. 94, p. 328-333, 1990.

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E.V.S. & ALVES, G. D. Mineralização do carbono e do nitrogênio em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9., n. 1, p. 33-38, 1985.

SANTOS, D. H. *et al.* Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.

SILVA, C.A.; VALE, F.R.& GUILHERME, L.R.G. Efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p.471-476, 1994.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV. 2006. p. 235.



CAPÍTULO

04

COOPERATIVAS MINERAIS E A IMPORTÂNCIA DA LEGALIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA COOGAVEPE

Marindia Feliciano dos Santos

Mestre em Economia

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Endereço: Cuiabá, Mato Grosso, Brasil

E-mail: mayfe_@hotmail.com

Alexandro Rodrigues Ribeiro

Doutor em Desenvolvimento Socioambiental pelo Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará (NAEA - UFPA)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Endereço: Cuiabá, Mato Grosso, Brasil

E-mail: ivalex_6@hotmail.com

RESUMO: Setor mineral torna-se cada vez mais um assunto complexo e sensível, apesar de ter uma grande responsabilidade na questão ambiental e socioeconômica. A mineração como faz parte da história do Brasil é uma realidade social que se configura como um problema público e ainda carece de estudos, principalmente realidade da mineração popularmente conhecida como garimpo, mineração de pequena escala. A pesquisa busca destacar a importância do papel das cooperativas minerais em todo o processo de legalização das áreas de garimpos e também sua forma de atuação com a comunidade local em municípios mineradores. Relatar fases do processo de legalização de responsabilidade da cooperativa. Descrever a atuação da cooperativa com a comunidade local. Destacar a posição da cooperativa sobre a relação econômicas, sociais e ambientais. Para o desenvolvimento desta proposta de trabalho será realizado uma pesquisa de campo utilizado o método quantitativo como estratégia de análise e abordagem dos dados e informações. Uma das principais dificuldades do setor mineral é tentar desligar a imagem das explorações ilegais com os garimpos. A Coogavepe desempenha um papel fundamental, em que a realização de suas ações possibilita ao município elevar o grau de sustentabilidade. A mineração de pequena escala pode ter maior poder social econômico quando tem a representatividade de uma cooperativa a qual oferece melhores condições para comercialização desses bens minerais bem como de trabalho, desempenhando um importante papel dentro do ambiente da garimpagem, respeitando questões legais e ambientais, além de proporcionar novas fontes econômicas em áreas mineradas a Coogavepe também desempenha um papel fundamental, em que a realização de suas ações possibilita ao município elevar o grau de sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: mineração, economia, cooperativismo, legalização.

ABSTRACT: Mineral sector becomes more and more a complex and sensitive subject, despite having a great responsibility in the environmental and socioeconomic issue. Mining, as it is part of the history of Brazil, is a social reality that is configured as a

public problem and still lacks studies, mainly the reality of mining popularly known as garimpo, small-scale mining. The research seeks to highlight the importance of the role of mineral cooperatives throughout the legalization process of mining areas and also their way of acting with the local community in mining municipalities. Report phases of the process of legalization of the cooperative's responsibility. Describe the cooperative's performance with the local community. Highlight the cooperative's position in relation to economic, social and environmental issues. For the development of this work proposal, field research will be carried out using the quantitative method as a strategy for analyzing and approaching data and information. Coogavepe plays a fundamental role, in which carrying out its actions enables the municipality to raise the degree of sustainability. Small-scale mining can have greater social economic power when it has the representation of a cooperative which offers better conditions for the commercialization of these mineral goods as well as work, playing an important role within the mining environment, respecting legal and environmental issues, in addition to to provide new economic sources in mined areas. Coogavepe also plays a fundamental role, in which carrying out its actions allows the municipality to increase the level of sustainability.

KEYWORDS: mining, economy, cooperative, legalization.

1. INTRODUÇÃO

A mineração como faz parte da história do Brasil é uma realidade social que se configura como um problema público e ainda carece de estudos, principalmente realidade da mineração popularmente conhecida como garimpo, mineração de pequena escala. A extração mineral clandestina informal dos garimpos é reconhecida pelo estado como situação ilegal que ao decorrer dos anos buscou alternativas para solucionar esta situação através de normativas e políticas públicas (Forte, 1994).

A extração mineral é um dos principais agentes catalisadores de interiorização e desenvolvimento, pois ela proporciona abertura de vias de transportes e motiva a implantação de indústrias de transformação. Uma política mineral bem estruturada para o estado de Mato Grosso deve considerar a necessidade do aproveitamento de depósitos minerais pequenos, os quais não dependem apenas de uma lei do mercado, mas também de uma ação do estado que procure otimizar resultados (Gomes, 2000).

Trazer à discussão a pauta das cooperativas do setor mineral torna-se cada vez mais um assunto complexo e sensível, apesar de ter uma grande responsabilidade na questão ambiental e socioeconômica. No âmbito estadual, é uma cooperativa que possui menor expressão, ou seja, é um ramo pouco explorado, desconhecido e não muito estudado no cooperativismo brasileiro (Ribeiro; Freitas; Silva, 2021).

Os garimpos legalizados por meio de cooperativas ou pessoas físicas devidamente legalizadas, não tendo alcance aos milhares de garimpos e garimpeiros clandestinos. Em grande parte, essa clandestinidade ocorre devido ao processo burocrático exigido para concessão de lavra e à ausência de fiscalização por falta de conhecimento ou de informação dos garimpeiros, pois, em muitas vezes, possuem baixa escolaridade ou são até analfabetos (Viana, 2007, MME, 2018).

Diante da discussão sobre a mineração e cooperativas do setor mineral acentua-se as discussões com o seguinte questionamento: As cooperativas minerais podem promover melhorias no aproveitamento da produtividade da atividade de extração mineral juntamente com questões sociais e ambientais?

O estudo justifica-se pela necessidade de aprofundamento de informações sobre o papel das cooperativas do setor mineral em municípios mineradores, quais suas principais formas de atuação com os cooperados em relação a legalização das áreas para atividade garimpeira e suas ações sobre responsabilidades econômicas,

sociais e ambientais. Porém tem-se os desafios da mineração relativos ao desenvolvimento sustentável com garantias de equidade, proporcionando a distribuição de benefícios entre gerações atuais e futuras. Para Barquero (2001), essas ações permitirão à comunidade lidar com as questões necessárias para sua reestruturação produtiva, aumentando o potencial de desenvolvimento comunitário.

No Brasil os estudos sobre cooperativas minerais possui um foco superficial as pesquisas trazem pouquíssimas informações sobre o campo e a forma organizacional onde essas cooperativas singulares são inseridas (Freitas; Freitas; Macedo, 2016).Tão pouco trazem informações sobre características de seus cooperados Trabalhadores informais que tem a mineração como fonte de renda .A maioria dos estudos brasileiros tenha principal foco de observação a questão mineral deixando de lado a questão organizacional da cooperativa e sua importância para a legalização e a mineração sustentável .

As principais pesquisas sobre o tema do cooperativismo mineral concentram-se na América do Sul e no continente africano. Os estudos concentrados na América do Sul são nos países do Brasil e Bolívia. Os estudos realizados em cooperativas minerais da Bolívia, como organizações coletivas realizam seu trabalho em minas antigas que eram do estado para extração mineral. Segundo os autores possuem uma grande diferença sobre as pesquisas de cooperativas brasileiras (Rachel Perks, 2012; Vogel; Musamba; Radley, 2018; Haan; Geenen, 2016).

O principal órgão responsável por autorizar a concessão da permissão de lavra garimpeira (PLG) e atividade do garimpo no Brasil é Agência Nacional de Mineração (ANM). O processo de missão de PLG está contribuindo no Brasil para a expansão do cooperativismo mineral através de exigências e incentivos por meio de ações públicas governamentais (Freitas; Freitas; Macedo, 2015).

Estudos realizados como a de Freitas, Freitas e Macedo (2016) ressaltam a escassez dos estudos acadêmicos no Brasil sobre o cooperativismo mineral principalmente sobre questões que analisam a realidade organizacional dos garimpeiros e políticas públicas .As cooperativas de mineração devido o setor que atuam tem ganhado expressão no cenário internacional e nacional em consideração a escassez dos recursos minerais e a sua importância para minimizar a degradação ao meio ambiente gerada pela atividade mineral com alternativas sustentáveis.

A pesquisa busca destacar a importância do papel das cooperativas minerais em todo o processo de legalização das áreas de garimpos e também sua forma de

atuação com a comunidade local em municípios mineradores. Relatar fases do processo de legalização de responsabilidade da cooperativa. Descrever a atuação da cooperativa com a comunidade local. Destacar a posição da cooperativa em relação a econômicas, sociais e ambientais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico será abordado várias temáticas sobre o cooperativismo e questões sobre a importância das cooperativas do setor mineral no processo de legalização das áreas mineradas, sendo uma temática atual de discussão principalmente sobre questões sociais e ambientais.

2.1 COOPERATIVAS MINERAIS: QUESTÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS

Nos anos 80, ocorreu uma adaptação nas doutrinas cooperativistas em relação ao setor mineral para gerir os meios de produção, particularmente as minas, e organizar a classe trabalhadora (ANM, 2020). De acordo com a Constituição Federal de 1988, “o Estado favorecerá a organização da atividade garimpeira em cooperativas, levando em conta a proteção do meio ambiente e a promoção econômico-social dos garimpeiros” e, ainda de acordo com esse documento, a concessão de lavra e a autorização da pesquisa em áreas com jazidas minerais garimpáveis serão prioridades dessas cooperativas (Brasil, 1988).

No Brasil, buscando estimular a criação de cooperativas minerais, conforme Bitencourt (2008, 2009), Forte (1994), Barreto (2008) e Freitas *et al.* (2011), o Estado tinha os seguintes objetivos: atrair empresas de mineração para garantir a legalidade e a formalidade da exploração; alcançar a formalização do controle ambiental; assegurar, entre os garimpeiros, o lucro compartilhado; atrair empresas de mineração para garantir a legalidade e a formalidade da exploração; gerar divisas entre estados e municípios e união por meio do recolhimento de impostos e garantir a recuperação ambiental.

Nesse contexto, fica claro que a principal preocupação do Estado em relação às cooperativas do setor mineral não era organizar para a atividade econômica nem promover o cooperativismo. Conforme Costa (2007, p. 267), o garimpo era visto como um caminho para o processo de desenvolvimento econômico do Brasil até a década de 1980, mas, com o decorrer da crise econômica mundial, a atividade garimpeira foi

percebida como “acidente social e foco potencial de agitação, o garimpo deveria, na melhor das hipóteses, ser transformado em outro tipo de estrutura social, como uma cooperativa ou mesmo uma pequena empresa de mineração. Outra hipótese era a sua eliminação definitiva”.

Nesse sentido, as cooperativas e as suas atividades no ramo mineral passaram a ser ligadas à recuperação ambiental, pois é melhor para controlar e fiscalizar a atividade de uma organização formal coletiva do que de garimpeiros que trabalhavam individualmente e de forma ilegal. Sendo assim, com a sua característica normalizadora e regulatória, o Estado, em relação aos recursos naturais, procurava organizar a exploração do garimpo, trazendo mudanças ao garimpo e buscando melhores formas de fiscalizar os impactos sociais e ambientais (Bitencourt, 2009).

2.2 COOPERATIVISMO MINERAL

Conforme (Brasil, 2008, p. 22), as cooperativas minerais são “cooperativas com a finalidade de pesquisar, extrair, lavar, industrializar, comercializar, importar e exportar produtos minerais, incluindo o artesanato mineral”.

É importante ressaltar a relação entre o desenvolvimento em âmbitos sociais e econômicos, considerados impulsionadores para a constituição de novas cooperativas. O cooperativismo organizacional atualmente encontra-se espalhado em 150 países, gerando desenvolvimento e com atuação em diversas áreas, vindo a transformar a vida dos indivíduos a partir da geração de emprego e renda para milhares de famílias (OCB, 2020).

Um fato importante para salientar é que, até o ano de 2018, a Organização das Cooperativas do Brasil (OCB) reconhecia o mineral como um ramo do cooperativismo. Ao realizar uma reorganização desses ramos, as cooperativas do setor mineral passaram a ser no ramo da produção de bens e serviços. Assim sendo, o cooperativismo mineral, após essa mudança, acabou ocultando o domínio geral enquanto ramo, tornando-se ainda mais marginalizado ao sistema nacional.

No entanto, como pessoa jurídica responsável pela execução e concessão da extração mineral, é importante ressaltar que as cooperativas minerais tendem a assumir funções sobre as ações ambientais obrigatórias relativas a quem explora o recurso mineral. Dessa forma, podemos ver que a cooperativa representa, para além do seu papel social, um papel econômico, buscando melhorias para a atividade

econômica da organização com seus quadros de cooperados e assumindo um papel ambiental em sua atividade produtiva para combater os impactos ambientais gerados pela mineração (Geenen; Claessens, 2016; Freitas; Freitas; Macedo, 2016).

As cooperativas devem seguir a doutrina cooperativista, pautada na preocupação com a comunidade, os valores como cooperação e as questões ambientais. Sobre a gestão ambiental, além de buscar o aumento da sustentabilidade na área explorada, procura-se desenvolver competências para minimizar os impactos causados pela mineração, tendo em vista que as cooperativas minerais são ligadas à exploração de recursos naturais não renováveis.

Uma das principais dificuldades do setor mineral é tentar desligar a imagem das explorações ilegais com os garimpos em busca de organizações de políticas públicas para o melhor desenvolvimento dessas atividades. No ano de 2021, Mato Grosso movimentou 4,6 bilhões, cujo total rendeu, sobre a compensação financeira de exploração minerais, 86,79 milhões, sendo que, desse valor, foram repassados 10% para a União, 30% para o estado e 60% para os municípios (OCB/MT, 2021).

O estado de Mato Grosso atualmente possui 13 cooperativas de mineração filiadas ao sistema de organizações das cooperativas brasileiras de Mato Grosso, sendo que 5 delas integram a Federação das Cooperativas de Mineração de Mato Grosso (Fecomín). Destaca-se ainda que o principal produto de exploração mineral de Mato Grosso, o ouro, correspondeu a 76% do total movimentado pelo estado no ano de 2021, perfazendo 3,5 bilhões (OCB/MT, 2021).

Conforme OCB/MT, em relação ao desenvolvimento da economia local com a extração de minério, um dos principais casos de sucesso está na região de Peixoto de Azevedo (MT): a Cooperativa dos Garimpeiros do Vale do Rio Peixoto (Coogavepe), que se apresentou como um divisor de águas (OCB/MT, 2021).

As primeiras cooperativas a funcionarem no estado do Mato Grosso, juntamente com a grande maioria das cooperativas, foram fundadas pelo grupo de geologia da Companhia Mato- Grossense de Mineração (Metamat). Segundo

Juliano Boraczynski, presidente desse órgão, “Um exemplo é a Peixoto de Azevedo, atualmente a maior do país e a sexta pessoa jurídica em produção de ouro, para ter uma ideia, o município foi o maior produtor estadual, chegando a produzir mais de 4,5 toneladas em 2016” (OCB/MT, 2021).

2.3 PAPEL DAS COOPERATIVAS NA LEGALIZAÇÃO

A mineração é um dos principais agentes catalisadores de interiorização e desenvolvimento, pois ela proporciona abertura de vias de transportes e motiva a implantação de indústrias de transformação. Uma política mineral bem estruturada para o estado de Mato Grosso deve considerar a necessidade do aproveitamento de depósitos minerais pequenos, os quais não dependem apenas de uma lei do mercado, mas também de uma ação do estado que procure otimizar resultados (GOMES, 2000).

Os dados apresentados se referem aos garimpos legalizados por meio de cooperativas ou pessoas físicas devidamente legalizadas, não tendo alcance aos milhares de garimpos e garimpeiros clandestinos. Em grande parte, essa clandestinidade ocorre devido ao processo burocrático exigido para concessão de lavra e à ausência de fiscalização por falta de conhecimento ou de informação dos garimpeiros, pois, em muitas vezes, possuem baixa escolaridade ou são até analfabetos (Viana, 2007, MME, 2018).

A legalização dos garimpos é indispensável para que os municípios possam receber os valores da CFEM e direcioná-los para questões socioambientais. No mapa a seguir, podemos ver as principais áreas de concentração de garimpos legais e ilegais no Brasil.



Fonte: Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (Raisg); Agência Nacional de Mineração (ANM); Associação Nacional do Ouro (Anoro); Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram) e Ibram/sistema Stat (2018).

No mapa apresentado acima, podemos ver a predominância dos garimpos ilegais no Brasil, em que traz o destaque para os estados do Pará, Mato Grosso, Rondônia e Amapá. Pode-se observar que Mato Grosso vem na segunda posição, com a predominância de garimpos legais na região norte, no município de Peixoto de Azevedo, região onde a Coogavepe realiza o processo de legalização das lavras.

Previsto na Constituição Federal de 1988, o cooperativismo mineral tem a finalidade de lavrar, pesquisar, extrair, industrializar e comercializar produtos minerais. Nesse sentido, essas cooperativas são as principais responsáveis pela legalização dos garimpos e trabalham com alguns objetivos: organizar seus associados para que tenham mais poder social e econômico, melhorar as condições do uso de tecnologia e crédito, visando ao investimento em maquinário para acesso ao subsolo, e estabelecer redes de mercado para garantia de preços justos, respeitando a legislação e formalizando as atividades extrativistas (DNPM, 2008).

Os atores sociais nos garimpos de ouro da Amazônia, conforme Mathis (1995), representam aqueles que compõem a organização social e econômica dentro do ambiente da garimpagem. Ele indica o dono da terra explorada como um dos principais atores sociais do garimpo, que figuram ao lado do capital. Ademais, de acordo com ele, o poder do dono de conceder o direito de produção na terra reflete ainda no poder que ele possui de não permitir o seu uso (Mathis, 1995).

A mineração de pequena escala pode ter maior poder social econômico quando tem a representatividade de uma cooperativa a qual oferece melhores condições para comercialização desses bens minerais bem como de trabalho, desempenhando um importante papel dentro do ambiente da garimpagem, respeitando questões legais e ambientais, além de proporcionar novas fontes econômicas em áreas mineradas.

3. METODOLOGIA

A pesquisa de campo faz com que o pesquisador tem contato direto com o ambiente e as informações esta etapa é fundamental para delinear a pesquisa analisar os meios de coletas de dados informações qual o tamanho da amostra a ser estudada e como esses dados serão tabulados. (Marconi; Lakatos, 1996). Segundo Mattar, (1996) pesquisas de campo exploratórias aprofundam o conhecimento do assunto estudado pelo pesquisador, isso clarifica conceitos e o permite estudar pesquisas

semelhantes verificando métodos e resultados, coletados de dados através de questionários a observação das áreas estudadas.

Para o desenvolvimento desta proposta de trabalho será utilizado o método quantitativo como estratégia de análise e abordagem dos dados e informações. O que concede uma visão mais ampla das variáveis ao pesquisador para melhor compreensão e conhecimento por meio dados estatísticos. Através desta abordagem o autor interpreta que a exploração, compreensão e análise de dados quantitativos asseveram maior consciência da realidade social (Creswell, 2014). A base para a pesquisa qualitativa são a coleta de dados e informações classificados por dados primários obtidos de fontes originais no campo da pesquisa e dados secundários que são dados já processados derivados de pesquisas oficiais. (Knechtel, 2014).

No que se refere à fundamentação teórica é aplicado como método de pesquisa a revisão bibliográfica, sobre a perspectiva a qual foi tratado a temática na literatura científica por meio de referenciais teóricos publicados busca a resolução de alguns problemas com subsídios sobre traos temas estudados é o processo sistemático da pesquisa onde vai ser definida a temática em sequência estruturação lógica do trabalho (Bocato ,2006).

A pesquisa será realizada na região do vale do Peixoto situada ao Norte do Estado de Mato Grosso. Para o desenvolvimento da pesquisa de campo serão realizadas visitas a cooperativa do vale dos garimpeiros (Coogavepe) com sua sede no município de Peixoto de Azevedo. A Coogavepe é atuante nos oito municípios com produção mineral que compõe o Vale do Peixoto desde de 2007. A visita de campo a cooperativa foi indispensável para coleta de dados e informações documentais no desenvolvimento da pesquisa, para relatar fases do processo de legalização de responsabilidade da cooperativa, descrever a atuação da cooperativa com a comunidade local, destacar a posição da cooperativa em relação a econômicas, sociais e ambientais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados trazem informações imprescindíveis para a concepção do papel das cooperativas do setor mineral e sua relação em regiões com a mineração como fonte econômica. As cooperativas podem ser uma alternativa em relação as questões sociais e ambientais em regiões onde a mineração é vista como fonte econômica.

4.1 ESTUDO DE CASO DA COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO VALE DO RIO PEIXOTO

A Coogavepe foi fundada em 3/12/2007, por 23 cooperados, todos garimpeiros na época, com o principal objetivo de organizar a atividade de mineração de pequena escala e conseguir grande quantidade de títulos minerários (subsolo), com início das atividades em 2008. Criada principalmente para organizar e fortalecer a classe garimpeira, havia uma necessidade muito grande de organizar uma forma de trabalho para se estruturar a atividade garimpeira. Então, isso levou à união de esforços para que se organizasse essa classe de garimpeiros, visando fortalecer a atividade e, por consequência, resolver a questão da legalização.

A região do Vale do Rio Peixoto está localizada dentro de uma reserva garimpeira conforme estabelecido pela Portaria n.º 64, de 24 de fevereiro de 2011, onde a Coogavepe teve início para legalizar a atividade de centenas de garimpeiros, que, já naquela época, exploravam a região de forma irregular.

Inicialmente direcionada para as questões da atividade garimpeira, onde, por conta dessa atividade, pessoas de todas as regiões do país vieram para essa região sem qualquer forma de organização, “surgiu a necessidade de colocar uma ordem naquela situação, então, 23 pessoas, na época, já com um pouco mais de conhecimento, uniram e fundaram a cooperativa dos garimpeiros”, palavras do ex-presidente da Coogavepe e um dos fundadores da cooperativa, contribuindo para que a classe pudesse trabalhar de forma organizada e legal no garimpo de pequena escala até hoje (site Coogavepe).

Ainda de acordo com o ex-presidente: “As pessoas que estavam ali reunidas, cada uma com seu conhecimento, buscando em conjunto ver qual seria a melhor forma de organizar, trabalhar, fortalecer, ou seja, somar conhecimentos para melhorar cada vez mais a atividade na região”.

Quadro 1 – Perfil da Coogavepe

OBJETIVO	Ser a principal referência em cooperativa do ramo mineral e no atendimento às necessidades da atividade de nossos cooperados.
MISSÃO	Promover melhorias no aproveitamento da produtividade da atividade de extração mineral, por meio de iniciativas de caráter técnico, sustentável, ambiental e financeiro e de novas tecnologias, sempre despertando o valor e o respeito pela atividade garimpeira e pelo desenvolvimento social da região de atuação.
VISÃO	Produtividade tecnológica. Preservação da legalidade. Assistência técnica. Sustentabilidade.
VALOR	Compromisso com a comunidade garimpeira, sendo esta a razão de sua existência. Ética e transparência nos trabalhos. Foco na qualidade dos serviços prestados. Responsabilidade social. Respeito ao meio ambiente. Desenvolvimento da atividade dentro dos padrões da legalidade. Promoção do crescimento financeiro e técnico de nossos cooperados. Valorização da atividade. Transparência nas ações. Qualidade nos serviços de responsabilidade social. Consciência ambiental. Legalização.

Fonte: elaborado pela pesquisadora a partir das informações da Coogavepe (2022).

A cooperativa presta vários serviços aos cooperados, cujo trabalho vai desde ajudar os cooperados, por meio dos técnicos, geólogos e engenheiros, sobre a escolha do melhor local, para que ele seja licenciado e possa atuar de forma produtiva. A cooperativa tem, em seu quadro de colaboradores hoje, contratados via Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT), 16 colaboradores (contando com a presidente) e 5 terceirizados (que trabalham internamente).

Os técnicos do setor ambiental, no total de sete colaboradores, incluindo o diretor técnico, um geólogo, prestam apoio técnico direto aos cooperados, desde o início do processo de licenciamento até o fechamento da lavra, mas, no geral, todos os outros colaboradores também prestam auxílio aos cooperados nas mais diversas áreas e em assuntos que envolvem a atividade de mineração de pequena escala.

Dentro do garimpo, a atuação da cooperativa se dá no sentido de orientar e acompanhar o desenvolvimento da lavra, após a emissão das licenças, sempre pautada na diretriz de orientar o cooperado de modo a exercer a atividade dentro dos parâmetros da legalidade, principalmente respeitando a legislação ambiental e as normas de segurança do trabalho.

Na parte técnica, realiza-se a criação dos documentos para montar o processo. O licenciamento é especificamente protocolado na Secretaria do Estado do Meio Ambiente (Sema), mas também é necessário incluir documentos ligados ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (Crea) e à Agência Nacional de Mineração (ANM).

Na sequência, a equipe técnica faz o acompanhamento desse processo e, caso não ocorra nenhuma pendência, principalmente junto à ANM e à Sema, é liberada a licença ao cooperado. O acompanhamento é feito desde a legalização, a execução da lavra até o fechamento. Esse processo proporciona a comercialização legal, por meio de nota fiscal, para que possa gerar os dividendos ao município, estado e país. A comercialização de forma legal contribui para que sejam recolhidos os devidos impostos sobre essa atividade.

Devido ao trabalho que a cooperativa realiza na região há mais de 15 anos, as pessoas procuram para fazer a legalização da área, sendo proprietário ou não. Se o subsolo for da cooperativa e estiver passível de licenciamento, a cooperativa dá todo o suporte ao interessado no processo de licenciamento. Se o subsolo for de outra empresa, entra-se em contato com o responsável e buscase o que chamamos de anuência para atender ao pedido do cooperado. Uma vez que a área é anuída pela empresa, em favor da cooperativa, inicia-se o processo de licenciamento dessas áreas.

Considerando que a área de abrangência da cooperativa são, atualmente, oito municípios, torna-se impossível manter um monitoramento de todas as áreas pela cooperativa. Nesse sentido, o trabalho dela é auxiliar o cooperado na legalização da lavra; já o trabalho de fiscalizar, notificar e multar é dos órgãos ambientais, mas, se, porventura, alguma denúncia de garimpo ilegal ou irregular é trazida até o conhecimento da cooperativa, caso o subsolo seja dela, uma equipe de campo se desloca até o local para tomar conhecimento da situação e orientar a pessoa a buscar a legalidade, evitando que ela sofra as sanções da legislação ambiental.

Há uma preocupação muito grande com as questões da água nos garimpos de circuito fechado, da não poluição dos rios das grotas e do cuidado com o ecossistema e meio ambiente, buscando desenvolver cada vez mais a questão da responsabilidade do emprego com relação à recuperação ambiental.

Quadro 2 – Alguns dos resultados alcançados pela Coogavepe

- Mais de 360 licenças de operação emitidas ao longo de 15 anos de atuação da cooperativa.
- Aproximadamente 200 licenças de cooperação ativas atualmente.
- Uma equipe de 20 colaboradores multidisciplinares, sendo de cargos administrativos, geólogos e engenheiros.
- Projetos e ações sociais que atendem aos cooperados e à comunidade local.
- Aumento das recuperações de áreas lavradas, mediante várias formas, como a pastagem, o reflorestamento, a piscicultura ou a agricultura.
- Crescimento da conscientização da reciclagem de peças e dos equipamentos do garimpo.
Aumento da comercialização legal com emissão de nota fiscal DTVM e incremento de 135,25% a arrecadação do CFEM, nos últimos 3 anos, nas áreas de abrangência da cooperativa.

Fonte: elaborado pela pesquisadora a partir das informações da Coogavepe (2022).

Atualmente, temos 189 LOS ativas, distribuídas nos 8 municípios de abrangência da Coogavepe. Em processo de legalização, tem-se:

- 10 processos de licenciamento em andamento;
- 1 renovação de LO em andamento;
- 2 ampliações em andamento;
- 59 processos enviados para protocolos desde o mês 1/2022.

A cooperativa está passando por um processo de recadastramento de seus filiados atualmente. Considerando que a cooperativa tem 15 anos e isso nunca foi feito, muitos dos filiados, no passado, com certeza, não estão atuando mais na atividade nessa região. Hoje, ainda sem encerrar esse processo, a cooperativa possui, em seu cadastro de ativos, um pouco mais de 6 mil cooperados, conforme declara a atual presidente: “acreditamos que esse número irá diminuir cerca de 40% quando finalizarmos o processo de recadastramento” (Coogavepe, 2022).

Além de atender aos cooperados, a Coogavepe possui parcerias com diversas mineradoras, que desenvolvem pesquisas em toda a região, proporcionando novos investimentos tecnológicos no setor mineral local. A recuperação ambiental tem sido uma bandeira levantada pela cooperativa, que tem trabalhado junto aos seus cooperados no sentido de haver um comprometimento de executar a recuperação após a finalização da lavra.

Uma dessas parcerias é a empresa Anglo American Níquel Brasil Ltda, que, no desenvolvimento de suas políticas ambientais, está patrocinando uma consultoria ambiental à Coogavepe por meio da Agroflor Engenharia e Meio Ambiente, empresa de consultoria especializada em meio ambiente e em estudos ambientais, com sede em Viçosa (MG).

A empresa está fornecendo todo o suporte na estruturação e no funcionamento do viveiro de mudas, com custo zero, para que os cooperados possam realizar a recuperação das áreas após ocorrência das lavras. O viveiro produz mudas de variadas espécies: copaíba, cedro, aroeira, cupuaçu, pinha, pinho cuiabano, muringa, mirindiba, pitomba, jequitibá, amoreira e jatobá.

A imagem, a seguir, demonstra o viveiro na fase de produção, em que as mudas são distribuídas aos cooperados para que eles possam fazer a recuperação das áreas que já foram mineradas. Cabe destacar que pode ser feito tanto o plantio de mudas de espécies nativas como de espécies frutíferas, cuja escolha vai depender do que o cooperado pretende fazer naquela área recuperada.

Figura 2 – Viveiro de mudas da Coogavepe em fase de produção



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2022).

A presidente da cooperativa ressalta a importância dessa parceria para que os cooperados possam aumentar as ações de recuperação ambiental, diminuindo, assim, o impacto visual negativo que grande parte da mídia enfatiza, não dando vazão à importância de diversos pontos positivos que a mineração traz para a sociedade e para o desenvolvimento socioeconômico local. A presidente afirma:

[...] desempenhamos um papel importante ao apoio do desenvolvimento da atividade mineral de ouro na região do Vale do Rio Peixoto e, por isso, estamos sempre trabalhando e buscando parcerias que visem à melhoria da atividade para os nossos cooperados, dentro da legalidade e segurança jurídica.

Ela reitera que um dos principais objetivos da cooperativa é justamente trazer as melhores práticas para que essa atividade possa ser sustentável e economicamente viável, respeitando a legislação e o meio ambiente.

Quadro 3 – Alguns trabalhos de destaque da Coogavepe

- Orientações e visitas técnicas: centro de amalgamação, assistência técnica, abertura de tanques para piscicultura, reflorestamento e viveiro de mudas.
- Avanço nos trabalhos de recuperação das áreas degradadas. Projetos de educação ambiental que incentivam a preservação do meio ambiente (Cidade Verde). Campanha de incentivo à legalidade (Nota Fiscal é Legal).
- Acompanhamento da legislação do setor mineral nos municípios, nos estados e na União.
- Projetos alternativos para o desenvolvimento da economia (piscicultura e fruticultura).
- Preservação dos rios.
- Campanha nas escolas.

Fonte: elaborado pela pesquisadora a partir dos dados da Coogavepe (2022).

A Coogavepe busca ampliar vários projetos sociais que já estão em andamento no município. Na medida do possível, a cooperativa tem feito o seu trabalho social, atendendo a várias instituições, como Lar do idoso, Apae, Casai, Hospital Regional, Secretaria de Assistência Social, Batalhão da Polícia Militar, Bombeiros Militar de Guarantã do Norte, além do atendimento aos seus cooperados a partir do fornecimento de cestas básicas, do comodato de muletas, cadeiras de roda e de banho e da distribuição de alguns remédios.

Sobre isso, cabe destacar ainda que, só no ano de 2021, a cooperativa realizou as seguintes ações:

Quadro 4 – Ações sociais da Coogavepe em 2021

- Doação de produtos de higiene pessoal para as 72 reeducandas da cadeia pública da cidade de Colíder.
- Doação de um aparelho celular para o Conselho Tutelar do município.
- Aquisição e instalação de 24 lixeiras ecológicas.
- Criação do memorial ecológico em homenagem às vítimas da covid-19.
- Fechamento de parceria com o Mercado dos Óculos de Peixoto de Azevedo.
- Doação de brinquedos para a Secretaria Municipal de Assistência Social de Matupá e para a Apae de Peixoto de Azevedo.
- Doação de toalhas de banho, de cesta básica e de cadeiras de rodas ao Distrito Sanitário Especial Indígena Kayapó.
- Parceria com o Instituto Proativa Oftalmologia para a realização de cirurgias de catarata.

Fonte: elaborado pela pesquisadora a partir dos dados da Coogavepe (2022).

Ademais, a cooperativa propôs aos representantes do Banco do Brasil de Peixoto de Azevedo a necessidade de linhas de créditos aos seus cooperados para que eles possam fazer a aquisição de novos maquinários e a recuperação das áreas lavradas.

Como uma das maiores cooperativas do ramo mineral brasileiro, a Coogavepe vem validando o trabalho garimpeiro como propulsor do desenvolvimento econômico de Peixoto de Azevedo e de seu entorno. Ela demonstra a força do cooperativismo na mineração, por meio de boas práticas, como sustentabilidade em suas atividades e recuperação das áreas lavradas após a exaustão das jazidas ou das minas, cujas áreas proporcionaram outras atividades econômicas e continuaram gerando impostos, renda e emprego à população.

Quadro 5 – Características das atividades sociais, econômicas e ambientais da Coogavepe

Gestão social	O cooperativismo visa atender e trabalhar pela melhoria da sociedade (no caso, dos cooperados). Além do trabalho e da prestação de serviço, que são o principal objetivo dessa cooperativa, realizamos ações sociais também, como auxílio de cesta básica em situações de afastamento do trabalho (garimpo) por doenças ou acidentes; empréstimo de cadeiras de roda, de banho e de muletas para cooperados, familiares e, até mesmo, para a sociedade em geral; convênios com instituições de saúde (hospital, laboratórios de análise e farmácias), onde o cooperado pode obter descontos, além de diversos tipos de doações a instituições como hospital, Lar do idoso, Casai, Apae e de participar de atividades e eventos dessas e de outras instituições voltadas à melhoria da qualidade de vida da população. A Coogavepe procura estar presente na sociedade como um todo.
Gestão econômica	Todo o trabalho da cooperativa é voltado para trazer a legalidade à atividade de garimpo na região do Vale do Rio Peixoto (nos oito municípios de sua atuação) para que ela fomente a economia e o desenvolvimento dos municípios, com segurança aos garimpeiros/pequenos mineradores, os devidos retornos dos impostos e a comercialização de forma legalizada, trazendo o desenvolvimento econômico e financeiro necessário à localidade e à vida das pessoas.
Gestão ambiental	A legalização da atividade garimpeira também contempla o cuidado e o respeito à legislação ambiental, que visa à preservação de áreas como APP, ARL, TI, parques florestais e sítios arqueológicos. Nesse intuito, a cooperativa faz o acompanhamento do desenvolvimento da lavra no que tange ao respeito ambiental, para que todos os requisitos previstos no parecer técnico da LO sejam obedecidos até o fechamento da lavra, com os devidos cumprimentos de recuperação ambiental e de possíveis danos causados de forma irregular, durante a lavra, caso tenham ocorrido.

Fonte: elaborado pela pesquisadora a partir dos dados da Coogavepe (2022).

Como instituição que tem suas atividades diretamente ligadas às questões ambientais, ela prega o cumprimento dos ODS, principalmente aqueles que fazem menção às metas e aos objetivos que perpassam a atividade mineradora. Sobre isso, a presidente da cooperativa afirma: “temos ciência da nossa responsabilidade e pregamos o respeito ao meio ambiente e tudo o que afeta ou o desarmoniza”.

Ademais, a cooperativa segue as orientações dos cooperados que exercem a atividade de mineração, primando pelo respeito e pela conservação do meio ambiente, a fim de causar o menor impacto possível, além de recuperar a área lavrada para que ela possa continuar com uma produção economicamente viável, mesmo depois de passar pelo processo de extração mineral.

5. CONCLUSÃO

As questões socioambientais atualmente são parte integrante de qualquer empreendimento cuja realidade é absorvida não só pelo setor mineral. Construir um cenário favorável, que dê apoio às atividades minerais sustentáveis depende do governo, do próprio setor e das comunidades. Os objetivos que conduzem para o

desenvolvimento sustentável são: aceitação social, sustentabilidade ambiental, viabilidade econômica dos empreendimentos, além do desenvolvimento e da utilização de tecnologias que permitem atingir os três primeiros objetivos.

As ações proativas se estendem para além dos cuidados ambientais previstos em lei, havendo contribuições de cada empresa do setor para o desenvolvimento econômico e social dos municípios onde elas são inseridas. As mudanças de cultura, tanto no que se refere ao modo como à atividade, são feitas em relação a criar uma cultura de gestão sustentável por meio de um planejamento estratégico de curto e longo prazo.

Por fim, tratar de uma área com rentabilidade econômica sobre grande influência da mineração, a Coogavepe desempenha um papel fundamental, em que a realização de suas ações possibilita ao município elevar o grau de sustentabilidade e de seus indicadores sobre o meio ambiente, por meio da recuperação das áreas mineradas, trazendo novas fontes econômicas e proporcionando à população novas alternativas para a geração de renda.

Verifica-se ainda que o posicionamento da cooperativa apresenta aspectos positivos, porém eles devem ser relacionados com os indicadores municipais para que, assim, possam ser transformados em políticas públicas verdadeiras, com uma visão voltada para o futuro, de modo a direcionar seu olhar para a questão social, associada aos valores ambientais.

REFERÊNCIAS

- ANM. **Agência Nacional de Mineração**. Brasília. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/acesso-a-informacao/institucional>. Acesso em: 16 dez. 2022.
- BARQUERO, A. V. **Desenvolvimento endógeno em tempos de globalização**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 2001.
- BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável**: Desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 12 dez. 2022.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental de Mineração em Pequena Escala (MPE) no Brasil**. 2018. Relatório Final. São Paulo: Projekt-Consult/RCS Global, 2018. Disponível em: <http://mineracao.nap.usp.br/pt-br/projetos/projetos-4/pesquisaaplicada/item/diagnostico-socioeconomico-e-ambiental-de-mineracao-empequenescala-mpe-no-brasil>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Mineração**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologiamineracao-e-transformacao-mineral/destaques-do-setor-de-energia/planonacional-de-mineracao-2030>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- BITENCOURT, M. A.; AMODEO, N. B. P. Garimpo e cooperativas: a incompatibilidade entre dois mundos. *In: Anais do V Encontro de Pesquisadores Latino-Americanos de Cooperativismo*, Ribeirão Preto, São Paulo, 2008.
- BITENCOURT, M. A. **Cooperativismo e atividade garimpeira**: o caso da cooperativa garimpeirado vale do rio da bagagem Ltda. (Dissertação) – Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- COSTA, Luciano R. Os garimpos clandestinos de ouro em minas gerais e no Brasil: tradição em mudança. **História & Perspectivas**, Uberlândia, v. 1, n. 36– 37, p. 247–279, jan./dez., 2007.
- FORTE, J. F. **Cooperativa de pequenos mineradores**: a experiência nos garimpos de pegmatitos do Nordeste. 1994. 150p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1994.
- MATHIS, A. Garimpagem de ouro na Amazônia. **Paper do NAEA**, 36, 1995.
- MACEDO, A. dos S.; OLIVEIRA, M. de L. S.; FREITAS, A. F.; FREITAS, A. F. Nem tudo que reluz é ouro: Os desafios de cooperativas minerais em Minas Gerais. **Desenvolvimento em questão**, [S. l.], ano 14, n. 36, p. 220–248.
- GEENEN, S. A.; CLAESSENS, K. Diferentes faces do controle de acesso em uma mina de ouro da RDC, **Third World Thematicsp**, p. 1–16, 2016.
- GOMES, M. A. V. **Zoneamento sócio-econômico-ecológico**: diagnóstico sócioeconômico-ecológico do estado de mato grosso e assistência técnica na formulação da 2ª aproximação.

Cuiabá, 2000. Disponível em: http://www.dados.mt.gov.br/publicacoes/dsee/dinamica_economica/mineracao/DSEE-DE-RT007.pdf. Acesso em: 9 jan.2023.

OCBMT. **Cooperativas do Ramo Mineral mudam imagem do ‘garimpo’**. Disponível em: <https://www.ocbmt.coop.br/noticias/cooperativas-do-ramomineral-mudam-imagem-do-garimpo/7580>. Acesso em: 16 dez. 2022.

MACEDO, A. dos S.; OLIVEIRA, M. de L. S.; FREITAS, A. F.; FREITAS, A. F. Nem tudo que reluz é ouro: Os desafios de cooperativas minerais em Minas Gerais. **Desenvolvimento em questão**, [S. l.], ano 14, n. 36, p. 220–248.

RIBEIRO, C. V.; FREITAS, A. F.; SILVA, S. S. Educação empreendedora no ensino de Administração: uma simulação realista como instrumento de ensino.

Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 10, n. 3, e9610313066, 2021. Doi: 10.33448/rsd-v10i3.13066.

VIANA, M. B. **Licenciamento ambiental de minerações em Minas Gerais**: novas abordagens de gestão. 2007. Dissertação (Mestrado de Desenvolvimento Sustentável). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, 2007. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/documentosepesquisa/publicacoes/estnottec/tesesdissertacoes1/Mauricio%20Boratto.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2023.



CAPÍTULO

05

CARACTERIZAÇÃO DE PEQUENOS PRODUTORES DE LEITE NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA, PARÁ

Júlio Nonato Silva Nascimento

Doutorando em Ciências Ambientais
Instituição: Universidade do Estado do Pará
Endereço: Belém, Pará, Brasil
E-mail: julio.nascimento@ifpa.edu.br

Alfredo Kingo Oyama Homma

Doutor em Economia Aplicada
Instituição: Universidade Federal de Viçosa
Endereço: Viçosa, Minas Gerais, Brasil
E-mail: alfredo.homma@embrapa.br

Jair Carvalho dos Santos

Doutor em Economia Aplicada
Instituição: Universidade Federal de Viçosa
Endereço: Viçosa, Minas Gerais, Brasil
E-mail: jair.santos@embrapa.br

Isabela Coutinho de Barros

Doutora em Zootecnia
Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Endereço: Itapetinga, Bahia, Brasil
E-mail: isabella.barros@ifpa.edu.br

Marcos Antônio Souza dos Santos

Doutor em Ciência Animal
Instituição: Universidade Federal do Pará
Endereço: Belém, Pará, Brasil
E-mail: marcos.marituba@gmail.com

Jakson Leite

Doutor em Agronomia - Ciências do Solo
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Endereço: Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: jakson.leite@ifpa.edu.br

RESUMO: A pecuária leiteira tem se constituído como uma importante atividade do setor agropecuário na economia paraense, com relevância para a agricultura familiar. Este estudo analisou as unidades produtivas leiteiras do município de Itaituba na mesorregião Sudoeste Paraense, caracterizando as propriedades com enfoque na infraestrutura, no sistema produtivo, gestão e perfil dos produtores. A amostragem foi intencional quali-quantitativa. A coleta dos dados foi realizada nos anos de 2023 e

2024 com aplicação de 55 questionários estruturados em 27 comunidades rurais. Ao longo de uma década, as propriedades de produção leiteira em Itaituba se afastaram do centro urbano, a despeito de melhorias na infraestrutura de energia elétrica; a mão-de-obra é predominantemente familiar e com bom nível de experiência na atividade. A assistência técnica é limitada ou ausente, sendo a questão fundiária o fator que limita o acesso ao crédito. Ocorreu uma redução significativa na produção de cultivos anuais nos últimos dez anos, reverberando na redução do desmatamento e no nível de sensibilidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Itaituba, produtores, pecuária leiteira, socioeconômicos, gestão.

ABSTRACT: Dairy farming has become an important activity in the agricultural sector in the Pará economy, with relevance for family farming. This study analyzed the dairy production units in the municipality of Itaituba in the Southwest Parenses mesoregion, characterizing the properties with a focus on infrastructure, the production system, management and profile of producers. Sampling was intentional qualitative-quantitative. Data collection was carried out in 2023 and 2024 with the application of 55 structured questionnaires in 27 rural communities. Over the course of a decade, dairy farms in Itaituba moved away from the urban center, despite improvements in electrical energy infrastructure; The workforce is predominantly family and has a good level of experience in the activity. Technical assistance is limited or absent, with land issues being the factor that limits access to credit. There has been a significant reduction in the production of annual crops in the last ten years, resulting in a reduction in deforestation and the level of environmental sensitivity.

KEYWORDS: Itaituba, producers, dairy farming, socioeconomic, management.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira no Brasil é um setor de destaque na economia nacional tendo alcançado segundo dados da Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE, 2022), uma produção significativa de 34,6 bilhões de litros de leite, o que a posiciona o País como o terceiro produtor mundial. Santos *et al.* (2023), exorta que a pecuária é uma das atividades significativas da economia da Amazônia e se caracteriza como uma das cadeias importantes do agronegócio regional e de pequenos produtores.

Homma (2021, p. 25), elucida que as oportunidades econômicas para os pequenos produtores da região amazônica vão depender “do desenvolvimento de atividades produtivas que atendam a segurança alimentar, produzam matérias-primas, intensivas em mão de obra, recuperem o passivo ambiental e gerem excedente para exportação de forma sustentável”.

Hott *et al.* (2023) destacam que desde os anos 1990, a pecuária leiteira tem recebido atenção crescente como alternativa de investimento para os produtores no Brasil. Wilkinson (2008) ressalta a importância de compreender a relação entre território, natureza e cultura na dinâmica desse setor. Pois, apesar do crescimento e da relevância econômica da pecuária leiteira na região Norte, há uma lacuna na compreensão dos sistemas produtivos e do perfil dos pequenos produtores, especialmente em áreas como Itaituba.

Santos *et al.* (2015) encaminha a cadeia produtiva leiteira de Itaituba e região adjacente como aquela que está intimamente ligada aos pequenos produtores (baixa produção e mão-de-obra familiar). Estes sistemas são bastante heterogêneos e se assenta na criação de animais bovinos com dupla aptidão (carne e leite), e produção diversificada. Segundo (Silva, 2015; Garcia *et al.*, 2015), esta característica de produção é muito imprecisa, pois demanda uma série de fatores endógenos e exógenos ao sistema produtivo. Neste contexto, torna-se crucial preencher essa lacuna de pesquisa para o entendimento da pecuária leiteira no município de Itaituba, e sua contribuição para a economia local. Desse modo, conhecer as características dos sistemas produtivos e os desafios cotidianos dos produtores pode fornecer *insights* valiosos para políticas públicas e práticas eficazes no setor.

Santos *et al.* (2023) argumenta que a pecuária leiteira tem crescido nas últimas décadas no Pará e vem conquistando grau de importância pela geração de emprego e renda contínua ao longo do ano. Assim, a relevância do estudo se insere em um

contexto social, econômico, tecnológico e ambiental. Neste último caso, existe crescente pressão global sobre a redução do desmatamento na Amazônia, o que exige práticas sustentáveis no setor agropecuário.

Este estudo aborda aspectos sociais, econômicos e gerenciais; e o perfil dos produtores da atividade leiteira no município de Itaituba com objetivo de caracterizar a propriedade; infraestrutura e sistema de produção; gestão e perfil dos produtores. Para explorar esse objetivo foi realizada pesquisa na área rural do município de Itaituba com 55 produtores rurais que se dedicam à atividade leiteira.

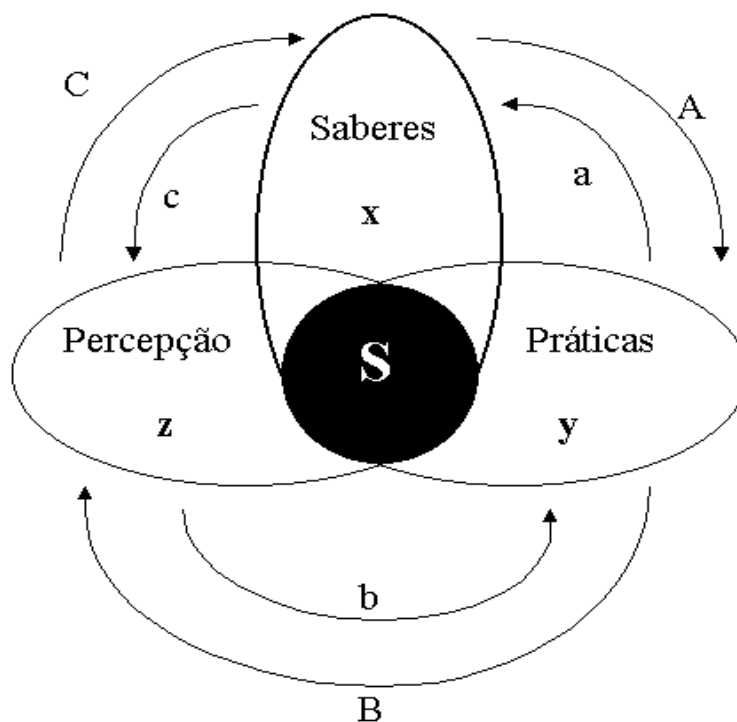
2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Mercante (2014), as práticas tecnológicas adotadas pelos produtores é fruto da interconexão entre os saberes, práticas e percepções. O modelo viabilizou construir o entendimento da inter-relação dos fenômenos endógenos nos sistemas de produção (Figura 1). A base teórica deste autor permitiu compreender que saberes, práticas e percepções são indissociáveis, e portanto, é necessário considerar tais saberes em atitudes [A]. Onde:

A - Como os Saberes se transformam em atitudes; a - Como as Práticas influem na elaboração do Saber; B - Como os que praticam influem na Percepção; b - Como o perceber influem nas Práticas; C - Como o percebido se torna conhecimento; c - Como o que sabem influem no que percebem; z - Esfera da Percepção, onde se agrupa o que é percebido do meio-ambiente. (Mercante, 2014, p. 6).

Pautada nas origens do Perspectivismo, o seu efeito é de encaixar a cosmologia no centro da relação do homem com o meio ambiente. Este modelo possibilitou explicar os fenômenos que ocorrem nos sistemas de produção adotados pelos produtores no município de Itaituba, ao mesmo tempo que vislumbra facilitar a visualização de todo o processo de intermediação dada pelas ações humanas e o meio natural.

Figura 1. Diagrama da interconexão entre saberes, práticas e percepção nas tecnologias utilizadas pelos produtores.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024). Extraído de Mercante (2014).

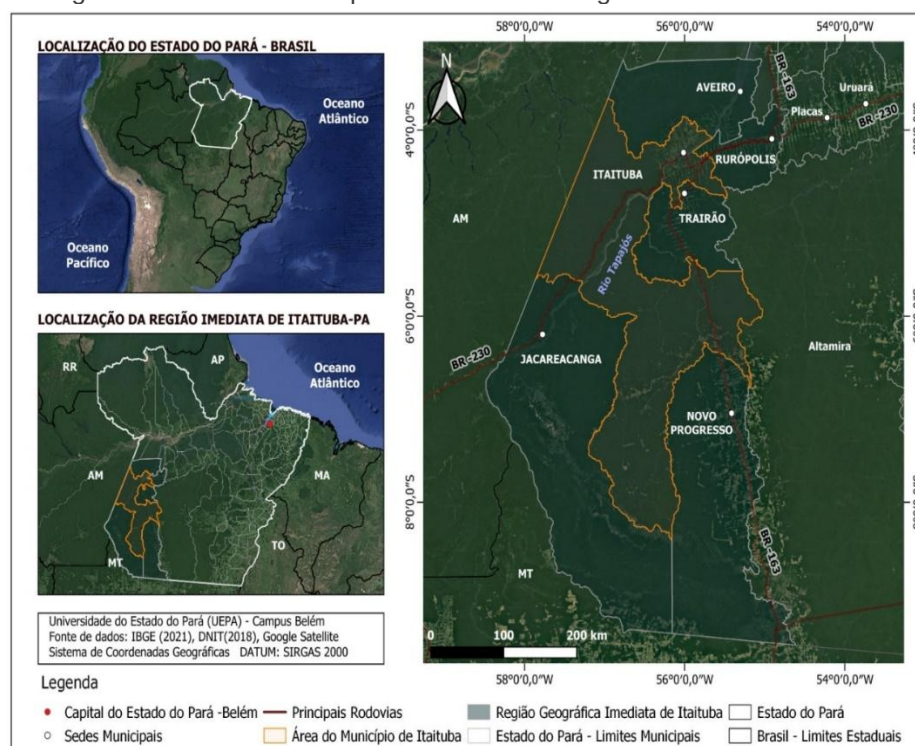
Como se observa, Mercante (2014) define que o ciclo externo (as flechas e esferas) é uma forma de introdução e encaminhamento ao espaço S, onde a interconexão entre as esferas se dá de forma integral. Lugar onde se encontram os elementos que são ao mesmo tempo base e resultado do ciclo externo, num movimento de contínua retroalimentação.

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Os estudos foram desenvolvidos por meio de levantamento de dados primários, obtidos através de entrevista direta com produtores no município de Itaituba, no Sudoeste Paraense. (Figura 2).

Figura 2 - Área do município de Itaituba na Região Sudoeste Paraense



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

3.2 POPULAÇÃO

A distribuição da população foi homogênea, considerando a proporção (80/20%), proporção populacional de indivíduos pertencente à categoria estudada, margem de erro 9,0% e o nível de confiança de 95%. O tamanho da amostra foi de 53 produtores de leite. Ou seja, (31,74%) determinado a partir da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo Agropecuário de 2017. Segundo o Censo Agropecuário 2017, existiam 167 estabelecimentos produtores de leite no município de Itaituba. Para calcular o tamanho da amostra, foi utilizada a equação 1, conforme (Santos, 2016).

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p(1-p)}{Z^2 \cdot p(1-p) + e^2} \quad \text{Equação 1}$$

onde:

n: amostra calculada,

N: população,

Z: variável normal,

p: real probabilidade do evento,
e: erro amostral.

O levantamento de informações ocorreu por meio da aplicação de 55 questionários, composto por perguntas abrangendo a caracterização da unidade produtiva (aspectos sociais, econômicos e de gestão) e o perfil dos produtores da atividade de pecuária leiteira. A elaboração do questionário envolveu pesquisa intencional sobre os diversos aspectos a fim de conhecer o universo de respostas da população e compreende nas seguintes etapas: (1) formulação de um conjunto preliminar de perguntas e respostas baseada nos referenciais disponíveis e no conhecimento do pesquisador sobre o tema; (2) revisão pelo orientador; (3) ajuste do questionário; (4) pré-teste com dois produtores. Gil (2008), recomenda realizar entrevistas individuais ou coletivas antes da construção definitiva das alternativas. Para o autor, esse procedimento permite a definição de um número razoável de alternativas, e também, de facilitar a compreensão dos potenciais entrevistados, e (5) validação do questionário pelo orientador.

Para a aplicação do questionário foram selecionadas aleatoriamente 27 comunidades distribuídas no território do município de Itaituba e nelas entrevistados todos os produtores até chegar ao número de 55 participantes. Entretanto, a análise final da pesquisa foi feita sobre 50 entrevistados, tendo sido descartado 5 formulários por apresentarem dados incompletos.

As visitas às comunidades e propriedades rurais ocorreram no ano agrícola de 2023/2024, com o levantamento dos dados iniciando em 18 de novembro de 2023 e encerrando em 03 de fevereiro de 2024. Em cada propriedade foi feita uma breve explicação dos objetivos da pesquisa, sendo entregue uma cópia do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE, Parecer nº 6.463.199/2023). Cada entrevista durou em média 95 minutos. Os dados foram analisados com o auxílio do *software Excel*, versão 2013, para confecção de planilhas e gráficos e o *software Qgis* para confecção de mapas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Itaituba é responsável por 24,2% do total de leite produzido na mesorregião Sudoeste do Pará, o que equivale a 24,05 mil litros em 2022 (PPM/IBGE, 2022). Este

desempenho coloca Itaituba como um importante polo produtor no cenário agropecuário regional. No entanto, pouco se conhece sobre a atividade leiteira no município de Itaituba quando se trata da caracterização das unidades onde ocorre essa produção.

Nesse estudo, foi identificado que a maioria dos proprietários da criação bovina de leite no município de Itaituba estão na faixa etária de 30 a 60 anos de idade (Tabela 1), sendo que uma fatia significativa (46,0%) tem mais de 50 anos. É comum que os filhos dos produtores migrem para a cidade estudar e/ou trabalhar nas empresas que se instalam no município, fixando no centro urbano e não retornando para o meio rural, permanecendo a atividade sob a responsabilidade dos pais.

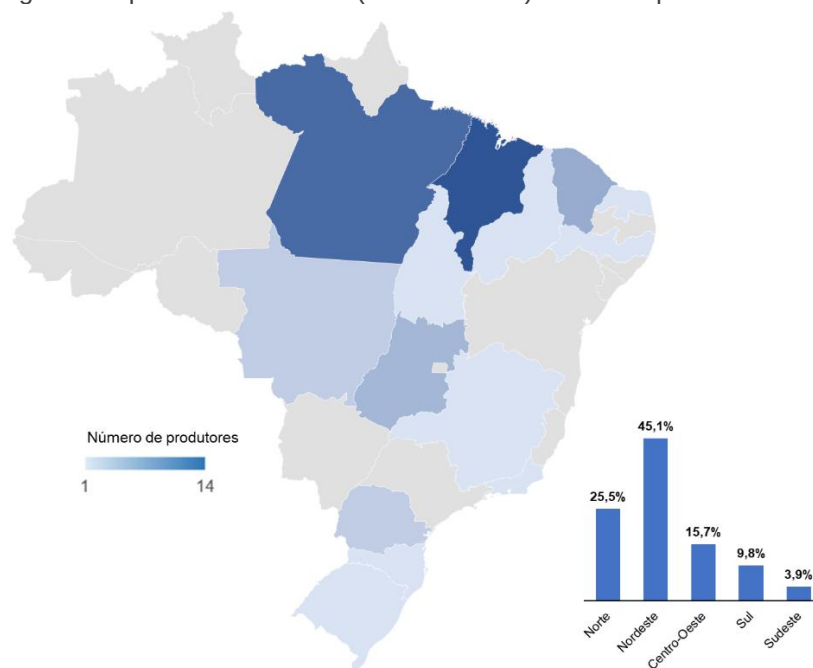
Tabela 1. Idade dos produtores rurais de leite entrevistados no município de Itaituba, Pará.

Especificação	Número de produtores (n=50)	%
Idade (anos)		100,0
21 a 30	02	4,0
31 a 40	12	24,0
41 a 50	13	26,0
51 a 60	15	30,0
> 60	08	16,0

Fonte: Pesquisa de campo (2023/2024).

Quanto à origem, os produtores são de diferentes estados das cinco regiões do país (Figura 3). O Nordeste é a região com maior representação entre os produtores, sendo o Maranhão o estado de origem de 28,0% dos entrevistados. Um total de 25,5% dos produtores são da região Norte, sendo que 22,0% dos entrevistados são do Pará. Juntas, as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste representam 29,3% da origem dos produtores, sendo o estado do Goiás a origem de 9,8% dos produtores.

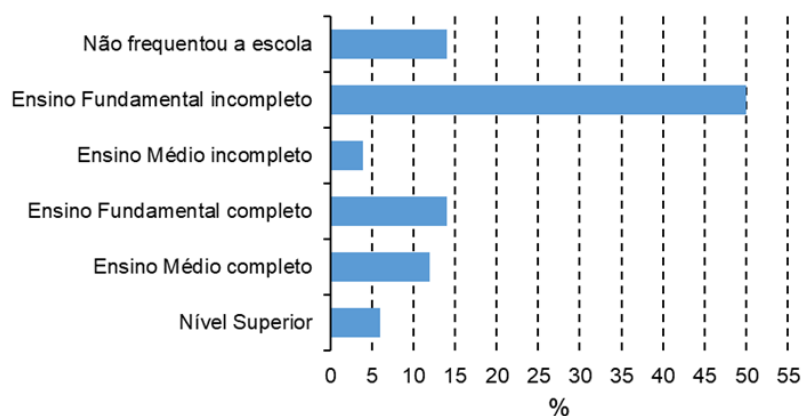
Figura 3. Origem dos produtores de leite (entrevistados) no município de Itaituba, Pará.



Fonte: Pesquisa de campo (2023/2024).

Quanto ao nível de escolaridade, 50,0% dos produtores não completaram o ensino fundamental, e 14,0% não frequentaram a escola (Figura 4). Na outra extremidade, somente 14,0% possui o Ensino Médio e 6,0 % têm formação de nível superior. Esta condição implica em dificuldade de aceitabilidade de equipamentos tecnológicos e problemas de assimilar informações relacionadas à prática de manejo. Segundo Santos *et al.* (2015), essa condição exerce influência direta na gestão do processo produtivo. Ademais, a baixa escolaridade, associada a outros fatores é determinante para a baixa produção, produtividade e qualidade do leite na região.

Figura 4. Escolaridade dos produtores de leite entrevistados no município de Itaituba, Pará.



Fonte: Pesquisa de campo (2023/2024).

O problema fundiário no município continua sendo um dos maiores entraves. (Tabela 2). A Tabela 3 detalha o tamanho da área das propriedades dos produtores entrevistados, sendo 62,0% com área entre 25,1 a 100 hectares.

Tabela 2. Condição de uso, posse da terra e fonte de renda dos produtores rurais entrevistados que produzem leite no município de Itaituba, Pará.

Especificação	Nº de produtores (n=50)	%
Uso e posse da terra	-	100,0
Proprietários	16	32,0
Posse da terra	34	68,0
Fontes de renda	-	100,0
Só da propriedade rural	33	66,0
Propriedade rural e outra	17	34,0

Fonte: Pesquisa de campo (2023/2024).

Tabela 3. Área da propriedade dos produtores rurais entrevistados do município de Itaituba, Pará.

Tamanho da propriedade (ha)	Nº de produtores (n=50)	%
Até 25	02	4,0
25.1 a 50	08	16,0
51 a 100	23	46,0
101 a 200	06	12,0
201 a 500	40	8,0
501 a 1000	05	10,0
> 1000	02	4,0
Total	-	100,0

Fonte: pesquisa de campo (2023/2024).

Quanto à proximidade do centro urbano, a maioria dos estabelecimentos estão a mais de 20 km da cidade, sendo que de cada 10 propriedades, 2 estão a mais de 50 km de distância. (Tabela 4).

Tabela 4. Localização dos produtores de leite entrevistados, segundo a distância do lote até a sede do município de Itaituba, Pará.

Distância (km)	%
De 0 a 10	10,0
De 10.1 a 20	4,0
De 20.1 a 30	34,0
De 30.1 a 40	10,0
De 40.1 a 50	20,0
Mais de 50	22,0
Total	100,0

Fonte: Pesquisa de Campo (2023/2024).

A pecuária de leite, no município de Itaituba nos últimos anos, vem perdendo espaço para outras atividades econômicas. Áreas de fazendas de produção leiteira próxima à área urbana da cidade, passam a ser ocupadas por outros investimentos (imobiliários). Este movimento tem evidenciado uma considerável redução do número

de estabelecimentos rurais produtores de leite. Este fenômeno vem sendo percebido também em outras regiões do estado, bem como no país. Neste contexto, foi verificado que 80,0% dos produtores encontram-se em vicinais e ramais; e 94,0% estão localizados a mais de 50 km de distância do laticínio mais próximo (Tabela 5).

Tabela 5 - Localização dos produtores de leite entrevistados, segundo a distância do lote até o laticínio mais próximo.

Distâncias (km)	%
De 10,1 a 20	2,0
De 20,1 a 30	4,0
De 30,1 a 40	0,0
De 40,1 a 50	0,0
Mais de 50	94,0
Total	100,0

Fonte: Pesquisa de Campo (2023/2024).

A estrutura de transporte é fator preponderante para o sucesso da atividade de pecuária leiteira. Neste aspecto, a pesquisa revela que no verão 60,0% das estradas são consideradas pelos entrevistados como boas, 36,0% regular, 2,0% ruim e 2,0% péssima. No período de inverno, apenas 14,0% das estradas são consideradas boas, 32,0% regulares, 28,0% ruim e 26,0% péssima (Tabela 6). Esses resultados apontam o inverno como sendo um período desafiador para o escoamento do leite produzido em virtude das condições de trafegabilidade das estradas.

Toda logística de captação, se não for eficiente, passa a ser problema para a cadeia leiteira, uma vez que, emergem desafios para a rede de coleta e transporte. O número de estradas e vicinais rurais, para o acesso às propriedades, delibera-se em dois aspectos determinantes: a dificuldade de acesso e a distância entre os pontos de coleta. Nesta conjuntura, a precariedade das vias de acesso às propriedades, especialmente estradas mal estruturadas, esburacadas, estreitas e sem nenhuma infraestrutura de drenagem e sustentação, resulta em altos custos de transporte.

Tabela 6. Situação das estradas, baseada na opinião dos produtores de leite entrevistados no município de Itaituba, Pará.

Condição das estradas	Verão%	Inverno%
Boa	60,0	14,0
Regular	36,0	32,0
Ruim	2,0	28,0
Péssima	2,0	26,0
Total	100,0	100,0

Fonte: Pesquisa de Campo (2023/2024).

A Tabela 7 detalha a presença de energia elétrica em 100,0% das moradias, facilitado em razão de a pecuária de leite se desenvolver nas proximidades das áreas urbanas e, principalmente, pela expansão da rede de energia no meio rural (Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - Luz para Todos do Governo Federal). O programa possibilitou o acesso e uso da energia elétrica, fator positivo para a instalação de equipamentos tecnológicos para ordenha e tanques de resfriamento de leite. Entretanto, para uma parte dos produtores entrevistados a falta de energia acontece com frequência. O custo mensal com energia é bem variável, girando em torno de R\$ 30,00 até R\$ 1.200,00.

Quanto a veículos e/ou maquinários, 78,0% possui moto, isto é justificado pelas condições das estradas e despesas com a manutenção e combustível, bem como de fácil aquisição (preço) em relação a renda dos produtores.

Tabela 7. Infraestrutura e maquinários nas propriedades leiteiras dos produtores entrevistados no município de Itaituba, Pará.

Especificação	%
Energia elétrica	100,0
Trator	22,0
Moto	78,0
Automóveis	28,0
Triturador	24,0
Roçadeira	2,0

Fonte: Pesquisa de Campo (2023/2024).

A pesquisa de campo mostra que 92,0% dos produtores têm residência fixa na propriedade em que trabalham. Segundo Santos *et al.* (2015), esse fator é muito importante pois facilita a realização das atividades diárias como a ordenha e manejo dos animais, facilitando o processo de produção e gestão pelo grupo familiar. O tempo de moradia 56,0% estão nos estratos de (20,1 a 30 e 30,1 a 40 anos) respectivamente. (Tabela 8).

Tabela 8. Distribuição dos produtores de leite entrevistados, segundo a moradia na propriedade rural, no município de Itaituba, Pará.

Especificação	Nº de produtores (n=50)	%
Moradia na propriedade	-	100,0
Sim	46	92,0
Não	04	8,0
Estratos	-	100,0
1 a 10 anos	10	20,0
10.1 a 20 anos	11	22,0
20.1 a 30 anos	14	28,0
30.1 a 40 anos	14	28,0
> 40 anos	01	2,0

Fonte: Pesquisa de campo (2023/2024).

A experiência é considerada um importante fator para o desenvolvimento da pecuária leiteira. Nesse sentido, a pesquisa mostrou que no estrato (25,1 a 30); (> 30) e (15.1 a 20) anos, correspondem a 34,0%, 26,0% e 22,0% respectivamente, ao tempo de experiência dos produtores na atividade leiteira. (Tabela 9).

Tabela 9. Tempo de experiência dos produtores entrevistados na atividade leiteira no município de Itaituba, Pará.

Em anos	Nº de produtores (n=50)	%
Experiência	-	100,0
0 a 10	03	6,0
10,1 a 15	02	4,0
15.1 a 20	11	22,0
20.1 a 25	04	8,0
25.1 a 30	17	34,0
> 30	13	26,0

Fonte: Pesquisa de campo (2023/2024).

Como se verifica, a experiência é fator importante para a atividade leiteira, no entanto, esta deve estar articulada às informações inerentes à origem dos produtores que em muitos casos são de outras regiões do país, cuja bagagem cultural contempla tradições que perpassam por gerações atuando na pecuária de leite. Em geral, a família do produtor já desenvolvia a pecuária leiteira em sua região de origem. Nesta caminhada,

esse conhecimento acumulado é **positivo**, pois os produtores vêm de regiões em que havia escassez de terra e podem não ter muita dificuldade em voltar para a situação de sistemas com tecnologias poupadoras desse fator de produção, uma vez que, na Amazônia, em razão de questões ambientais e legais, a premissa de abundância de terras para o desenvolvimento da pecuária está sofrendo modificação. Contudo, também precisa ser enfatizado que o conhecimento acumulado pode também ter influência **negativa** no sentido de que pessoas com mais idade, por possuírem princípios solidamente incorporados, tendem a ter maior resistência a modificar comportamentos que já são seguidos há muito tempo (Santos *et al.*, 2010, p. 28).

Neste contexto, quando a maioria da gestão do produtor tem baixa escolaridade, associada à ausência de equipamentos tecnológicos (manejo reprodutivo e sanitário, manejo de pastagem e alimentação suplementar), além de problemas com a infraestrutura (estradas e vicinais), transporte, assistência técnica, financiamento e equipamentos de apoio à conservação, beneficiamento e verticalização da produção, são fatores determinantes para o baixo desempenho da pecuária leiteira no município de Itaituba e adjacências (Santos *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2023).

Quanto à mão-de-obra, 88,0% é familiar e predominante masculina. Entretanto, faz-se necessário um destaque para as mulheres, pois 34,0% se dedicam a fabricação do queijo, manteiga e doce de forma artesanal; e 52,0% fazem a limpeza dos vasilhames, evidenciando a participação das mulheres no setor leiteiro no município, além de contribuir em outras atividades como ordenha, manejo de animais e da casa. Desse modo, cumprindo o objetivo (5) cinco dos ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), sobre Igualdade de gêneros. As atividades sob responsabilidade da família estão relacionadas com o manejo animal e ordenha, aonde 88,0% e 84,0%, respectivamente ficam sob responsabilidade dos homens.

Quando existe necessidade de mão-de-obra externa, permeia apenas para trabalhos temporários e em situações críticas como limpeza de pastagem e confecção e/ou reparo de cerca. O transporte do leite (queijo), 82,0%; manejo de pastagem, 96,0%; atividade com infraestrutura, 96,0%, e vacinação, 96,0% respectivamente, são realizadas por homens (Tabela 10).

Tabela 10. Mão-de-obra utilizada nos estabelecimentos rurais entrevistados e para quais atividades segundo o gênero

Mão-de-obra	Homem	Mulher	Homem/Mulher	Outro*
Manejo de animais	88,0%	2,0%	10,0%	-
Ordenha	84,0%	4,0%	12,0%	-
Produção de queijo	26,0%	34,0%	30,0%	10,0%
Transporte do leite	82,0%	6,0%	6,0%	6,0%
Manejo de pastagem	96,0%	-	4,0%	-
Limpeza dos vasilhames	26,0%	52,0%	22,0%	-
Atividade com infraestrutura	96,0%	-	4,0%	-
Vacinação	96,0%	-	4,0%	-

Fonte: Pesquisa de campo (2023/2024).

A assistência técnica, apenas 20,0% dos produtores receberam em 2023, sendo, 90,0% prestada por órgãos públicos; 70,0% de forma planejada. 70,0% foi ofertada pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR); 10,0% Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC); 10,0% Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (EMATER) e 10,0% iniciativa privada.

Em relação ao rebanho bovino foram identificados 5.270 animais e o número de fêmeas lactantes em 2023, foi de 517 vacas. A produtividade média ficando em 4,42 litros de leite vaca dia. Um crescimento acumulado nos últimos anos de 0,96 litro de leite vaca dia ou 21,72% em relação a 2009, tendo como referência estudos de

* Nota: 10,0% Produzem o queijo para consumo e 6,0% o transporte é feito em carro de linha.

Santos *et al.* (2010), o qual apresenta uma produtividade média de 3,46 litros de leite vaca dia no município de Itaituba no Oeste do estado do Pará.

A política de capacitação (treinamento) ficou à margem da maioria dos produtores. Ou seja, apenas 26,0%, receberam algum tipo de treinamento. (Tabela 11).

Tabela 11. Treinamento realizados pelos produtores entrevistados no município de Itaituba, Pará.

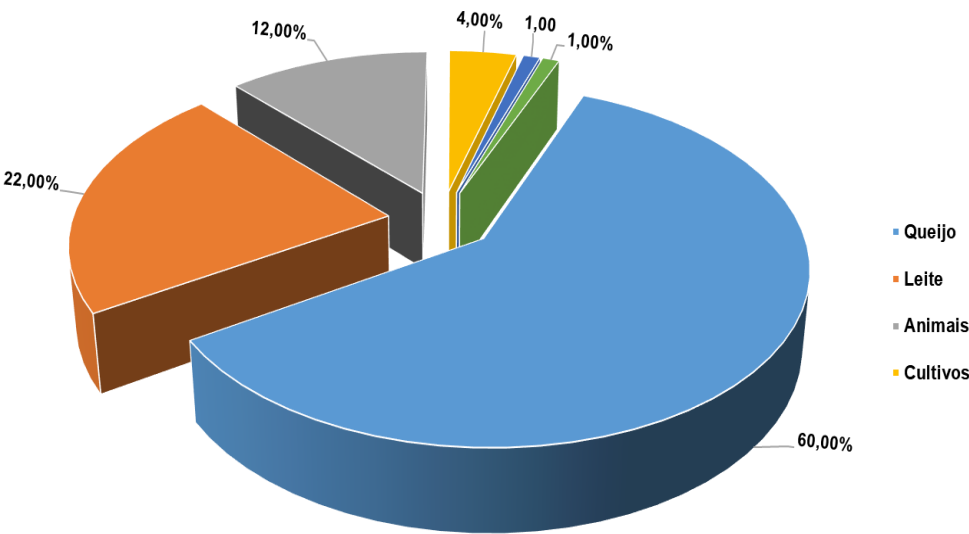
Especificação	Nº de produtores (n=50)	%
Treinamento	-	100,00
Não	37	74,00
Sim	13	26,00

Fonte: Pesquisa de campo (2023/2024).

A capacitação é fator essencial para o desenvolvimento e a sustentabilidade da pecuária leiteira. Além da capacitação ter sido baixa, verifica-se que apenas (01) curso foi direcionado a gestão empreendedora.

As áreas de pastagem apresentam estado crítico de degradação, o que exige equipamentos tecnológicos para melhorar o subsistema da pastagem com o objetivo do aumento da produtividade animal por área. Para 94,0% dos produtores, a principal fonte de renda é proveniente do leite e/ou queijo e venda de animais. (Figura 5). Entretanto, 52,0% desempenham outras atividades complementares fora da propriedade; ao mesmo tempo que 56,0% receberam algum tipo de auxílio. (Tabela 12).

Figura 5. Principal atividade geradora de renda nas propriedades leiteiras dos entrevistados, no município de Itaituba, Pará.



Fonte: Pesquisa de campo (2023/2024).

Ao analisar os principais rendimentos das várias atividades do setor produtivo, verificou-se que 60,0% dos produtores comercializam o queijo. A comercialização de bezerros é realizada como alternativa após desmama por 62,0% dos produtores, auxiliando para a sustentabilidade da propriedade, situações emergenciais e sustento da família.

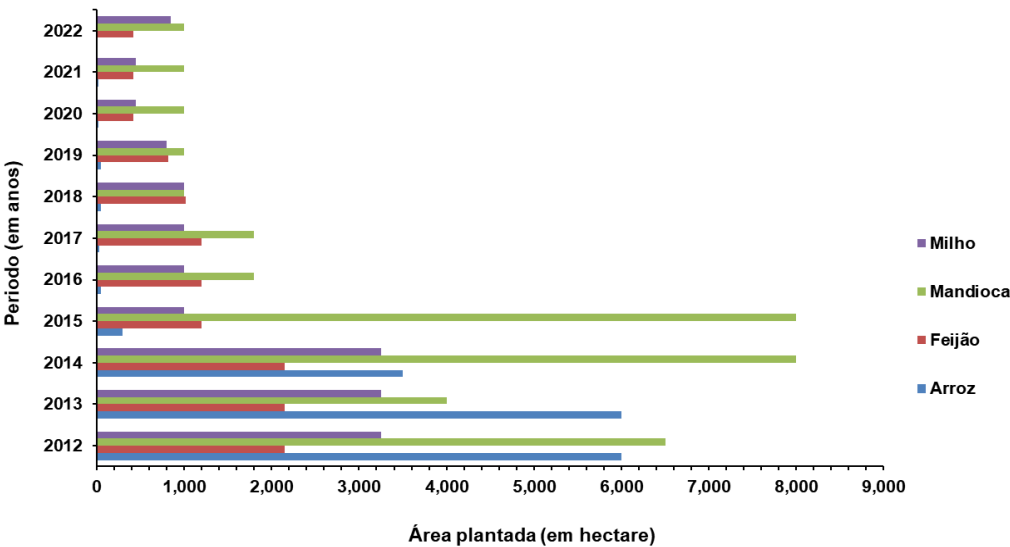
Tabela 12. Rendimento obtido pelos produtores entrevistados em programas sociais e aposentadoria no município de Itaituba, Pará.

Estrato de rendimentos mensal	%
R\$ 200,00 a R\$ 800,00	35,71
Até R\$ 1.320,00*	39,29
Mais de R\$ 1.321,00 a 2.640,00	21,43
Mais de R\$ de 2.640,00	3,57
Total	100,00

Fonte: Pesquisa de campo (2023/2024).

Na Amazônia, a pressão sobre a redução do desmatamento e as questões climáticas têm impactado na redução de cultivos anuais. Dados do PPM-IBGE, mostram que nos últimos 10 anos, no município de Itaituba, ocorreu uma redução significativa das áreas das culturas anuais. Por exemplo, o cultivo de arroz sofre uma baixa significativa a partir de 2015. (Figura 6).

Figura 6. Área plantada com cultivos anuais pelos produtores entrevistados, no município de Itaituba (2012-2022).



Fonte: Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2022). Elaborado pelos autores (2024).

* Nota: Salário mínimo considerado a partir de maio de 2023.

Neste aspecto, a pesquisa revelou que atualmente, 60,0% dos produtores entrevistados plantam culturas anuais. Sendo, arroz 10,0%, feijão 43,33%, mandioca 66,67% e milho 70%. Este cenário é bem diferente dos primeiros anos da década, conforme verificado na Figura 5, anteriormente. Esta condição tem justificado a redução no índice de desmatamento pela atividade agrícola no município de Itaituba.

5. CONCLUSÃO

A pecuária leiteira no município de Itaituba, apesar das dificuldades apresentadas tem se revelado, na história da cidade, como uma das atividades que contribui para o desenvolvimento da economia local. No entanto, a pesquisa revelou que a maioria dos produtores estão com idade avançada, acima dos 50 anos, sendo a maioria de nordestinos.

O nível de escolaridade da maioria dos produtores é baixo, não tendo completado o ensino fundamental. Isto implica dificuldade de aceitabilidade de equipamentos tecnológicos e problemas de assimilar informações relacionadas à prática de manejo. A maioria dos estabelecimentos produtores de leite estão mais de 20 km de distância do centro urbano, com a desativação de propriedades leiteiras próximas da cidade de Itaituba.

O transporte é um problema crucial, pois não existe um sistema de coleta, e se agrava pelas condições precárias das estradas. Foi identificado que em todas as propriedades, atualmente, existe infraestrutura de energia elétrica, em contrapartida, são poucas as propriedades que possuem maquinários e/ou veículos.

A maioria dos produtores residem na propriedade em que trabalham; possuem experiência na atividade leiteira e a mão-de-obra utilizada é predominantemente familiar. A assistência técnica, além de precária, não promove uma continuidade por parte dos órgãos competentes. Para a maioria dos produtores, o leite e/ou queijo, e a venda de animais são as principais fontes de renda, entretanto, outras receitas são fundamentais para a complementação da renda familiar. A baixa capacitação é fator que limita o desempenho do sistema produtivo e a qualidade do leite. Nos últimos anos, foi verificado que existe uma redução significativa dos cultivos anuais influenciando na redução do desmatamento.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos** / Duarte Vilela ... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2016.
- GARCIA, A. R., LOURENÇO JUNIOR, J. de B., SANTOS, J. C. dos. Caracterização e recomendações técnicas para melhoria do manejo reprodutivo de bovinos leiteiros no Oeste do Pará. In **Qualileite: Qualidade e tecnologia na cadeia produtiva do leite no estado do Pará**: Organizadores, José de Brito Lourenço Junior e Marcos Antônio Souza dos Santos. Belém: Marques Editora, 2015.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social** / Antônio Carlos Gil. - 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.
- HOMMA, A. K. O. Amazônia: venda de serviços ambientais ou de atividades produtivas? **Revista Terceira Margem Amazônia**. 6, n. especial 16, p. 23-34, 2021.
- HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; MAGALHÃES JR., W. C. P. de. Produção de leite no Brasil por Estados e regiões. In: **EMBRAPA – Anuário do Leite**. Leite de baixo carbono, 2023.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário** 2017.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal**, 2022.
- MERCANTE, M. S. A. **Interconexão entre saberes, práticas e percepções: o mediador entre cultura e natureza**. 2014.
- SANTOS, J. C. dos, et al. **Diagnóstico e caracterização da cadeia produtiva leiteira na região oeste do Pará, Belém – Pará**, 2010.
- SANTOS, M. A. S. dos; SILVA, A. S. B. da; COSTA, J. da S.; LOUREIRO, J. P. B. de; REBELLO, F. K. **Intensificação da produção de animais ruminantes no bioma amazônico** / Rafael Mezzomo, Aníbal Coutinho do Rêgo, Julián Andrés Castillo Vargas (organizadores) – Londrina: Editora Sorian, 2023.
- SANTOS, M. A. S. dos; SOARES, B. C.; DOMINGUES, F. N.; LOURENÇO JUNIOR, J. de B.; SANTANA, A. C. de. Nível tecnológico da pecuária leiteira no estado do Pará. In: **Qualileite: Qualidade e tecnologia na cadeia produtiva do leite no estado do Pará**. Organizadores, José de Brito Lourenço Junior e Marcos Antônio Souza dos Santos. Belém: Marques Editora, 2015.
- SANTOS et al. Perfil socioeconômico dos produtores de leite no estado do Pará. In: **Qualileite: Qualidade e tecnologia na cadeia produtiva do leite no estado do Pará**. Organizadores, José de Brito Lourenço Junior e Marcos Antônio Souza dos Santos. Belém: Marques Editora, 2015.
- SANTOS, G. E. O. **Cálculo amostral**: calculadora *on-line*, (2016). Disponível em: <http://www.calculoamostral.vai.la>. Acesso em: maio de 2024.
- SENA, A. L. Dos S.; SANTOS, J. C. dos.; SANTOS, M. A. S. Dos. Caracterização da Agroindústria do leite na região Oeste do Estado do Pará. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, v. 8, n. 15, jul./dez. 2012.
- SILVA, S. P. **A agricultura familiar e suas múltiplas interações com o território**: uma análise de suas características multifuncionais e pluriativas. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA 2015.



CAPÍTULO

06

ANÁLISE DESCRITIVA DE CONTRATOS INTERGOVERNAMENTAIS NO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA: UMA ABORDAGEM DE CLUSTERIZAÇÃO DE DADOS DE CONVÊNIOS E CONVENIENTES

Márcio Dias de Lima

Doutor em Ciências da Computação

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Câmpus Goiânia

E-mail: marcio.lima@ifg.edu.br

Alan Keller Gomes

Doutor em Ciências da Computação

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Câmpus Inhumas

E-mail: alan.gomes@ifg.edu.br

Daniel Soares de Souza

Mestre em Gestão Pública

Instituição: Instituto Federal de Brasília

E-mail: daniel.souza@ifb.edu.br

Lucas Santos de Oliveira

Especialista em Estatística Aplicada

Instituição: Instituto Federal de Brasília

E-mail: lucas.oliveira4@estudante.ifb.edu.br

Paulo Henrique dos Santos

Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Câmpus Senador Canedo

E-mail: paulo.santos1@ifg.edu.br

Cassiomar Rodrigues Lopes

Mestrato em Agronegócios

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Câmpus Anápolis

E-mail: cassiomar.lopes@ifg.edu.br

José Carlos Barros Silva

Mestre em Ciências da Educação Superior

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Câmpus Luziânia

Endereço: Luziânia, Goiás, Brasil

E-mail: josecarlos.silva@ifg.edu.br

Geraldo Andrade de Oliveira

Doutor em Engenharia Elétrica
Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo
E-mail: andrade.oliveira@ifes.edu.br

Karla de Aleluia Batista

Doutora em Ciências Biológicas
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Câmpus Goiânia Oeste
E-mail: karla.batista@ifg.edu.br

RESUMO: O setor agrícola e pecuário desempenha um papel fundamental na economia do Brasil, contribuindo de forma expressiva para o Produto Interno Bruto (PIB) e a segurança alimentar do país. Nesse contexto, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) assume um papel central na formulação e execução de políticas destinadas a impulsionar o desenvolvimento sustentável desses setores vitais, por meio de convênios públicos. No entanto, para garantir uma distribuição justa e eficaz dos recursos, é imprescindível compreender a distribuição geográfica e os padrões temporais dos convênios estabelecidos pelo MAPA. Assim, o objetivo desta pesquisa foi analisar detalhadamente a distribuição geográfica, a evolução ao longo do tempo e as características dos convênios firmados pelo MAPA no período de 2019 a 2023. Utilizando técnicas de mineração de dados, incluindo clusterização e análises estatísticas, foram examinados os registros de assinaturas de contratos disponibilizados pelo próprio MAPA. A análise desses dados revelou uma distribuição regional significativa nas assinaturas de contratos pelo MAPA, com a região Sul despontando como líder em quantidade de convênios, seguida de perto pela região Sudeste. Dessa forma, a pesquisa proporcionou uma compreensão abrangente da distribuição geográfica, da evolução temporal e das características dos convênios estabelecidos pelo MAPA, fornecendo assim informações que podem auxiliar em políticas mais eficientes e direcionadas para o desenvolvimento dos setores agrícola e pecuário do Brasil em relação a transferências de recursos e convênios.

PALAVRAS-CHAVE: data mining, cluster k-means, transferências voluntárias, convênios públicos.

ABSTRACT: The agricultural and livestock industry is a cornerstone of Brazil's economy, wielding substantial influence over the nation's GDP and food security. Within this framework, the Ministry of Agriculture and Livestock (MAPA) plays an essential role in shaping and implementing policies geared towards fostering the sustainable growth of these critical sectors through public agreements. In this context, the equitable and efficient allocation of resources requires a thorough understanding of these agreements' geographical distribution and temporal dynamics. This study meticulously scrutinizes the geographic spread, temporal progression, and inherent characteristics of the agreements signed by MAPA from 2019 to 2023. It examines the agreements using data mining techniques, encompassing clustering and statistical analyses. The research unveiled a pronounced regional distribution in the agreements, with Brazil's Southern region emerging as the primary destination of grants, closely shadowed by the Southeast. Consequently, the study offers a holistic comprehension

of the geographical dispersion, temporal evolution, and intrinsic traits of the agreements brokered by MAPA. Such insights serve as invaluable assets, empowering policymakers to formulate more efficient and targeted strategies for nurturing Brazil's agricultural and livestock industry concerning the allocation of resources and the elaboration of agreements.

Keywords: data mining, k-means clustering, voluntary transfers, public agreements.

1. INTRODUÇÃO

O Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) desempenha o papel importante na administração das políticas públicas destinadas a impulsionar o setor agropecuário brasileiro. De maneira geral, o MAPA é responsável pelo apoio ao desenvolvimento do agronegócio e, além disso, pela regulação e normatização de serviços associados a esse setor. No contexto brasileiro, o agronegócio engloba uma ampla gama de produtores rurais, abrangendo desde os pequenos até os grandes, e envolve diversas atividades, como o fornecimento de bens e serviços à agricultura, a produção agropecuária, o processamento, a transformação e a distribuição de produtos derivados da agropecuária até chegar ao consumidor final [24].

Na realidade brasileira, os pequenos produtores perdem espaço no mercado por não competirem pela produção com os polos do setor agrícola. Isso ocorre, muitas vezes, devido à falta de equipamentos e infraestrutura de produção [4]. Portanto, os convênios públicos se mostram como uma ferramenta que pode auxiliar no avanço da produção agrícola desses produtores. Nessa perspectiva, uma das formas de atuação do MAPA é por meio de acordos gerais, ou seja, acordos firmados por um órgão governamental ou organizações não governamentais (ONG) destinados a direcionar recursos financeiros, conforme sugere [4].

Esses convênios entre essas entidades geram uma vasta quantidade de dados, incluindo informações sobre alocação de recursos, áreas de atuação, regiões com maior atuação e tipos de maquinários. Nesse cenário, a mineração de dados pode auxiliar a compreender esse conjunto massivo de dados, visto que essa abordagem permite descobrir padrões, tendências e relações ocultas em grandes conjuntos de dados [10]. Em [11] é apresentada uma análise abrangente dos métodos de mineração de dados (data mining) e aprendizado de máquina (machine learning), com o objetivo de apoiar os profissionais de Saúde e Segurança no Trabalho. Ao considerar o tema proposto neste artigo, essas técnicas podem ser aplicadas para analisar os dados dos acordos gerais e, em especial, a análise de clusters pode ser utilizada para extrair informações relevantes desse conjunto de dados.

A capacidade de prever o futuro com base em dados históricos é fundamental para aprimorar o processo decisório. Essa habilidade permite antecipar cenários, identificar padrões e tomar decisões mais informadas. Nesse contexto, a utilização de técnicas como modelos estatísticos e algoritmos de machine learning desempenha

um papel primordial [22]. Dentre os algoritmos de machine learning, o agrupamento (clusterização) é uma ferramenta popular na ciência de dados. Trata-se de um método para identificar a estrutura de agrupamento em um conjunto de dados, onde se destaca a maior semelhança dentro do mesmo agrupamento e a maior dissimilaridade entre agrupamentos diferentes [34].

A principal característica de um agrupamento de dados gerado a partir de um algoritmo de clusterização é a alta homogeneidade dos dados dentro do cluster e a máxima heterogeneidade entre os grupos [9]. Além disso, a análise de agrupamentos de dados é descritiva, teórica e não inferencial, ou seja, o aprendizado de um agrupamento de dados não caracteriza uma generalização, pois é totalmente dependente das variáveis utilizadas como a base para a medida de similaridade ou dissimilaridade [12]. No contexto do Aprendizado de Máquina (AM), a clusterização de dados é um dos pilares fundamentais do aprendizado não supervisionado, desempenhando um papel importante na descoberta de padrões e estruturas ocultas em dados não rotulados [2].

No atual estágio do desenvolvimento das técnicas e algoritmos de agrupamento de dados, independentemente da existência real de qualquer estrutura, sempre será encontrado algum tipo de grupo nos dados. Esta tarefa é desafiadora devido à diversidade de formas e tamanhos que os clusters podem assumir, bem como à variedade de tipos de dados e domínios de aplicação [15]. Existem várias categorias de algoritmos de clusterização, cada uma com suas próprias forças e fraquezas e a escolha do algoritmo mais adequado geralmente depende da natureza dos dados e do objetivo da análise. Algumas das categorias mais conhecidas incluem algoritmos hierárquicos, baseados em densidade, em grade, em modelo e em restrições e particionais. Em relação aos algoritmos baseados em partição, eles dividem os dados em um número pré-definido de clusters, tentando otimizar um critério, como a soma das distâncias quadráticas. Algoritmos particionais são amplamente utilizados devido à sua simplicidade e eficiência em grandes conjuntos de dados. No entanto, tendem a assumir clusters de forma esférica e de tamanho uniforme, o que pode ser uma limitação em certos cenários, nesse contexto, destacamos o algoritmo K-means.

A análise de cluster tem sido empregada em diversos domínios, abrangendo desde sistemas de energia [25], varejo de alimentos [14], comportamento social [16], análise do comportamento do consumidor em relação aos alimentos funcionais [33], identificação de oportunidades de investimento [28] e padrões de consumo [32].

Este artigo tem como objetivo utilizar métodos de clusterização para efetuar uma análise descritiva de dados sobre convênios públicos, referentes a transferências de recursos entre entes federativos no Brasil, durante o período compreendido entre os anos de 2019 e 2023.

Como contribuições, este artigo apresenta uma breve revisão da literatura em relação aos trabalhos relacionados ao tema desse estudo e, em seguida, realiza análise descritiva dos valores dos convênios e sua relação com as regiões do Brasil. Além disso, evidencia a participação regional no envolvimento dos projetos e os clusters obtidos em relação às diferentes regiões do Brasil.

Este artigo está organizado em 6 seções. A Seção 2 descreve trabalhos correlatos. Na Seção 3, são apresentados os materiais e métodos utilizados no estudo. Na Seção 4, são apresentados os resultados. Na Seção 5, é realizada uma discussão das informações apresentadas no estudo e, por fim, a Seção 6 apresenta a conclusão seguida das referências utilizadas no estudo.

2. TRABALHOS CORRELATOS

2.1 TRANSFERÊNCIAS VOLUNTÁRIAS ENTRE ENTIDADES BRASILEIRAS

O Ministério da Agricultura e Pecuária desempenha um papel central na condução das políticas públicas voltadas para o estímulo da agropecuária, no apoio ao desenvolvimento do agronegócio e na regulamentação dos serviços relacionados ao setor. O agronegócio no Brasil abrange uma ampla gama de produtores, desde pequenos agricultores até grandes empresas, englobando atividades que vão desde o fornecimento de insumos até a distribuição de produtos agropecuários para o consumidor final [30].

A agricultura, sendo uma das principais fontes de sustento e emprego em todo o mundo, enfrenta o desafio de aumentar sua produtividade em paralelo com práticas sustentáveis [18], especialmente diante da crescente demanda alimentar de uma população global em expansão.

No Brasil, país com destaque mundial na produção agrícola, a agricultura familiar desempenha um papel significativo, contribuindo não apenas para a segurança alimentar, mas também para a economia [7]. Entretanto os pequenos produtores enfrentam desafios significativos no mercado devido à sua incapacidade de

competir com os grandes polos do setor agrícola, como apontado por [23]. Esse cenário resulta em uma perda progressiva de espaço para esses produtores, prejudicando sua capacidade de manter-se competitivos e sustentáveis e a maximização do potencial econômico dessas unidades muitas vezes esbarra em restrições de recursos, sejam eles financeiros ou materiais, destacando a importância das transferências voluntárias de recursos públicos como um meio essencial para impulsionar a agricultura familiar e enfrentar os desafios emergentes [27].

Nesse contexto, a atuação ativa da Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação (SDI) desempenha um papel ativo na promoção do ambiente de inovação no setor agrícola. O investimento contínuo no agronegócio é vital para seu crescimento e sucesso, sendo um pilar da economia nacional. No entanto, é desafiador garantir a equidade entre grandes empresas do agronegócio e agricultores familiares. Nesse sentido, o MAPA utiliza convênios públicos como uma das formas de promover esse desenvolvimento, canalizando recursos financeiros para o setor [29].

A formulação e implementação de políticas públicas envolvem uma gama de instrumentos que influenciam diretamente a realidade social [17]. Esses instrumentos, longe de serem neutros, produzem efeitos específicos que podem divergir dos objetivos declarados das políticas [5].

No contexto da agricultura, o financiamento desempenha um papel fundamental, sendo o orçamento público e os mecanismos de distribuição de recursos primordiais para a efetivação das políticas agrícolas [3]. Grisa & Schneider [13] destacam em seu estudo que nos últimos anos, as políticas públicas direcionadas à agricultura têm sido objeto de análise por parte dos estudiosos do campo.

Lui & Miquelino [19] apresentaram um estudo que analisou as transferências voluntárias realizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) com os entes subnacionais brasileiros entre 2008 e 2021. Partindo da discussão sobre instrumentos de políticas públicas, a pesquisa buscou compreender como tais transferências foram implementadas e seus impactos na agricultura nacional.

Chaves, Campelo Filho & Pinto [6] analisaram as transferências voluntárias do governo brasileiro entre 2008 e 2016, utilizando o Sistema de Gestão de Convênios e Contratos de Repasse (SICONV) como ferramenta. Os autores relatam que desde os anos 1960, essas transferências têm sido essenciais para descentralizar recursos e

implementar políticas públicas. No entanto, fragilidades na gestão foram identificadas, exigindo a informatização dos procedimentos de repasse. Esse estudo buscou preencher uma lacuna na literatura, examinando o fluxo dessas transferências e a eficácia do SICONV na distribuição equitativa dos recursos públicos.

Costa et al. [8] propuseram um novo agrupamento de municípios com base em finanças públicas, atividade econômica e condições socioeconômicas, visando facilitar o planejamento e a avaliação de políticas públicas para promover o desenvolvimento socioeconômico local. O estudo abordou as disparidades regionais e socioeconômicas existentes entre os municípios brasileiros, com destaque para o Estado de Minas Gerais. Essas disparidades foram causadas por fatores políticos e econômicos, afetando não apenas níveis estaduais, mas também municipais. A descentralização de ações e recursos, consolidada pela constituição de 1988, atribuiu aos municípios a gestão de políticas fundamentais, como Educação e Saúde, visando promover um desenvolvimento socioeconômico equilibrado. O Fundo de Participação dos Municípios (FPM) emerge como um importante mecanismo para equilibrar as capacidades municipais de oferta de bens e serviços. Dada a complexidade das demandas específicas dos municípios, o federalismo permite aos gestores locais alocar recursos para promover o desenvolvimento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DOS DADOS

Os dados utilizados neste estudo foram fornecidos diretamente pelo MAPA através de uma amostra do banco de dados da própria instituição. Esses dados fornecem detalhes sobre os convênios públicos firmados pelo MAPA entre os anos de 2019 a 2023. A amostra fornecida é composta por 10.098 observações, com 40 variáveis. Contudo, foram selecionadas apenas as variáveis que contêm informações relevantes e significativas para esta pesquisa. A Tabela 1 apresenta as variáveis de interesse que serviram de base para o desenvolvimento do estudo.

Tabela 1: Variáveis de Interesse do Presente Estudo

Variável	Tipo	Descrição
Ano_Assinatura	Numérica	Ano de assinatura do convênio
Natureza_Despesas	Categórica	Natureza da despesa associada ao item
Público_Alvo	Categórica	Público alvo beneficiado pelo convênio
Qtd_Item	Numérica	Quantidade do item
Região	Categórica	Região brasileira
Situação_Convênio	Categórica	Estado atual do convênio
UF	Categórica	Unidade Federativa
Valor_Total_Item	Numérica	Valor total do item
Valor_Unitario_Item	Numérica	Valor unitário do item

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir das variáveis numéricas, a análise de agrupamento foi conduzida com o propósito de categorizar as regiões com base nos valores totais dos contratos estabelecidos. Para o agrupamento, foi utilizado o algoritmo K-means com auxílio da linguagem de programação R. Mais detalhes sobre esse método de clusterização serão apresentados a seguir.

3.1.1 Aplicação do algoritmo K-means

Em ciências de dados, o algoritmo K-means é o mais conhecido para as tarefas de clustering, visto que é um algoritmo não supervisionado. Em linhas gerais, esse algoritmo divide a base de dados em K grupos que possuem instâncias semelhantes, com base em uma medida de similaridade [1]. Em especial, esse algoritmo é adequado para dados onde a média é uma medida significativa, o que geralmente requer dados em uma escala intervalar ou de razão [20].

No algoritmo de agrupamento em questão, o conjunto de dados é separado em grupos ou clusters que são encontrados a partir da média de todos os pontos no cluster, chamado de centroide. Em seguida, é atribuído cada ponto ao cluster cujo centroide está mais próximo. O processo é repetido até que os centroides não mudem mais [26].

Em termos matemáticos, o algoritmo K-means é definido da seguinte maneira: Sejam $X = \{\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n\}$ o conjunto de dados e $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ o conjunto de centróides iniciais, onde k é o número desejado de clusters. Para cada ponto x_i , atribuímos x_i ao cluster cujo centróide c_j é o mais próximo, utilizando a distância euclidiana. O objetivo é minimizar a seguinte função de custo:

$$J(C) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k w_{ij} \cdot \|x_i - c_j\|^2 \quad (1)$$

em que $w_{ij} = 1$ se $j = \operatorname{argmin}_j \|x_i - c_j\|^2$ ou 0, caso contrário.

Esse processo é repetido recalculando os centróides até que as atribuições dos pontos aos clusters não mudem significativamente ou um critério de parada seja atendido. Para auxiliar na aplicação do algoritmo K-means, foi utilizada a função *kmeans* do pacote *stats* no ambiente do R Studio [31].

3.2 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CLUSTERS

Uma questão substancial na implementação de algoritmos de agrupamento, como K-means e seus derivados, reside na necessidade de antecipadamente especificar o número de agrupamentos como entrada. Este estudo empreende uma análise exploratória de dados, uma abordagem relevante quando o pesquisador precisa de modelos ou hipóteses predefinidas, mas busca compreender as características gerais ou a estrutura de dados de alta dimensão, conforme sugere [21]. De fato, o objetivo principal é obter uma perspectiva abrangente dos dados, tornando a identificação do número de agrupamentos uma das metas principais. Dada a falta de conhecimento prévio quanto ao número de agrupamentos, foi empregado um método singular para facilitar a visualização e estimar um número de agrupamentos mais adequado à nossa aplicação. A análise de agrupamento foi conduzida com o propósito de categorizar as regiões com base nos valores totais dos contratos estabelecidos. Para executar a clusterização, foram seguidas as seguintes etapas: inicialmente, foi utilizada a função *fviz_nbclust* que faz parte do pacote *factoextra* no ambiente do R Studio. Considerado uma extensão do pacote *FactoMineR*, o pacote *factoextra* fornece funções gráficas e utilitárias adicionais para análise de fatores e técnicas relacionadas [31].

4. RESULTADOS

A quantidade de "assinaturas de contratos" realizadas pelo MAPA em cada região do Brasil está detalhada na Tabela 2.

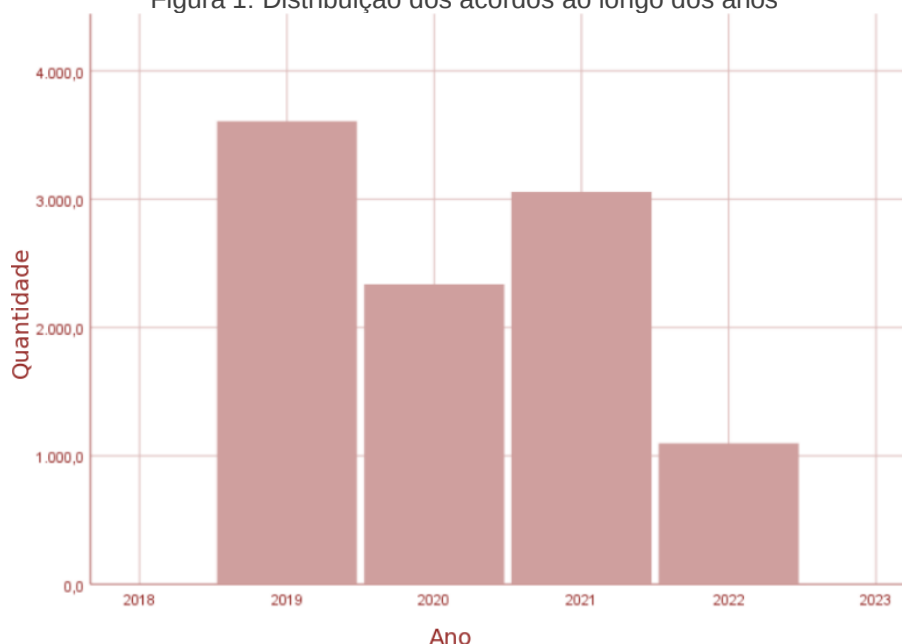
Tabela 2: Frequência de assinaturas de contratos por região do país.

Região	Frequência
Norte	754
Nordeste	1022
Centro-Oeste	1043
Sudeste	2528
Sul	4751
Total	10098

Fonte: Dados da pesquisa.

Pode-se observar na Tabela 2 que a região Sul apresenta a maior frequência de “assinaturas de contratos” (4751), representando quase 50% dos recursos no período de 2019 a 2023. Já a região Norte apresenta o menor índice. A região Sudeste também contribui significativamente, com 2528 assinaturas, totalizando 25% do conjunto. Em contrapartida, as demais regiões possuem frequências e porcentagens que, somadas, alcançam 27.8%, evidenciando que juntas, tem quase a mesma participação que a região Sudeste.

Figura 1: Distribuição dos acordos ao longo dos anos



Fonte: Dados da pesquisa

A análise do número de assinaturas ao longo dos anos, representada na Figura 1, revela uma dinâmica oscilante. Entre 2019 e 2020, observou-se uma diminuição; porém, durante o período de 2020 a 2021, houve um aumento. Notavelmente, entre 2021 e 2022, registrou-se uma significativa diminuição. Essas variações podem ser atribuídas a uma diversidade de fatores, incluindo influências políticas, os impactos da

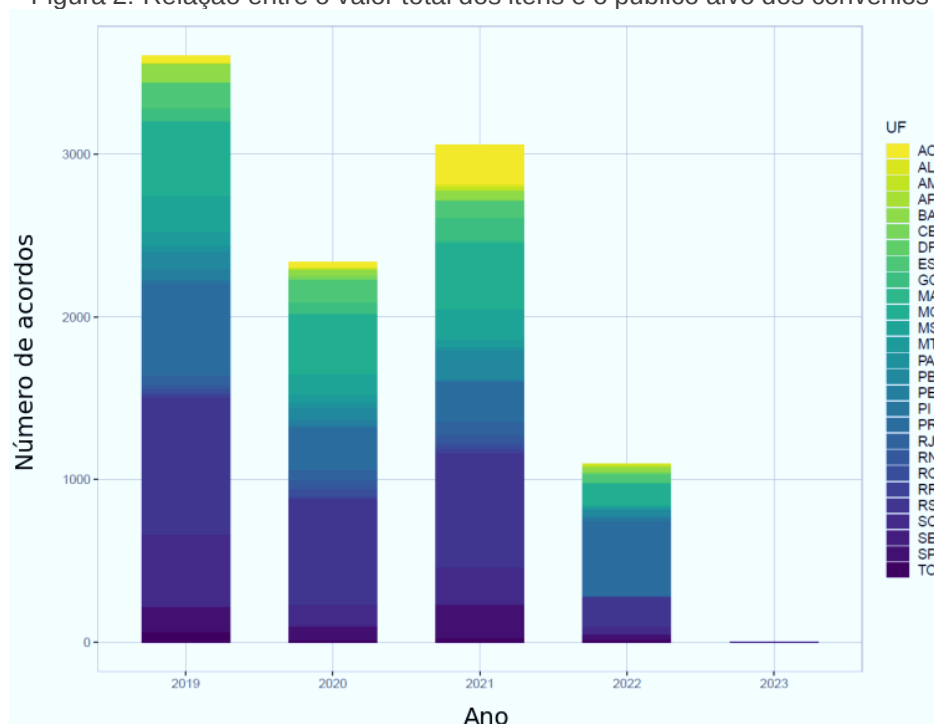
pandemia e mudanças no governo, uma vez que esse intervalo de tempo incorporou esses eventos marcantes.

Alterações nas prioridades políticas do governo podem impactar diretamente programas e iniciativas, afetando a adesão e assinaturas de contratos. Mudanças nas alocações orçamentárias podem resultar em recursos reduzidos para determinados programas, limitando sua eficácia e atratividade para participantes. A pandemia do *COVID-19 pode ter causado instabilidade econômica, levando empresas e indivíduos a reavaliar seus compromissos financeiros, o que poderia se refletir na diminuição das assinaturas e podem ter afetado a operacionalização dos processos de assinatura de contratos, reduzindo a atividade nesse aspecto.

Outro fator importante foi a mudança na administração, pois muitas vezes resultam em ajustes nas políticas e programas governamentais, o que pode impactar a continuidade e o interesse nas iniciativas existentes.

A Figura 2 apresenta o número de assinaturas por estados. O conjunto de dados fornece uma visão abrangente das assinaturas de contratos ao longo de cinco anos, de 2019 a 2023, com uma ênfase especial na distribuição por estado, destacando a evolução temporal e a variação geográfica. O ano de 2019 registrou o número de assinaturas mais significativa, totalizando 3606 contratos, seguido por uma queda em 2020 (2336 assinaturas). Houve uma recuperação em 2021 (3056 assinaturas), mas uma notável diminuição em 2022 (1098 assinaturas) e quase ausência em 2023 (2 assinaturas). O estado de São Paulo (SP) apresenta uma presença constante como um dos principais contribuintes ao longo dos anos, com uma notável queda em 2022. Outros estados, como Rio Grande do Sul (RS) e Minas Gerais (MG), demonstram variações expressivas, influenciando a tendência geral. Alguns estados, como Amapá (AP), Roraima (RR), e Maranhão (MA), têm uma participação limitada ou ausente em determinados anos.

Figura 2: Relação entre o valor total dos itens e o publico alvo dos convênios



Fonte: Dados da pesquisa

Em relação aos convênios, a Tabela 3 revela algumas informações importantes sobre o estado dos convênios. A categoria mais significativa são os contratos em execução, que abrangem mais da metade dos convênios (51,1%). E quase 35% dos contratos já foram enviados para prestação de contas e/ou estão com as prestações sendo analisadas. Observa-se uma diversidade de situações, desde convênios com prestação de contas concluída até aqueles que estão em análise ou aguardando complementação.

Tabela 3: Situação dos convênios firmados pelo MAPA

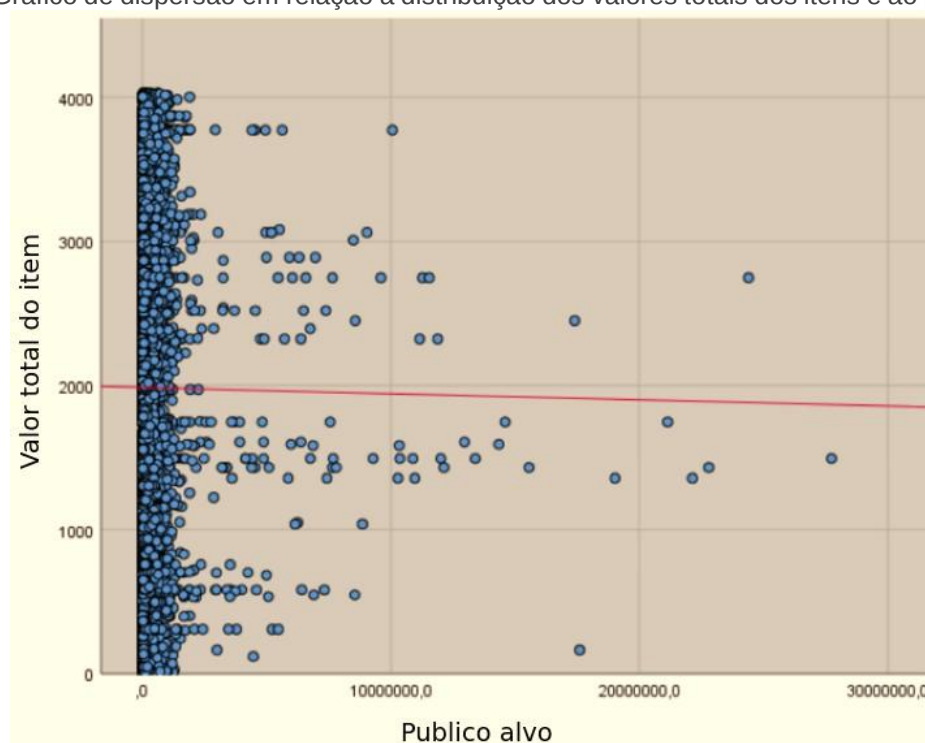
Situação Convênio	Frequência	Porcentagem (%)
Aguardando Prestação de Contas	291	2.9
Convênio Anulado	25	0.2
Em execução	5165	51.1
Prestação de Contas Comprovada em Análise	5	0.0
Prestação de Contas Concluída	611	6.1
Prestação de Contas em Análise	1181	11.7
Prestação de Contas em Complementação	191	1.9
Prestação de Contas enviada para Análise	2322	23.0
Prestação de Contas Iniciada Por Antecipação	307	3.0
Total	10098	100.0

Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 3 oferece uma visão abrangente da relação entre as variáveis “Público_Alvo” e o “Valor_Total_Item”. Cada ponto representa uma observação. Como

a variável “Público_Alvo” é composta por uma cadeia de caracteres, foi realizada uma recodificação com o auxílio do software SPSS para a criação de seu respectivo gráfico. Com base na Figura 3, é evidenciada uma dispersão nos valores, indicando uma considerável variabilidade nos dados. Em outras palavras, os valores estão distribuídos de maneira não uniforme ou concentrada, sugerindo uma diversidade significativa no público alvo.

Figura 3: Gráfico de dispersão em relação a distribuição dos valores totais dos itens e ao público alvo



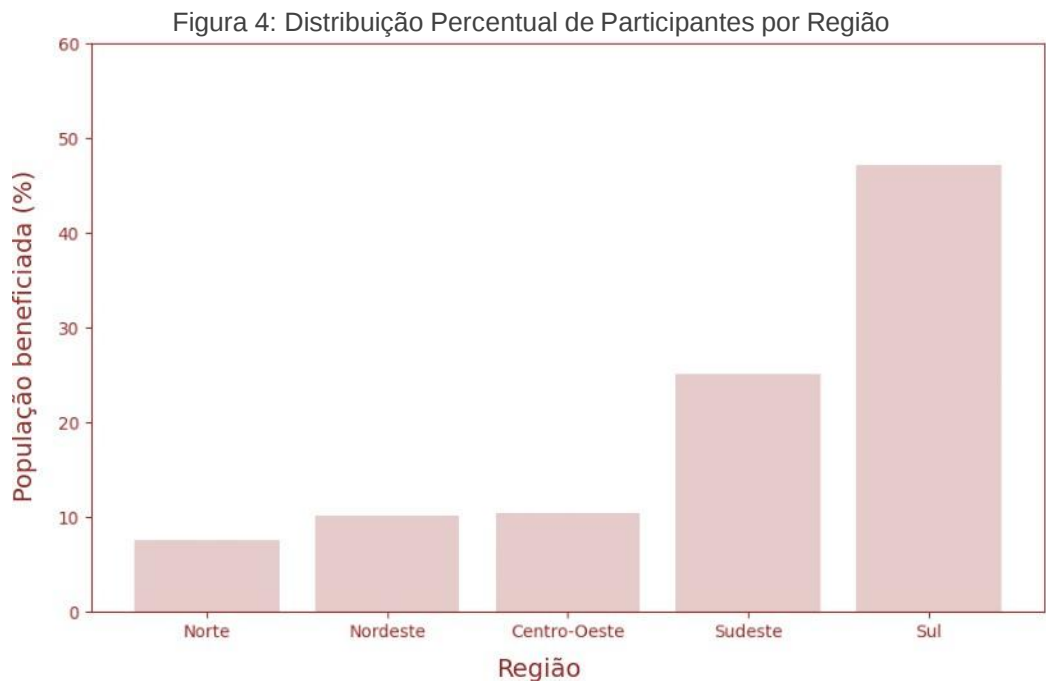
Fonte: Dados da pesquisa

A distribuição dos participantes mostra uma presença significativa em todas as regiões do Brasil. A região Sul possui a maior contribuição para o total de participantes, seguida pela região Sudeste. Isso pode sugerir um maior interesse, envolvimento ou relevância do projeto nessas áreas. Apesar da concentração nas regiões Sul e Sudeste, a presença nas regiões Norte, Nordeste e Centro- Oeste também é notável. Essa distribuição equilibrada pode indicar uma abordagem inclusiva e abrangente do projeto, conforme pode ser vista na Figura 4.

Sobre a variável “Natureza_Despesas”, bens móveis é a principal categoria desses itens que abrange uma variedade de objetos e incluem subcategorias, desde utensílios domésticos até equipamentos industriais e veículos. Um destaque para a grande quantidade de máquinas e equipamentos agrícolas e rodoviários (quase 70%),

indicando uma grande importância nesses setores, seguido por materiais permanentes, totalizando quase 15%. Os municípios com maiores destaques fazem parte dos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Pará.

Na Tabela 4 são apresentados informações estatísticas em relação a três variáveis numéricas, que contribuíram significativamente para esse estudo. Estes números indicam que a média de itens por observação é 5.15, mas a dispersão é alta, conforme indicado pelo desvio padrão significativamente grande. O mínimo de 1 sugere que há pelo menos uma observação com apenas um item, enquanto o máximo de 3950 indica uma grande variação na quantidade de itens, com o valor mais alto sendo bastante elevado. Em relação a variável “Valor_Total_Item”, os valores fornecem informações sobre o custo total dos itens em cada observação. A média é de, aproximadamente, 319.9 mil reais, mas novamente, a dispersão é alta, conforme indicado pelo desvio padrão considerável. O valor mínimo de 1 centavo de real sugere a presença de observações com itens de custo muito baixo (ou outliers), enquanto o valor máximo de 27.7 milhões de reais indica observações com custos muito elevados.



Fonte: Dados da pesquisa

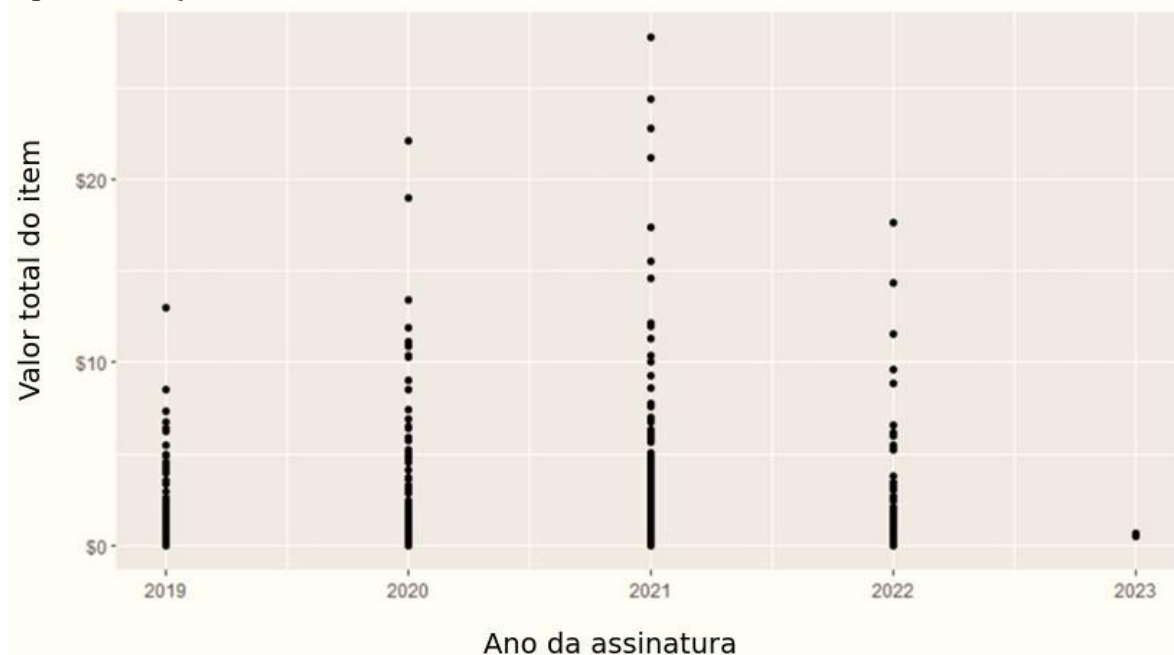
Tabela 4: Estatística descritiva de algumas variáveis numéricas da base de dados

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Qtd_Item	1.00	3950.00	5.15	67.78
Valor_Unitario_Item	0.01	1980000.00	199943.40	247053.87
Valor_Total_Item	0.01	27738000.00	319884.32	972267.16

Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 5 são apresentadas informações em relação aos anos de assinatura e os valores totais dos itens solicitados. Houve um crescimento entre 2019 e 2021, com valores bem significativos no ano de 2021. Contudo, houve redução em relação ao ano de 2022, já no ano de 2023 por ainda estar em andamento, não foi possível fornecer informações conclusivas nesse momento.

Figura 5: Relação entre os anos de assinaturas dos contratos e os valores totais dos itens solicitados



Fonte: Dados da pesquisa

A análise de agrupamento foi conduzida com o propósito de categorizar as regiões com base nos valores totais dos contratos estabelecidos. Para executar a clusterização, foram aplicadas as seguintes etapas: utilização da função *fviz_nbclust* do pacote *factorextra* em linguagem de programação R para determinar o número ideal de clusters. Além disso, a análise gráfica auxilia na identificação do ponto em que a adição de mais clusters não resulta em uma redução significativa na variabilidade intra-cluster. Nessa perspectiva, a Figura 6 apresenta o gráfico que serve como base para definição do número ideal de clusters nesta pesquisa e, através deste gráfico, é possível notar que 3 clusters é o número ideal de agrupamentos.

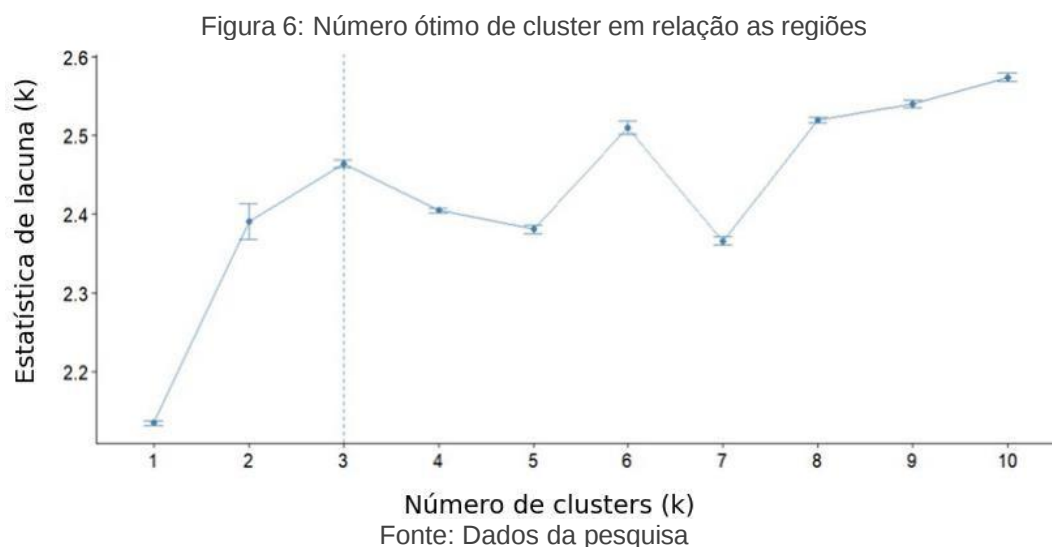


Tabela 5: Análise descritiva dos clusters obtidos em relação às variáveis Valor_Total_Item e as regiões do Brasil.

		Clusters		
		1	2	3
Valor_Total_Item	Quantidade	65	2785	7239
	Min	5196000	0	5
	Max	27738000	5094000	4900000
	Média	10018448	336834,7	226278,8
Desv. Padrão		5166016	537111,6	342040,6
UF_por_Região	Min	1	1	4
	Max	5	3	5
	Média	3,738	2,099	4,653
	Desv. Padrão	1,278	0,792	0,476

Fonte: Dados da pesquisa

Conforme podemos observar na Tabela 5, o cluster 3 possui a maior quantidade de observações. Os valores totais dos itens variam consideravelmente, com uma média de, aproximadamente, 226.3 mil reais e um desvio padrão significativo, indicando uma dispersão considerável nos valores. A distribuição das Unidades Federativas (UF) por região sugere uma consistência geral nas regiões 4 e 5, ou seja, nas regiões Sul e Sudeste.

O cluster 2 possui uma quantidade significativa de observações, mas menor em comparação ao cluster 3. Os valores totais dos itens variam consideravelmente, com uma média mais alta (aproximadamente 336.8 mil reais) e um desvio padrão também elevado, indicando uma maior dispersão nos valores. A distribuição das UFs por região sugere uma diversidade regional, com uma menor média de UFs por região, contemplando as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

O cluster 1 é o menor em termos de quantidade de observações. No entanto, ele se destaca por ter valores totais de itens muito mais elevados, com uma média de,

aproximadamente, 10 milhões de reais e um desvio padrão considerável, indicando uma variabilidade significativa nos valores. A distribuição das UFs por região sugere uma diversidade moderada, com uma média intermediária de UFs por região, contemplando todas as regiões do País.

A Figura 7 apresenta graficamente a distribuição dos clusters em relação as regiões brasileiras e o valor total dos itens de cada convênio firmado pelo MAPA.



5. DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DOS CLUSTERES OBTIDOS PELO ALGORITMO K-MEANS

A diminuição nas assinaturas ao longo dos anos pode ser atribuída a fatores políticos, a pandemia de COVID-19 e a mudanças de governo, refletindo instabilidades econômicas e ajustes nas políticas governamentais. A distribuição regional indica diferentes níveis de participação, possivelmente associados à relevância do projeto em cada região. Variações nos Estados e categorias de despesas destacam a diversidade e importância de diferentes setores na execução dos convênios.

A análise dos resultados obtidos revela informações significativas sobre a dinâmica dos convênios públicos firmados entre o MAPA nos anos de 2019 a 2023. Ao empregar técnicas avançadas de agrupamento, notadamente o algoritmo *k-means*, este estudo proporcionou uma compreensão aprofundada da estrutura subjacente dos

dados, identificando padrões e tendências que são importantes para embasar decisões futuras.

A questão crítica na implementação de algoritmos de agrupamento, especialmente o *k-means*, reside na pré-especificação do número de clusters. Este estudo adotou uma abordagem utilizando a função *fviz_nbclust* e o método *gap_stat* para determinar o número ótimo de agrupamentos. Essa metodologia proporcionou uma perspectiva abrangente dos dados, permitindo a identificação de três clusters relevantes para categorizar as regiões brasileiras com base nos valores totais dos contratos. Essa abordagem apresenta robustez e adaptabilidade a conjuntos de dados de alta dimensão.

A análise temporal das assinaturas de contratos, evidenciada na Figura 1, oferece uma narrativa fascinante sobre as mudanças ao longo dos anos. A redução no número de assinaturas de 2022 para 2023, representada na Tabela 3, não reflete muito nos dados, pois foram coletados já no início do ano de 2023. Essa contextualização temporal promove a compreensão não apenas das variações nos dados, mas também para antecipar cenários futuros.

A distribuição geográfica das assinaturas por Estados, destacada na Figura 2, revela padrões distintos. Estados como São Paulo (SP) mantêm uma presença constante, enquanto outros, como Rio Grande do Sul (RS) e MinasGerais (MG), exibem variações expressivas. A inclusão de uma análise detalhada sobre a distribuição de recursos por estado, conforme apresentado na Figura 3, enriquece a discussão ao identificar os Estados que se destacam e os que demandam maior atenção.

A diminuição nas assinaturas de contratos pode ser atribuída a uma gama de fatores, como mudanças nas prioridades políticas, instabilidades econômicas causadas pela pandemia e ajustes nas políticas governamentais. Este estudo não apenas observa essas possíveis influências, mas também destaca a importância de considerá-las na tomada de decisões futuras. A compreensão dos impactos potenciais desses fatores é fundamental para ajustar programas e iniciativas, garantindo sua eficácia contínua.

Abordagem inclusiva do projeto, conforme refletido na distribuição de participantes nas regiões do Brasil (Figura 6), sugere uma estratégia abrangente. A análise detalhada sobre variáveis como “Natureza_Despesas” e a relação entre

“Público_Alvo” e “Valor_Total_Item” (Figura 5) adiciona profundidade à discussão, ressaltando a diversidade e categorias e a extensão abrangente do projeto.

Ao considerar esses pontos, é evidente que a aplicação de técnicas avançadas de análise de dados contribui substancialmente para a compreensão e interpretação de conjuntos de dados complexos. Além disso, a contextualização dos resultados em um cenário temporal e político mais amplo oferece uma base sólida para a tomada de decisões informadas. Essa abordagem interdisciplinar reforça a relevância e o impacto deste estudo na esfera governamental e na gestão de políticas públicas.

Ao realizar uma análise estatística detalhada dos valores dos convênios, explorando a associação com as regiões geográficas, em conjunto com a utilização de técnicas avançadas de agrupamento, em particular o algoritmo *k-means*, permitiu a formação de clusters distintos que revelam padrões significativos nos dados dos convênios. Esses clusters não apenas destacam a variabilidade nos valores dos convênios, mas também proporcionam informações valiosas sobre a distribuição geográfica desses valores.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados examinados e nas análises conduzidas, esta pesquisa fornece informações importantes sobre a distribuição geográfica, evolução temporal e características dos convênios estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) no período de 2019 a 2023. A análise detalhada das assinaturas de contratos revelou uma distribuição regional significativa, com a região Sul destacando-se como líder em termos de quantidade, seguida pela região Sudeste. Estes achados ressaltam a importância de considerar a diversidade geográfica do Brasil ao planejar e implementar programas e políticas governamentais relacionados à agricultura e pecuária.

Com base nos resultados abordados e nas análises realizadas, a presente pesquisa oferece informações valiosas sobre a distribuição geográfica, evolução temporal e características dos convênios firmados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) no período de 2019 a 2023. A análise detalhada das assinaturas de contratos revelou uma distribuição regional significativa, com a região Sul destacando-se como a líder em termos de quantidade, seguida pela região Sudeste. Esses achados ressaltam a importância de considerar a diversidade

geográfica do Brasil ao desenvolver e implementar programas e iniciativas governamentais relacionadas à agricultura e pecuária.

Além disso, a variação temporal no número de assinaturas de contratos ao longo dos anos ressalta a influência de fatores externos, como mudanças políticas, a pandemia de COVID-19 e alterações na administração governamental, na dinâmica dos convênios. Essa análise temporal ressalta a necessidade de uma abordagem flexível e adaptativa na gestão de programas governamentais, a fim de lidar com eventos imprevistos e garantir a continuidade das iniciativas.

A situação diversificada dos convênios, evidenciada pela análise das diferentes etapas de execução, destaca a complexidade envolvida na implementação desses programas e a importância de um monitoramento eficaz para garantir o cumprimento dos objetivos estabelecidos. Além disso, a relação entre o valor total dos itens e o público-alvo dos convênios reflete a diversidade e amplitude das atividades realizadas pelo MAPA em colaboração com diferentes setores da sociedade.

Por último, a clusterização das regiões com base nos valores totais dos contratos estabelecidos revelou padrões distintos de distribuição geográfica e valores totais dos itens, proporcionando uma compreensão mais aprofundada da heterogeneidade regional no âmbito dos convênios do MAPA. Essa técnica de clusterização pode oferecer informações valiosas para a gestão e alocação de recursos, possibilitando uma abordagem mais focada e eficaz na implementação de programas e políticas públicas.

Em resumo, esta pesquisa contribui para uma compreensão mais abrangente dos convênios firmados pelo MAPA e destaca a importância de considerar fatores geográficos, temporais e contextuais na formulação e implementação de políticas e programas governamentais relacionados à agricultura, pecuária e abastecimento. Essas informações podem orientar decisões futuras e contribuir para o aprimoramento da eficácia e eficiência das iniciativas do MAPA no apoio ao desenvolvimento sustentável do setor agropecuário brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a SDI/MAPA pelo financiamento da pesquisa (TED nº939993/2022).

REFERENCES

1. Aguiar, P. A. d. A., Santana Júnior, C. J., and Bastos Filho, C. J. A. (2018). Aplicação de algoritmos de clusterização em uma base de dados de reservas de hotéis. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 3.
2. Alonso-Betanzos, A. and Bolón-Canedo, V. (2018). Big-data analysis, cluster analysis, and machine-learning approaches. *Sex-specific analysis of cardiovascular function*, pages 607–626.
3. Borges, M. J. and Parré, J. L. (2021). O impacto do crédito rural no produto agropecuário brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60:e230521.
4. Braga, M. J., Vieira Filho, J. E. R., and de Freitas, C. O. (2019). IMPACTOS DA EXTENSÃO RURAL NA RENDA PRODUTIVA. In *Diagnóstico e desafios da Agricultura Brasileira*, chapter Impactos d, page 340. IPEA, Rio de Janeiro.
5. Capano, G. and Howlett, M. (2020). The knowns and unknowns of policy instrument analysis: Policy tools and the current research agenda on policy mixes. *Sage Open*, 10(1):2158244019900568.
6. Chaves, R. S., Campelo Filho, E., and Pinto, R. S. (2022). Panorama das transferências voluntárias brasileiras no período 2008-2016. *Economia & Região*, 10(2):139–159.
7. Cordeiro, D. F., da Silva Souza, L. R., Limiro, R. M., and da Silva, N. R. (2023). Convênios públicos no fomento à agricultura familiar: análise exploratória face à pandemia da covid-19. *Revista de Gestão e Secretariado*, 14(2):2211–2234.
8. Costa, C. C. d. M., Ferreira, M. A. M., Braga, M. J., and Abrantes, L. A. (2012). Disparidades Inter-Regionais e Características dos Municípios do Estado de Minas Gerais Disparities and Inter- Regional Characteristics of Municipalities of the State of Minas Gerais. *Desenvolvimento em Questão*, pages 52–88.
9. Duran, B. S. and Odell, P. L. (2013). *Cluster analysis: a survey*, volume 100. Springer Science & Business Media.
10. Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., and Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. *AI magazine*, 17(3):37–37.
11. Fernandes, F. T. and Chiavegatto Filho, A. D. P. (2019). Perspectivas do uso de mineração de dados e aprendizado de máquina em saúde e segurança no trabalho. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 44:e13.
12. Frades, I. and Matthiesen, R. (2010). Overview on techniques in cluster analysis. *Bioinformatics methods in clinical research*, pages 81–107.
13. Grisa, C. and Schneider, S. (2014). Três gerações de políticas públicas para a agricultura familiar e formas de interação entre sociedade e estado no brasil.
14. Hoenink, J. C., Eisink, M., Adams, J., Pinho, M. G., and Mackenbach, J. D. (2023). Who uses what food retailers? A cluster analysis of food retail usage in the Netherlands. *Health & place*, 81:103009.
15. Jaeger, A. and Banks, D. (2023). Cluster analysis: A modern statistical review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 15(3):e1597.

16. Jiang, Y., King, J. M., and Prinyawiwatukul, W. (2014). A review of measurement and relationships between food, eating behavior and emotion. *Trends in Food Science & Technology*, 36(1):15–28.
17. Lascoumes, P. and Le Galès, P. (2007). Introduction: Understanding public policy through its instruments—from the nature of instruments to the sociology of public policy instrumentation. *Governance*, 20(1):1–21.
18. Laurett, R., Paço, A., and Mainardes, E. W. (2021). Sustainable development in agriculture and its antecedents, barriers and consequences—an exploratory study. *Sustainable Production and Consumption*, 27:298–311.
19. Lui, L. and Miquelino, W. (2023). Evolução dos convênios celebrados pelo ministério da agricultura com os entes subnacionais no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 61:e266689.
20. MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, 1(14):281– 297.
21. Maione, C., de Oliveira Souza, V. C., Togni, L. R., da Costa, J. L., Campiglia, A. D., Barbosa, F., and Barbosa, R. M. (2017). Using Cluster Analysis and ICP-MS to Identify Groups of Ecstasy Tablets in Sao Paulo State, Brazil. *Journal of Forensic Sciences*, 62(6):1479–1486.
22. Mamede, P., Fray, R., and Junior, I. D. B. (2023). Deep Learning and Statistical Models for Forecasting Transportation Demand: A Case Study of Multiple Distribution Centers. *Logistics*, 86:1–19.
23. Mangiaterra, B. (2020). A situação e os desafios do pequeno agricultor no brasil. *Revista Cultivar*. Retrieved from <https://revistacultivar.com.br/artigos/a-situacao-e-os-desafios-do-pequeno-agricultor-no-brasil>.
24. MAPA, Ministério da Agricultura e Pecuária (2023). Atribuições. Retrieved November 28, 2023 from <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/o-ministerio/atribuicoes>.
25. Matenga, Z. (2022). Assessment of energy market’s progress towards achieving sustainable development goal 7: A clustering approach. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52:102224.
26. Meng, Y., Liang, J., Cao, F., and He, Y. (2018). A new distance with derivative information for functional k-means clustering algorithm. *Information Sciences*, 463-464:166–185.
27. Moutinho, J. d. A. (2016). Transferências voluntárias da união para municípios brasileiros: mapeamento do cenário nacional. *Revista de Administração Pública*, 50:151–166.
28. Nemitz, M. C., Argenta, D. F., Koester, L. S., Bassani, V. L., von Poser, G. L., and Teixeira, H. F. (2016). The international scenario of patents concerning isoflavones. *Trends in food science & technology*, 49:85–95.
29. Portal da Transparência (2024). Portal da transparência: Convênios e outros acordos. Regrieved April 04 , 2024 from <https://portaldatransparencia.gov.br/entenda-a-gestao-publica/convenios-e-outros->

acordos#:~:text=Conv%C3%AAnio%2C%20contratos%20de%20repasse%20e,execu%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20objetivo%20comum.

30. Portal Gov.br (2024). Ministério da agricultura e pecuária: Atribuições. Retrieved April 04, 2024 from <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/o-ministerio/atribuicoes>.
31. RStudio Team (2023). *R Studio 4.2*. RStudio, PBC. Versão 4.2.
32. Schösler, H., de Boer, J., and Boersema, J. J. (2014). Fostering more sustainable food choices: Can self-determination theory help? *Food Quality and Preference*, 35:59–69.
33. Sgroi, F., Sciortino, C., Baviera-Puig, A., and Modica, F. (2024). Analyzing consumer trends in functional foods: A cluster analysis approach. *Journal of Agriculture and Food Research*, page 101041.
34. Sinaga, K. P. and Yang, M. S. (2020). Unsupervised K-means clustering algorithm. *IEEE Access*, 8:80716–80727.



CAPÍTULO

07

CONTROLE DE ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO POR POLIFENOLOXIDASE EM ABACATE, BATATA INGLESA E BERINJELA

Franky Soedirlan Resosemito

Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: franky.resosemito@ifma.edu.br

Giselle Schmid

Doutora em Antropologia pela Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (FCSH) Portugal

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: giselle.melo@ifma.edu.br

Rachel Torquato Fernandes

Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: racheltorquato@ifma.edu.br

Fabiane de Carvalho Sousa

Graduanda em Tecnologia em Alimentos

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: fabianecsousa24@hotmail.com

Poliana dos Santos Bezerra

Graduanda em Tecnologia em Alimentos

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: polianabezerra789@gmail.com

Adrielle de Assunção Almeida

Graduanda em Tecnologia em Alimentos

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: adrielleassunção31@gmail.com

RESUMO: A aparência, que é significativamente influenciada pela cor, é um dos primeiros atributos utilizados pelos consumidores na avaliação da qualidade das frutas. A cor, por sua vez, pode ser influenciada pela presença natural de pigmentos

(clorofilas, carotenóides, antocianinas etc.) no fruto ou devido às reações de escurecimento de natureza não enzimática ou enzimática. O objetivo deste trabalho é avaliar o escurecimento enzimático por polifenoloxidase em abacate, batata inglesa e berinjela. O tecido danificado quando exposto ao ar escurece rapidamente devido à conversão de compostos fenólicos a ortoquinonas que posteriormente polimerizam-se dando origem a compostos de coloração escura denominados melanoidinas. Os reagentes utilizados na prevenção do escurecimento foram suco de limão, vitamina C e solução de cloreto de sódio. A solução de vitamina C (ácido ascórbico) foi preparada dissolvendo-se uma pastilha numa determinada quantidade de água. O suco de limão foi preparado com um limão Taiti puro, ou seja, sem água. As frutas foram lavadas e secas. Em seguida, foram cortadas quatro fatias de cada fruta de mais ou menos 5 mm de espessura e estas foram colocadas nas placas de petri. Em uma das fatias de cada fruta, não se adicionou nenhuma solução, ficando esta como parâmetro de comparação para o escurecimento enzimático. Às outras três fatias, foi adicionado respectivamente o suco de limão, a solução de vitamina C (até o total recobrimento da superfície e a solução de cloreto de sódio. A prática experimental foi realizada no laboratório da Frutas e Hortaliças do IFMA São Luis – Campus Maracanã). Observou-se que o pH tem efeito notável sobre a atividade da maioria das enzimas. O ácido ascórbico é um bom agente quelante e antioxidante, pois interage diretamente com as quinonas para impedir o escurecimento enzimático. O ácido cítrico na inibição do escurecimento enzimático ocorre através da redução do pH ou com combinação do cobre (agente quelante) presente na PFO. A prática experimental apontou que o uso respectivamente do suco de limão, ácido ascórbico, e o cloreto de sódio são eficazes no combate ao escurecimento enzimático da abacate, batata inglesa e berinjela.

PALAVRAS-CHAVE: abacate, batata inglesa e berinjela, reação enzimática, polifenol oxidase.

RESUMEN: El aspecto, en el que influye significativamente el color, es uno de los primeros atributos utilizados por los consumidores a la hora de evaluar la calidad de la fruta. El color, a su vez, puede estar influenciado por la presencia natural de pigmentos (clorofilas, carotenoides, antocianinas, etc.) en el fruto o debido a reacciones de oscurecimiento de naturaleza no enzimática o enzimática. El objetivo de este estudio era evaluar el oscurecimiento enzimático por polifenoloxidasa en aguacate, patata inglesa y berenjena. Cuando un tejido dañado se expone al aire, se oscurece rápidamente debido a la conversión de compuestos fenólicos en ortoquinonas, que posteriormente se polimerizan para producir compuestos de color oscuro denominados melanoidinas. Los reactivos utilizados para evitar el oscurecimiento fueron zumo de limón, vitamina C y solución de cloruro sódico. La solución de vitamina C (ácido ascórbico) se preparó disolviendo una tableta en cierta cantidad de agua. El zumo de limón se preparó con un limón Tahití puro, es decir, sin agua. La fruta se lavó y se secó. A continuación, se cortaron cuatro rodajas de cada fruta, de unos 5 mm de grosor, y se colocaron en placas de Petri. No se añadió ninguna solución a una rodaja de cada fruta, que se utilizó como comparación para el pardeamiento enzimático. A las otras tres rodajas se les añadió zumo de limón, solución de vitamina C (hasta cubrir completamente la superficie) y solución de cloruro sódico, respectivamente. El experimento se realizó en el Laboratorio de Frutas y Hortalizas del IFMA São Luis - Campus Maracanã). Se observó que el pH tiene un efecto notable sobre la actividad de la mayoría de las enzimas. El ácido ascórbico es un buen agente quelante y antioxidante, ya que interactúa directamente con las

quinonas para prevenir el pardeamiento enzimático. El ácido cítrico inhibe el pardeamiento enzimático reduciendo el pH o combinándose con el cobre (agente quelante) presente en el PFO. La práctica experimental demostró que el uso de zumo de limón, ácido ascórbico y cloruro sódico, respectivamente, es eficaz para combatir el pardeamiento enzimático del aguacate, la patata inglesa y la berenjena.

PALABRAS CLAVE: aguacate, patata inglesa y berenjena, reacción enzimática, polifenol oxidasa.

1. INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana* Mill.) é um fruto climatérico, altamente perecível sob condições ambientais e apresenta valor nutritivo atrativo. Sua riqueza em vitaminas e alto teor de óleo de boa qualidade possibilitam o aumento de seu consumo. O consumo do fruto na forma processada é uma alternativa para comercialização do abacate. A comercialização do fruto na forma processada é um grande desafio, pois após o corte a polpa escurece rapidamente devido a presença de compostos fenólicos e atividade das enzimas de escurecimento (CRIZEL & MENDONÇA, 2008). A redução ou inativação da atividade de enzimas promotoras do escurecimento na polpa da fruta poderão fornecer informações benéficas ao setor industrial, permitindo comercialização da polpa ou produtos da fruta com reduzida ou nenhuma adição de aditivos químicos, sem alterar suas qualidades organolépticas originais, além de permitir conservação da fruta por um período maior (DAIUTO et al., 2010).

A berinjela (*Solanum melongena*) possui propriedades funcionais, e protege as funções hepáticas aumentando a produção de bile e sais minerais. É digestiva devido ao conteúdo de fibras presentes. Levando em consideração a composição nutricional de seu fruto, este pode ser considerado fonte de minerais e vitaminas. As principais vitaminas encontradas são as vitaminas A, B1, B2 e C. Além disso, ela destaca-se por apresentar uma grande quantidade de água, essencial para manter o corpo hidratado e favorecer as reações químicas nas células corporais; uma significativa porcentagem de fibras, que auxilia no bom funcionamento intestinal e formação do bolo fecal; além de ser considerada como um alimento que fornece poucas calorias, auxiliando no controle do peso (CARDOSO, 2005). A berinjela é freqüentemente, comercializada a granel e quando exposto ao ar, provocando em poucos dias a perda de qualidade em virtude do murchamento e aspecto esponjoso e sem brilho dos frutos, o que deprecia o seu valor comercial e nutritivo.

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um tubérculo de enorme importância na economia e alimentação humana mundial, pois é fonte de amido (alimento energético) e de proteínas de boa qualidade. O teor de proteínas da batata é duas vezes superior ao da mandioca, além disso, a batata possui um balanço adequado de proteína e energia (PINELI et al., 2005). Com isso, a batata necessita menor complementação protéica que outras raízes e tubérculos e muitos cereais. A batata, o abacate e a

berinjela minimamente processada têm no escurecimento enzimático o principal fator limitante de sua vida útil, necessitando, portanto, de tratamento de prevenção. A cor dos alimentos é um importante atributo para a escolha do consumidor e um dos fatores que determina a qualidade em frutos “in natura”. A aceitação de um produto pelo consumidor depende principalmente de sua aparência. A aparência relaciona-se sempre a textura e cor, especialmente a cor que é influenciada pela presença natural de pigmentos (clorofilas, carotenóides, antocianinas etc.) no alimento. Daí a importância da preservação da cor original dos alimentos após o processamento. Um dos principais fatores que pode afetar a cor de frutas e hortaliças durante o processamento é o chamado escurecimento enzimático. A comercialização do fruto na forma processada é um grande desafio, pois a polpa escurece rapidamente depois de cortada devido presença de enzimas de escurecimento.

O escurecimento enzimático pós-colheita é um sério problema que diminui a qualidade do abacate, batata e berinjela, e suas características nutricionais. As reações oxidativas deste processo, independentemente de sua causa (amassamento, corte, descascamento, ferimento e ação de microrganismo, etc), envolve o contato entre as enzimas oxidativas e vários compostos fenólicos. A principal enzima envolvida neste processo é a polifenoloxidase (PFO), que utiliza o oxigênio molecular na catálise de o-hidroxilação de monofenol para o-difenóis (atividade da monofenolase) e, posteriormente, a oxidação do difenol (atividade de difenolase) em o-quinona. Essas o-quinonas se polimerizam e/ou reagem com aminoácidos endógenos e proteínas formando pigmentos marrons complexos denominados melaninas (ALVARENGA *et al.*, 2011). O escurecimento resulta não somente numa indesejável formação de cor, mas também pode resultar na perda da qualidade nutricional e proporcionar modificações no sabor. Os fatores mais importantes no aumento do escurecimento provocado por esta enzima são a concentração de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o oxigênio disponível no tecido.

O controle da atividade da peroxidase e polifenoloxidase é de grande importância, uma vez que estas são responsáveis pelo escurecimento em frutas e vegetais e seus produtos processados (COSTA *et al.*, 2011; JESUS *et al.*, 2011). O ácido ascórbico é reconhecido por sua ação redutora e contribuição nutricional (vitamina C). Ele atua seqüestrando o cobre, grupo prostético da polifenoloxidase, e reduzindo quinonas de volta a fenóis, antes de formarem pigmentos escuros. O ácido ascórbico é provavelmente o maior inibidor de ocorrência natural do escurecimento

enzimático em batatas. Ele reduz os produtos da oxidação inicial, as ortoquinonas, para ortodifenóis até que ela seja quantitativamente oxidada para ácido deidroascórbico (SANTOS, 2009; SILVA, 2009).

Considerando-se a importância do abacate, batata inglesa e berinjela na alimentação humano e sua sensibilidade ao escurecimento, bem como a carência de estudos pertinentes à esses produtos, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de tratamentos químicos contendo ácido ascórbico, suco de limão e cloreto de sódio sobre a manutenção da qualidade visual e redução na intensidade do escurecimento enzimático.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Frutas e Hortaliças do IFMA São Luis - Campus Maracanã, no período compreendido entre os meses de março de 2013 e março de 2014. A coleta das amostras foi realizada em estabelecimentos de comércio em São Luis. Foram utilizados abacate, berinjela, banana nanica (*Musa ssp*) e maçã (*Malus sp*). Foram também utilizados placas de petri, conta-gotas, faca e copos descartáveis. Os reagentes utilizados na prevenção do escurecimento foram suco de um limão Taiti, solução de cloreto de sódio e vitamina C (Redoxon®). Tanto o material como os reagentes empregados são de fácil aquisição e de baixo custo.

A solução de vitamina C (ácido ascórbico) foi preparada dissolvendo-se uma pastilha (1g de vitamina C) em 40 mL de água. O suco de limão foi preparado com um limão Taiti puro, ou seja, sem água. As frutas foram lavadas e secas. Em seguida, foram cortadas quatro fatias de cada fruta de mais ou menos 5 mm de espessura e estas foram colocadas nas placas de petri. Em uma das fatias de cada fruta, não se adicionou nenhuma solução, ficando esta como parâmetro de comparação para o escurecimento enzimático. Os outros três fatias, foi adicionado com uma conta-gota respectivamente o suco de limão, a solução de vitamina C (até o total recobrimento da superfície) e a solução de cloreto de sódio (figura 1).

Figura 1 – Fatias das batatas inglesas tratadas respectivamente com suco de limão, solução de vitamina C e solução de cloreto de sódio



Fonte: Autoria própria

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de substâncias ácidas em tecidos vegetais resulta em abaixamento do pH do tecido, diminuindo assim a velocidade da reação de escurecimento. O pH ótimo de atuação da PFO está entre 6 e 7, e abaixo de 3 não há nenhuma atividade enzimática. A Tabela 1 apresenta os resultados das soluções utilizados para impedir o escurecimento enzimática.

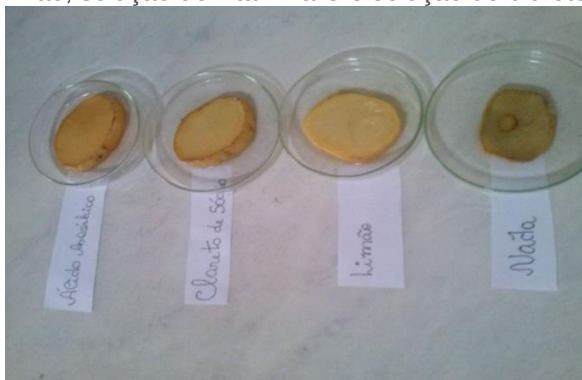
Tabela 1 - Ocorrência de escurecimento enzimático na Batata Inglesa, Berinjela, e Abacate mediante diferentes reagentes em condição ambiente

Amostras	Sem tratamento	Suco de limão	Ác. ascórbico	Cloreto de sódio
Batata Inglesa	+	-	-	-
Abacate	+	-	-	-
Berinjela	+	-	-	-

Fonte: Os autores.

O escurecimento enzimático observado a temperatura ambiente deve-se ao favorecimento resultante do descascamento e corte que favoreceu a ação da enzima PFO (polifenol oxidase). Depois da meia hora, observou-se que a fatia da batata inglesa sem tratamento sofre escurecimento enzimática, devido à atuação da enzima polifenoloxidase na presença do oxigênio atmosférico. As fatias recobertas com as soluções dos antioxidantes permaneceram com a coloração inalterada como pode ser observado na figura 2, porém o suco de limão mostrou maior eficiência em relação da solução de vitamina C e a solução do cloreto de sódio para impedir o escurecimento enzimático das fatias de batata inglesa.

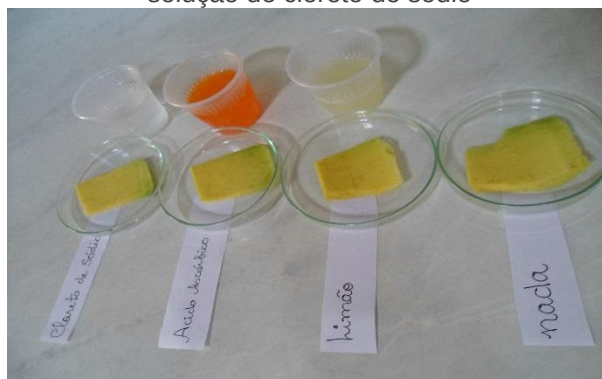
Figura 2 – Escurecimentos enzimáticos das fatias das batatas inglesas tratadas respectivamente com suco de limão, solução de vitamina C e solução de cloreto de sódio



Fonte: Autoria própria

No estudo do escurecimento enzimático com as fatias de abacate (Figura 3), também foi observado mudança de cor.

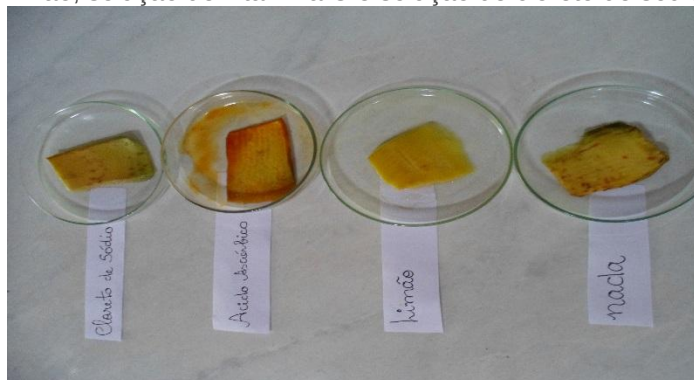
Figura 3 – Fatias do abacate tratadas respectivamente com suco de limão, solução de vitamina C e solução de cloreto de sódio



Fonte: Autoria própria

Mais uma vez, o suco de limão mostrou maior eficiência em relação da solução de vitamina C e solução do cloreto de sódio no impedimento do escurecimento enzimático das fatias de batata inglesa (figura 4). Cabello (2005) aponta como fatores responsáveis pelo escurecimento as enzimas, o substrato e o oxigênio sendo a interferência em um desses fatores impede a reação de ocorrer, controlando assim a sua oxidação. O suco de limão utilizado para inativar a ação enzimática é rico em ácido cítrico, que segundo Endo *et al* (2008), quando utilizado como antioxidantes apresenta efeito sequestrante sinérgico. A ação do ácido cítrico na inibição do escurecimento enzimático ocorre através da redução do pH ou com combinação do cobre (agente quelante) presente na PFO.

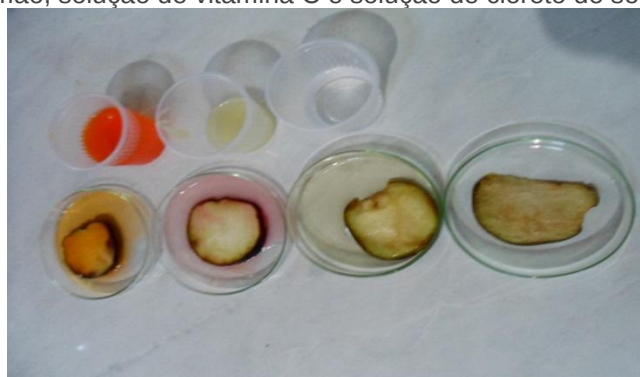
Figura 4 – Escurecimentos enzimáticos das fatias da abacate tratadas respectivamente com suco de limão, solução de vitamina C e solução de cloreto de sódio



Fonte: Autoria própria

No estudo do escurecimento enzimático com as fatias da berinjela, também foi notado mudança de cor. Novamente, o suco de limão mostrou maior eficiência em relação da solução de vitamina C e solução do cloreto de sódio no impedimento do escurecimento enzimático das fatias de batata inglesa (Figura 5).

Figura 5 – Escurecimentos enzimáticos das fatias da berinjela tratadas respectivamente com suco de limão, solução de vitamina C e solução de cloreto de sódio



Fonte: Autoria própria

De acordo com Coultate (2004), o ácido ascórbico é um bom agente quelante e antioxidante, pois interage diretamente com as quinonas para impedir escurecimento e se usado em quantidade suficiente elimina o oxigênio num recipiente fechado. Na presença da vitamina C (ácido ascórbico), os compostos do tipo o-quinona são reduzidos para a forma fenólica. Por meio da observação do grupo controle (sem tratamento), pode-se observar também que a berinjela escureceu a menos tempo que a batata e o abacate, isso deve a quantidade das enzimas presentes no substrato. O pH tem efeito notável sobre a atividade da maioria das enzimas, a mudança de pH pode alterar a atividade enzimática convertendo as condições menos favoráveis a

atividade das enzimas desnaturando parte delas, sendo portanto considerado por alguns autores como inibidor enzimático.

4. CONCLUSÕES

Os tecidos vegetais quando processados sofrem ação de enzimas próprias que alteram sua aparência. A prática apontou essa transformação, além de ter indicado métodos eficazes no combate ao escurecimento enzimático na presença dos reagentes respectivamente de suco de limão, ácido ascórbico, e o cloreto de sódio, observou-se um resultado satisfatório com a inativação enzimática.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, T. C.; NETO, H. F. da S.; OGASSAVARA, F. O.; ARANTES, F. C.; MARQUES, M. O.; FRIGIERI, M. C. Polifenoloxidase: uma enzima intrigante. *Ciência & Tecnologia: FATEC-JB, Jaboticabal*, v. 3, n. 1, p. 83-93, 2011.
- CABELLO, C. Extração e pré-tratamento químico de frutanos de Yacon. *Revista Ciência, Tecnologia de Alimento. Campinas*, vol. 25, n 02: 202-207, abr/jun. 2005.
- CARDOSO, M. O. Índices fisiológicos e de produção de berinjela com uso de matéria orgânica e termofosfato magnésiano. 187 p., 2005. Tese (Doutorado em Agronomia) pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – Areia, PB.
- COSTA, A.; ANTUNES, P. L.; ROMBALDI, C. V.; GULARTE, M. A. Controle do escurecimento enzimático e da firmeza de polpa em pêssegos minimamente processados. *Ciência Rural, Santa Maria*, v.41, n.6, p.1094-1101, jun, 2011.
- COULTATE, T.P. Alimentos : a química de seus componentes. 3ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004.
- CRIZEL, G. R.; MENDONÇA, C. R. B. Abacate: variedades, produção e aspectos nutricionais. Conhecimentos sem fronteiras. XVII Congresso de IC, X Encontro de Pós-Graduação, 2008.
- DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L.; TREMOCOLDI, M. A.; VILEIGAS, D. F. Estabilidade físico-química de um produto de abacate acondicionado em diferentes embalagens e conservação pelo frio. *Alim. Nutr., Araraquara*, v.21, n.1,p. 99-107, jan./mar. 2010.
- ENDO, E. *et al.* Uso de filmes ativos na conservação da batata minimamente processada. *Semina: Ciências Agrárias. Londrina*, vol.19, n 02 :349-360, abr/jun. 2008.
- JESUS, M. M. S. de; CARNELOSSI, M. A. G.; SANTOS, S. F.; NARAIN, N.; CASTRO, A. Inibição do escurecimento enzimático de quiabo minimamente processado. *Rev. Ciênc. Agron.*, v. 39, n. 4 p. 524-530, out-dez, 2008.
- JUNQUEIRA, M. da S.; SOARES, N. de F. F.; REIS, R. C.; CARNEIRO, J. de. D. S.; BENICIO, R. T.; YOKOTA, S. R. C. Efeito de embalagens ativas no escurecimento enzimático de batatas (*solanumtuberosum*) fatiadas e minimamente processadas. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 30, n. 3, p. 613-618, jul. / set. 2009.
- PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; ALMEIDA, G. C.; NASCIMENTO, A. B. G.; ONUKI, A. C. A. Associação de atmosfera modificada e antioxidantes reduz o escurecimento de batatas 'Ágata' minimamente processadas. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v.23, n.4, p.993 -999, out-dez 2005.
- SANTOS, K. A. dos S.; KARAM, L. M.; FREITAS, R. J. S. de; STERTZ, S. C. Composição química da berinjela (*Solanum melongena L.*). *B.CEPPA, Curitiba*, v. 20, n. 2, jul./dez.2002
- SANTOS, I. R. C. dos. Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidase de atemóia (*Annonacherimola Mill. X Annonasquamosa L.*). Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição – Araraquara, 2009. 119 f.

SILVA, A. M. L. da; GOMES, A. C. G.; MARTINS, B. de A. Alterações físico-químicas e estudo enzimático da polpa de araticum (*Annonacrassiflora Mart*). Estudos, Goiânia, v. 36, n. 5/6, p. 775-783, maio/jun. 2009.



CAPÍTULO

08

CONCENTRAÇÕES DE CARVÃO ATIVADO,
SACAROSE E SAIS DO MEIO SUPRIMENTO (S) PARA
CULTIVO SEMINÍFERO IN VITRO DE *Cyrtopodium*
cardiochilum

Brenda Ventura Lima

Mestre em Fitopatologia

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: brenda.ventura@ifgoiano.edu.br

André Ferreira Santos

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas

Instituição: Agropecuária Cruz Celta

Endereço: Porangatu, Goiás, Brasil

E-mail: s.andreferreira@gmail.com

Eliane Mayumi Inokuti

Doutora em Fitopatologia

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia

Endereço: Monte Carmelo, Goiás, Brasil

E-mail: eminokuti@gmail.com

Claudinei Martins Guimarães

Doutor em Engenharia Agrícola

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: neiufv@hotmail.com

Rodrigo Vieira da Silva

Doutor em Fitopatologia

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: rodrigo.silva@ifgoiano.edu.br

Isabeli Barbosa Brito

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: isabeli.brito@estudante.ifgoiano.edu.br

Robert Weingart Barreto

Doutor em Botânica

Instituição: Universidade Federal de Viçosa

Endereço: Viçosa, Minas Gerais, Brasil

E-mail: rbarreto@ufv.br

RESUMO: Na propagação *in vitro* de orquídeas, são utilizados meios de cultura específicos para cada espécie. Contudo, para aumentar a eficácia e rapidez na produção de orquídeas, vários elementos, tais como vitaminas, aminoácidos, aditivos orgânicos, sacarose, carvão ativado e sais minerais podem ser adicionados ao meio de cultivo. Informações sobre a propagação *in vitro* da orquídea *C. cardiochilum* são escassas. Assim, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar diferentes combinações de carvão ativado, sacarose e sais do meio de cultura Suprimento (S) com a finalidade de se determinar a composição mais favorável para a produção de plântulas de *C. cardiochilum*. O experimento foi realizado no Laboratório de Cultura de Tecidos do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O estudo foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com 22 tratamentos e 10 repetições, onde cada tratamento foi representado por uma combinação de teores de carvão ativado, sacarose e sais do meio de cultura Suprimento (S). Após seis meses de cultivo, a matéria seca de calos e plântulas foi avaliada. Os dados foram submetidos à ANOVA e à curva de dose-resposta. A máxima produção de matéria seca de calos foi obtida com a utilização de 0,8 g L⁻¹, 70 g L⁻¹ e 8 g L⁻¹ de carvão ativado, sacarose e sais do meio S, respectivamente. No entanto, uma curva de dose-resposta para plântulas indicou que concentrações de 3,0 g L⁻¹, 33 g L⁻¹ e 3,2 g L⁻¹ de carvão ativado, sacarose e sais do meio S, respectivamente, foram as mais apropriadas para a produção de plântulas de *C. cardiochilum*. Assim, para a produção seminífera de plântulas de *C. cardiochilum in vitro*, é recomendada a adição de 3,0, 33, e 3,2 g L⁻¹ de carvão ativado, sacarose e sais do meio S, respectivamente, ao meio de cultura.

PALAVRAS-CHAVE: orquídea, orchidaceae, sumaré-do-mato, cultivo *in vitro*, meios de crescimento.

ABSTRACT: In the *in vitro* propagation of orchids, specific culture medium are used for each species. However, to increase the effectiveness and speed of orchid production, various elements, such as vitamins, amino acids, organic additives, sucrose, activated charcoal and mineral salts can be added to the cultivation medium. Information on the *in vitro* propagation of the orchid *C. cardiochilum* is scarce. Thus, the present research aimed to evaluate different combinations of activated charcoal, sucrose and salts from the Suprimento (S) culture medium in order to determine the most favorable composition for the production of *C. cardiochilum* seedlings. The experiment was carried out in the Laboratório de Cultura de Tecidos from the Department of Plant Biology of the Universidade Federal de Viçosa (UFV). The study was conducted in a randomized block design, with 22 treatments and 10 replications, where each treatment was represented by a combination of activated carbon levels, sucrose and salts from the culture medium Supply (S). After six months of cultivation, the dry matter of callus and seedlings was evaluated. Data were subjected to ANOVA and dose-response curve. The maximum production of callus dry matter was obtained with the use of 0.8 g L⁻¹, 70 g L⁻¹ and 8 g L⁻¹ of activated carbon, sucrose and medium S salts, respectively. However, a dose-response curve for seedlings indicated that concentrations of 3.0 g L⁻¹, 33 g L⁻¹ and 3.2 g L⁻¹ of activated charcoal, sucrose and medium S salts, respectively, were the most appropriate for the production of *C. cardiochilum* seedlings. Thus, for the seminiferous production of *C. cardiochilum* seedlings *in vitro*, it is recommended to add 3.0, 33, and 3.2 g L⁻¹ of activated charcoal, sucrose and S medium salts, respectively, to the culture medium.

KEYWORDS: orchid, orchidaceae, sumaré-do-mato, *in vitro* cultivation, growing media.

1. INTRODUÇÃO

Cyrtopodium cardiochilum (Orchidaceae), popularmente conhecida como ‘sumaré-do-mato’, é uma orquídea brasileira de hábito terrestre ou rupestre, que ocorre na natureza dos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e na região Centro-Oeste do Brasil (Menezes, 2000). Embora a planta produza inflorescências vistosas, ela ainda não é cultivada comercialmente como ornamental.

Barreto & Parente (2006) demonstraram o efeito terapêutico do extrato de bulbos da *C. cardiochilum*, quando caracterizaram quimicamente o polissacarídeo presente nos extratos obtidos de *C. Cardiochilum*, com propriedades terapêuticas. Estes estudos geraram interesse pela domesticação e cultivo intensivo da orquídea sumaré-do-mato para a produção de extratos utilizados em produtos cosméticos e farmacêuticos. No entanto, um dos aspectos limitantes para a viabilização de *C. cardiochilum* como uma nova cultura de exploração econômica é a obtenção de material propagativo em quantidade suficiente.

Assim como outras espécies de orquídeas, a *C. cardiochilum* possui crescimento lento, com fornecimento de mudas restrito a poucos orquidários, em quantidades pequenas e custo elevado. A obtenção de mudas vegetativas a partir de populações naturais da planta mitigada pela dificuldade de acesso aos locais de ocorrência (frequentemente paredões rochosos úmidos), além da questão da legislação de preservação. Logo, uma fonte alternativa de material propagativo é fundamental para a superação desta limitação.

A multiplicação semínifera *in vitro* é um dos processos utilizados para multiplicação de espécies de orquídeas ornamentais de gêneros tradicionais no comércio, permitindo produzir, em condições controladas, grande quantidade de mudas de alta qualidade, em curto espaço de tempo (Stancato & Faria, 1996; Grattapaglia & Machado, 1998).

Na propagação *in vitro* de orquídeas, são utilizados meios de cultura específicos, dependendo da espécie, com a finalidade de proporcionar melhores condições de crescimento. Contudo, para aumentar a eficácia e rapidez na produção de orquídeas, vários elementos, tais como vitaminas, aminoácidos, aditivos orgânicos (água de coco, banana, tomate, etc), sacarose, carvão ativado e sais minerais podem ser adicionados ao meio de cultivo (Arditti & Ernst, 1992).

Um meio de cultura considerado universal é desconhecido para cultivo *in vitro* de orquídeas, ou seja, cada espécie de orquídea exige um meio de cultivo diferente. Informações sobre a propagação *in vitro* da orquídea *C. cardiochilum* são escassas, gerando a necessidade de se conhecer o meio mais adequado para o crescimento dessa espécie.

Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de diferentes combinações de carvão ativado, sacarose e sais do meio de cultura Suprimento (S) com a finalidade de se determinar a composição mais favorável para a produção de plântulas de *Cyrtopodium cardiochilum*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Cultura de Tecidos do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa. Os meios de cultura testados para fins de cultivo seminífero de *C. cardiochilum* foram baseados em variações de teores dos componentes, descritos para o meio de cultura Suprimento (S) desenvolvido por Santos (2009) (Tabela 1). Os componentes dos sais do meio S estão listados na Tabela 2.

Tabela 1: Composição e concentração dos nutrientes do meio de cultura Suprimento (S)

Nutriente	meio S (mg L ⁻¹)
N	328,00
P	150,00
K	950,00
Ca	197,00
Mg	50,00
S	113,00
Fe	6,56
Zn	2,00
Mn	3,28
B	2,19
Cu	0,25
Mo	0,04

Fonte: Próprios autores.

Tabela 2: Concentração dos sais no meio de cultura Suprimento (S)

Sais	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	KNO_3	KCl	K_2SO_4	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	H_3BO_3	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Concentração	mg L ⁻¹										— µg L ⁻¹ —	
	1160,0	510,0	886,0	976,0	214,0	557,0	10,0	10,7	7,0	26,1	786,0	64,4

Fonte: Próprios autores.

Para a elaboração do meio de cultivo *in vitro*, o pH foi ajustado para $5,7 \pm 0,1$ e, posteriormente, foram distribuídos 40 mL de meio de cultura em frascos de vidro de 350 mL. Após a distribuição dos meios, os frascos foram fechados com tampas transparentes de polipropileno e esterilizados em autoclave a 121° C e pressão de 1,05 kg cm⁻², durante 20 min.

Para a semeadura, foram utilizadas sementes maduras recém colhidas de cápsulas abertas de plantas de *C. cardiochilum*, originárias de plantio experimental em Nova Friburgo, Estado do Rio de Janeiro. A desinfestação e semeadura foram realizadas em uma câmara de fluxo laminar, quando as sementes foram retiradas do interior das cápsulas com auxílio de uma espátula esterilizada. 20 miligramas das sementes foram colocados em uma seringa descartável e esterilizada, e em seguida adicionou-se 20 mL de álcool 70%, esta suspensão permaneceu sob agitação manual por 1 min. Após esse período, com o êmbolo da seringa foi descartado o álcool e succionou-se uma solução de 0,25% de hipoclorito de sódio, deixando-se as sementes imersas nesta solução por 15 min, sob agitação manual constante. Então, descartou-se a solução de hipoclorito de sódio (conforme descrito acima) e succionou-se 20 mL de água deionizada esterilizada.

Posteriormente, a suspensão de sementes foi transferida para um becker esterilizado, completando-se o volume para 60 mL com água deionizada esterilizada. Essa suspensão de sementes foi mantida sobre agitação constante por meio de um agitador magnético, a fim de manter a uniformidade. Com auxílio de uma agulha (1,60 x 40 mm) acoplada a uma seringa de 20 mL, descartável e esterilizada, succionou-se 20 mL da suspensão de sementes e injetou-se três gotas da suspensão em cada um

dos 220 frascos de vidro de 350 mL, esterilizados, que continham 40 mL de cada meio de cultura a ser avaliado (Rodrigues et al., 2011). Cada um desses 220 frascos foi fechado com tampa transparente de polipropileno e as bordas desses, protegidas com filme transparente de PVC (Rolopac®).

Os frascos semeados foram colocados em sala de cultivo, a temperatura de 25 ± 2 °C, fotoperíodo de 16 h de luz e irradiância média de $48 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fornecidas por lâmpadas fluorescentes (Osram®, luz do dia, 40 W).

Durante o período experimental, foi realizado, uma vez por semana, rodízio de posição dos frascos para todos os tratamentos, com a finalidade de eliminar interferências externas, mantendo assim todos os tratamentos sob condições semelhantes.

O experimento foi instalado em delineamento de bloco casualizados, com 22 tratamentos e 10 repetições, onde cada tratamento foi representado por uma combinação de carvão ativado, sacarose e sais do meio S (Tabela 3).

Tabela 3: Composição do meio de cultura testado para o cultivo seminífero de *Cyrtopodium cardiochilum* com diferentes combinações de sacarose, carvão ativado e sais do meio Suprimento (S).

Tratamentos	Sacarose	Carvão Ativado	Sais do meio S
	g/L		
1	25,00	0,75	2,60
2	25,00	0,75	6,20
3	25,00	2,25	2,60
4	25,00	2,25	6,20
5	55,00	0,75	2,60
6	55,00	0,75	6,20
7	55,00	2,25	2,60
8	55,00	2,25	6,20
9	17,50	1,50	4,40
10	40,00	0,38	4,40
11	40,00	1,50	1,70
12	62,50	1,50	4,40
13	40,00	2,63	4,40
14	40,00	1,50	7,10
15	13,00	0,75	2,60
16	25,00	0,15	2,60
17	25,00	0,75	1,16
18	67,00	2,25	6,20
19	55,00	2,85	6,20
20	55,00	2,25	7,64
21	40,00	1,50	4,40
22	13,00	0,15	1,16

Fonte: Próprios autores.

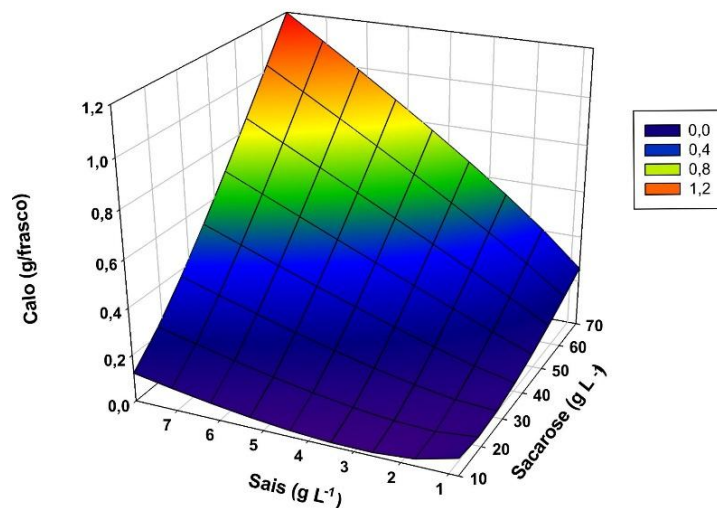
As vinte e duas combinações entre carvão ativado, sacarose e sais do meio S, foram obtidas de acordo com a matriz experimental Box Berard, aumentada 3, modificada por Leite (1984). Cujo número é definido pela expressão: $2^k + 2k + 2k + 1 + 1$, em que k é o número de fatores envolvidos. Neste trabalho, o k foi igual a 3, referente aos fatores carvão ativado, sacarose e sais do meio S, resultando nas vinte e duas combinações. Sendo que a combinação das concentrações de 1,5 g L⁻¹ de carvão ativado, 40 g L⁻¹ de sacarose e 4,40 g L⁻¹ de sais do meio S foi utilizada como referência, ou seja, como ponto de partida para a elaboração das outras concentrações.

Decorridos seis meses de cultivo, a massa da matéria seca de calos e de plântulas foi avaliada. Após a análise de variância, foi ajustada uma curva de dose-resposta para cada variável em função da concentração de carvão ativado, sacarose e sais do meio S.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa a 1 e 5 % de significância pelo teste F para os três componentes do meio de cultura avaliados (carvão ativado, sacarose e sais do meio S) e entre as suas concentrações. Ou seja, a resposta morfogênica dos explantes (sementes) foi influenciada pela concentração de carvão ativado, sacarose e de sais do meio S e pelas interações entre esses componentes do meio (Figuras 1, 2 e 3).

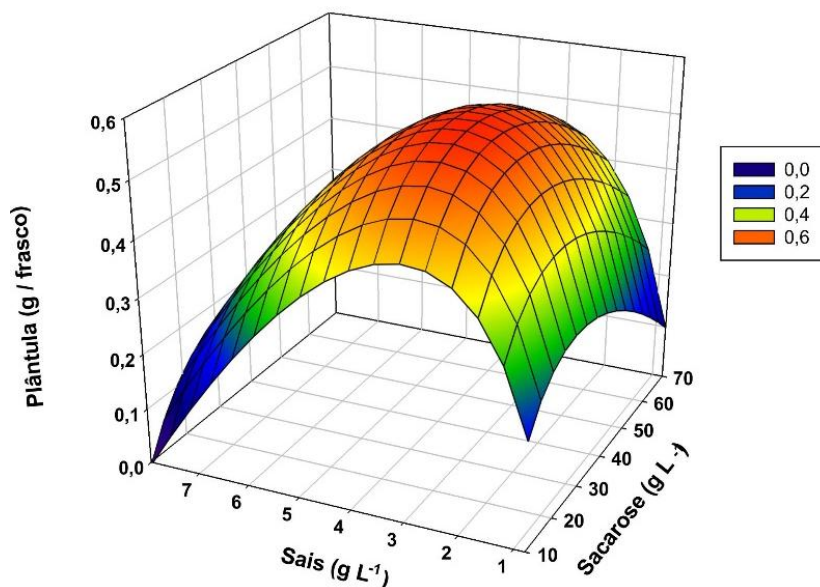
Figura 1: Produção de massa da matéria seca de calo, a partir de sementes de *Cyrtopodium cardiochilum*, em função da concentração de sais (s) e de sacarose (a) no meio de cultura quando a concentração de carvão ativado (c) é igual a 0,8 g L⁻¹. *, ** significativos a 1 e 5 % pelo teste F, respectivamente.



$$y = 0,48 + 0,005^{**}a - 0,077 c + 0,089*s - 0,104^{**}a^{0,5} + 0,202*c^{0,5} - 0,383 s^{0,5} - 0,00003^{**}a s + 0,008*a s^{0,5} - 0,000067*a c s; R^2 = 0,7161$$

Fonte: Próprios autores.

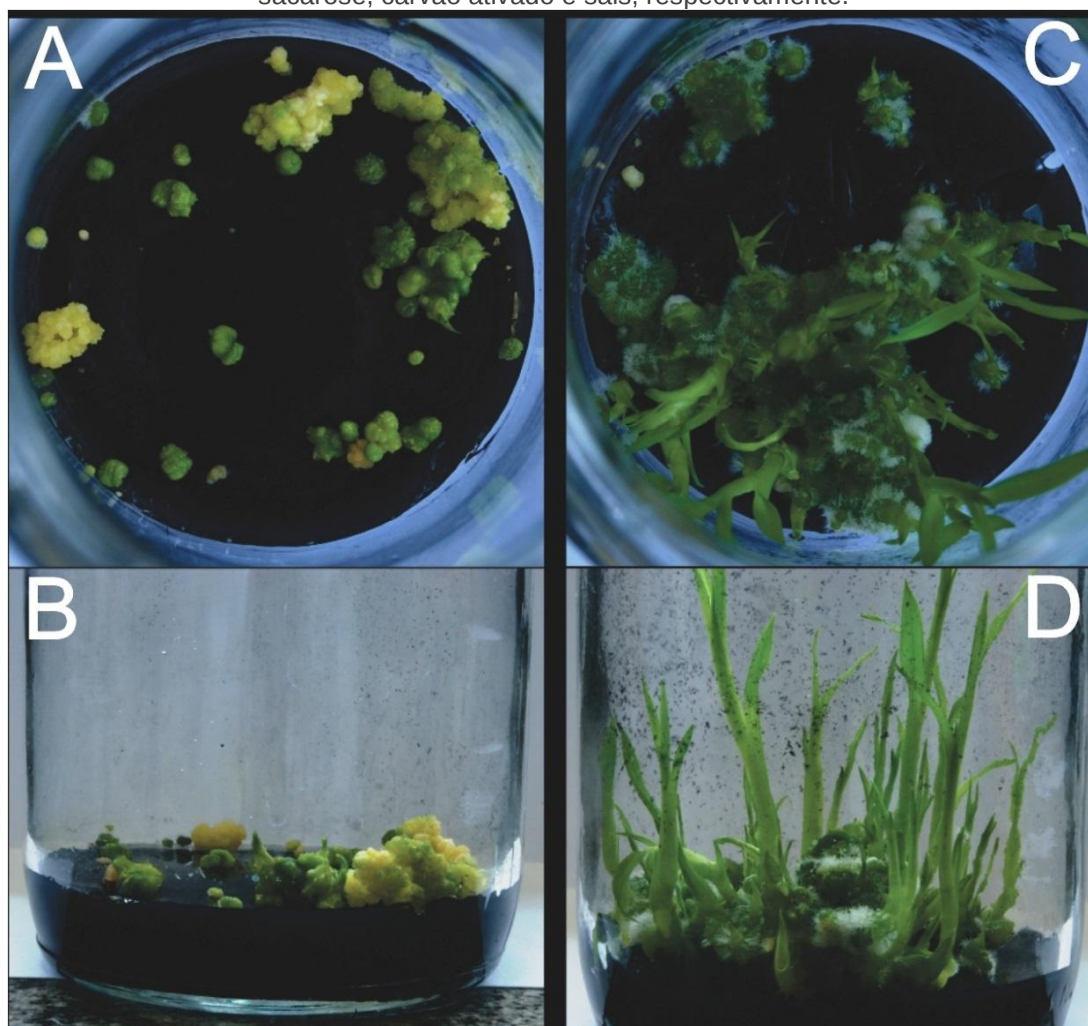
Figura 2: Produção da massa da matéria seca de plântulas, a partir de sementes de *Cyrtopodium cardiochilum*, em função da concentração de sais (s) e de sacarose (a) no meio de cultura quando a concentração de carvão ativado (c) é igual a 3,0 g L⁻¹. *, ** significativos a 1 e 5 % pelo teste F, respectivamente.



$$y = 0,056 - 0,022^{**}a - 0,383^{**}c + 0,159^{**}s + 0,213^{**}a^{0,5} - 0,687 s^{0,5} - 0,00003^{**}a c - 0,174*c s + 0,002*a s^{0,5} + 0,64^{**}c s^{0,5}; R^2 = 0,8293$$

Fonte: Próprios autores.

Figura 3: Efeito da concentração de sacarose, carvão ativado e sais do meio S no meio de cultura sobre a morfogênese de *Cyrtopodium cardiochilum*, seis meses após a semeadura. A-B) Formação de calo em meio de cultura contendo 55; 0,75 e 6,2 g L⁻¹ de sacarose, carvão ativado e sais, respectivamente. C-D) Formação de plântulas em meio de cultura contendo 40; 2,63 e 4,4 g L⁻¹ de sacarose, carvão ativado e sais, respectivamente.



Fonte: Próprios autores.

A máxima produção de matéria seca de calos foi obtida com a utilização de 0,8 g L⁻¹ de carvão ativado, 70 g L⁻¹ de sacarose e 8 g L⁻¹ de sais do meio S (Figura 1). Para se estabelecer as doses de carvão ativado, sacarose e sais que teriam levado à máxima produção de massa de matéria seca de plântulas de *C. cardiochilum*, utilizou-se uma curva de dose-resposta para a produção de massa da matéria seca de plântulas, sendo que as doses de 3,0; 33 e 3,2 g L⁻¹ de carvão ativado, sacarose e sais do meio S, respectivamente, proporcionaram a máxima produção de plântulas (Figura 2).

Entre os efeitos proporcionados pela adição de 3,0 g L⁻¹ de carvão ativado ao meio de cultura está o favorecimento do enraizamento, a adsorção de substâncias inibitórias produzidas pelo próprio meio ou explante e a liberação de substâncias

naturalmente presentes no carvão que beneficiam o crescimento *in vitro* (Pan & Staden, 1998). Ainda, segundo esses autores, a adição de carvão ativado ao meio de cultura pode promover ou inibir o crescimento *in vitro*, dependendo da espécie e do tipo de tecido utilizado, além da fonte do carvão, pureza e grau de ativação.

Moraes et al. (2005) estudaram o efeito da atividade do carvão ativado na propagação *in vitro* de orquídeas brasileiras e verificaram que a adição de carvão ativado ao meio melhorou a qualidade das plantas *in vitro* e aumentou a capacidade de sobrevivência pós-transplântio para as orquídeas *Laelia flava*, *Miltonia flavescens* e *Oncidium trulliferum*. Faria et al. (2002) ao estudarem a propagação *in vitro* de *Cattleya walkeriana*, concluíram que a adição de 2,0 g L⁻¹ de carvão ativado ao meio de cultura foi benéfica para a propagação da espécie *in vitro*. No entanto, Ventura (2007), ao estudar o efeito do carvão ativado na germinação, crescimento e desenvolvimento de protocormos de orquídeas *in vitro*, concluiu que as concentrações de carvão ativado testadas não apresentaram efeito positivo para o crescimento e desenvolvimento de protocormos.

A concentração de 33 g L⁻¹ de sacarose capaz de promover a máxima produção de plântulas, apresentadas no presente estudo, está bem próxima da concentração que geralmente é utilizada nos meios de multiplicação *in vitro*, a qual varia de 2 a 3%. Todavia, apesar da sacarose ser o carboidrato mais utilizado nos meios nutritivos, proporcionando as mais altas taxas de crescimento da maioria das espécies, a concentração ótima de sacarose para induzir morfogênese ou crescimento difere para espécies diferentes e pode depender dos outros constituintes do meio de cultura (Caldas et al., 1990, Neto & Otoni, 2003).

Rego-Oliveira et al. (2003) demonstraram que a concentração de 60 g L⁻¹ de sacarose foi a mais eficiente para o crescimento de *Oncidium varicosum*. Dinarti et al. (2009) concluíram que é possível utilizar tanto a concentração convencional de sacarose (30 g L⁻¹) como a metade dessa no cultivo *in vitro* de *Cattleya walkeriana*. Pivetta et al. (2010) concluíram que concentrações de 13 a 29 g L⁻¹ proporcionaram maiores médias de número de raízes, comprimento de raízes e comprimento da parte aérea para crescimento *in vitro* de *Caularthron bicornutum*. Serret et al. (1997) concluíram que durante o estágio de multiplicação de *Gardenia jasminoides*, as altas concentrações de sacarose no meio de cultura tiveram um efeito positivo no peso final das plântulas.

Os sais, mesmo quando presentes em baixas concentrações ($3,2 \text{ g L}^{-1}$), foram capazes de promover a máxima produção de plântulas, evidenciando assim, que a concentração de sais no meio de cultivo tem influência direta no crescimento de orquídeas *in vitro*, seja pela falta ou pelo excesso (Park et al., 2004; Figueiredo et al., 2007; Stancato et al., 2008). Rodriguez et al. (2012) ao estudar o cultivo de plântulas de *Cattleya walkeriana*, concluíram que altas concentrações de sais no meio de cultura (10 g L^{-1}) geram prejuízos ao crescimento de plantas dessa espécie de orquídea *in vitro*.

4. CONCLUSÕES

A adição de diferentes concentrações de carvão ativado, sacarose e sais do meio de cultura Suprimento (S) afeta a produção de plântulas da orquídea *Cyrtopodium cardiochilum*.

Um meio de cultura apropriado para a produção seminífera *in vitro* de *C. cardiochilum* para a produção de plântulas deve conter $3,0 \text{ g L}^{-1}$ de carvão ativado, 33 g L^{-1} de sacarose e $3,2 \text{ g L}^{-1}$ de sais do meio S ao meio de cultura, respectivamente.

Os resultados obtidos na presente pesquisa podem auxiliar a sociedade e a comunidade acadêmica na obtenção de informações sobre a propagação *in vitro* da orquídea *C. cardiochilum*, apresentando um meio de cultivo específico, eficiente e eficaz para a produção em grande escala da referida espécie de orquídea.

A grande dificuldade de obtenção do material inicial para multiplicação da orquídea *C. cardiochilum* pode ser uma limitação no momento da implantação do experimento ou da produção de mudas comerciais. Portanto, para trabalhos futuros, sugere-se uma procura minuciosa com antecedência para se conseguir quantidade de material suficiente para propagação.

AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Pesquisa e Conservação de Orquídeas (NPCO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), pelo apoio técnico, científico e financeiro. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), pelo apoio científico e financeiro.

REFERÊNCIAS

- ARDITTI, J.; ERNST, R. **Micropropagation of orchids**. 1^a ed. New York, Chinchester, Brisbane, Toronto, Singapore, John Wiley & Sons. 1992. 682 p.
- BARRETO, D. W.; PARENTE, J. P. Chemical properties and biological activity of a polysaccharide from *Cyrtopodium cardiochilum*. **Carbohydrate Polymers**, 64: 287-291. 2006.
- CALDAS, L. S.; HARIDASSAN, P.; FERREIRA, M. E. Meios nutritivos. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. (Eds). **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília, ABCTP/ EMBRAPA. p.37-63. 1990.
- DIGNART, S. L.; CASTRO, E. M.; PASQUAL, M.; FERRONATO, A.; BRAGA, F. T.; PAIVA, R. Luz natural e concentrações de sacarose no cultivo *in vitro* de *Cattleya walkeriana*. **Ciência e Agrotecnologia**, 33: 780-787. 2009.
- FARIA, R. T.; SANTIAGO, D. C.; SARIDAKIS, D. P.; ALBINO, U. B.; ARAÚJO, R. Preservation of brasilian orchid *Cattleya walkeriana* Gardner using in vitro propagation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 2: 489-492. 2002.
- FIGUEIREDO, M. A.; SANTOS, F. M. S.; SILVA, J. O. C.; COSTA, F. H. S.; PASQUAL, M. Variações no meio de cultura sobre o crescimento *in vitro* em híbridos de orquídea. **Revista Brasileira de Biociências**, 5: 294-296. 2007.
- GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: Torres AC, Caldas LS & Buso JA (Eds.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 183-260, 1998. 509 p.
- LEITE, R. A. **Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo do equilíbrio fósforo-enxofre na cultura de soja em amostras de dois Latossolos de Minas Gerais**. 1984. 87 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1984.
- MENEZES, L. C. **Genus *Cyrtopodium*: espécies brasileiras**. Brasília, Ed. IBAMA. 2000. 208 p.
- MORAES, L.; FARIA, R. T.; CUQUEL, F. L. Activated charcoal for *in vitro* propagation of brazilian orchids. **Acta Horticulturae**, 683: 383-390. 2005.
- NETO, V. B. P.; OTONI, W. C. Carbon sources and their osmotic potential in plant tissue culture: does it matter? **Scientia Horticulturae**, 97: 193–202. 2003.
- PAN, M. J.; STADEN, J. V. The use of charcoal *in vitro* culture – a review. **Plant Growth Regulation**, 26: 155-163. 1998.
- PARK, S. W. JEON, J. H.; KIM, H. S.; PARKY, M.; ASWATH, C.; JOUNG, H. Effect of sealed and vented gaseous microenvironments on the hyperhydricity of potato shoots *in vitro*. **Science Horticulturae**, 99: 199-205. 2004.

PIVETTA, K. F. L.; MARTINS, T. A.; JUNIOR, R. F. G.; GIMENES, R.; FARIA, R. T.; TAKANE, R. J. Crescimento *in vitro* de plântulas de *Caularthron bicornutum* em diferentes concentrações de sacarose. **Ciência Rural**, 40(9): 1897-1902. 2010.

REGO-OLIVEIRA, L. V.; FARIA, R. T.; FONSECA, I. C. B.; STANCATO, C. Influência da fonte e concentração de carboidrato no crescimento vegetativo e enraizamento *in vitro* de *Oncidium varicosum* Lindl. **Semina: Ciências Agrárias**, 24: 265-272. 2003.

RODRIGUES, D. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; DIAS, J. M. M.; OTONI, W. C.; VILLANI, E. M. A. Cultivo *in vitro* de plântulas de orquídea em meios com diferentes concentrações de fertilizante mineral. **Revista Ceres**. 59(1): 9-15. 2012.

RODRIGUES, D. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V.H.; DIAS, J. M. M.; VILLANI, E. M. A.; OTONI, W. C. *In vitro* germination of *Cattleya intermedia* R. Graham by means of chemical disinfection and without laminar flow. **Propagation of Ornamental Plants**, 11(3): 119-124. 2011.

SANTOS, A. F. **Composição mineral do meio de cultura para crescimento *in vitro* de *Cattleya walkeriana***. 2009. 24 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009.

SERRET, M. D.; TRILLAS, M. I.; MATAS, J.; ARAUS, J. L. The effect of different closure types, light, and sucrose concentration on carbon isotope composition and growth of *Gardenia jasminoides* plantlets during the micropropagation and subsequent acclimation *ex vitro*. **Plant Cell Tissue and Organ**, 47: 217-230. 1997.

STANCATO, G. C.; ABREU, M. F.; FURLANI, A. M. C. Crescimento de orquídeas epífitas *in vitro*: adição de polpa de frutos. **Bragantia**, 67: 51-57. 2008.

STANCATO, G. C.; FARIA, R. T. *In vitro* growth and mineral nutrition of the lithophytic orchid *Laelia cinnabarina* Batem (Orchidaceae) I: Effects of macro and microelements. **Lindleyana**, 11(1): 41-43. 1996.

VENTURA, G. M. **Propagação *in vitro* de orquídeas do grupo *Cattleya***. 2002. 147 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.

VENTURA, G. M. **Propagação *in vitro* de orquídeas do grupo *Cattleya*, em diferentes meios de cultura e irradiância**. 2007. 110 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007.



CAPÍTULO

09

REVESTIMENTO, A BASE DE AMIDO, EFICIENTE NA CONSERVAÇÃO DA COUVE-MANTEIGA (*Brassica oleracea*)

Ítala Maiara Vieira Fernandes

Mestre em Olericultura

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: italamfv@gmail.com

Claudinei Martins Guimarães

Doutor em Engenharia Agrícola

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: neiufov@hotmail.com

Vania Silva Carvalho

Doutora em Engenharia e Tecnologia de Alimentos

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: vania.carvalho@ifgoiano.edu.br

Nayana Ribeiro Soares

Doutora em Sanidade Animal, Higiene e a Tecnologia de Alimentos

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Cristalina, Goiás, Brasil

E-mail: nayana.ribeiro@ifgoiano.edu.br

Suzane Martins Ferreira

Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: suzane.ferreira@ifgoiano.edu.br

RESUMO: A couve-manteiga (*Brassica oleracea*) é uma hortaliça importante para os agricultores brasileiros devido à sua resistência às oscilações de temperatura, o que permite sua disponibilidade durante todo o ano. Esta hortaliça é altamente consumida, pois contém propriedades nutracêuticas e baixo teor calórico, no entanto, possui vida útil limitada, resultando em perdas devido à falta de tratamentos, embalagens e armazenamento adequados. Estudos têm explorado o uso de biopolímeros à base de amido para aumentar a vida útil pós colheita de frutas. No entanto, ainda não há pesquisas sobre a utilização desses biopolímeros na preservação da couve-manteiga. Assim, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade pós-colheita da couve-manteiga *in natura* e minimamente processada, utilizando revestimento à base de amido. O experimento foi conduzido na Embrapa Hortaliças, em Brasília, DF, Brasil e no Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, GO, Brasil. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com 4 repetições. Os

tratamentos foram compostos de amostras de folhas inteiras e minimamente processadas, submetidas ao revestimento de amido após sanitização e uma amostra, sem aplicação do revestimento, para fins de comparação (testemunha). As amostras foram armazenadas sob refrigeração e avaliadas quanto a umidade, cinzas, vitamina C, clorofila a, clorofila b, pH, compostos fenólicos e capacidade antioxidante, a cada três dias durante doze dias. Os dados foram submetidos à ANOVA e teste tukey, a 5% de probabilidade. Os resultados indicaram que não houve diferença significativa entre as amostras quanto ao pH e que o revestimento foi eficaz na manutenção das propriedades antioxidantes, nutraceuticas e físico-químicas das couves inteiras e minimamente processadas por até 6 dias de armazenamento. Assim, a aplicação do revestimento é eficiente na conservação da couve-manteiga, oferecendo uma alternativa viável para prolongar sua vida útil sem comprometer a qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: compostos bioativos, biofilmes, atividade antioxidante, vida útil.

ABSTRACT: Kale (*Brassica oleracea*) is an important vegetable for Brazilian farmers due to its resistance to temperature fluctuations, which allows its availability throughout the year. This vegetable is highly consumed, as it contains nutraceutical properties and low calorie content, however, it has a limited shelf life, resulting in losses due to the lack of adequate treatments, packaging and storage. Studies have explored the use of starch-based biopolymers to increase the post-harvest shelf life of fruits. However, there is still no research on the use of these biopolymers in preserving kale. Thus, the present research aimed to evaluate the post-harvest quality of fresh and minimally processed kale, using a starch-based coating. The experiment was conducted at IF Goiano, Morrinhos, GO, Brazil, under a randomized block experimental design with 4 replications. The treatments were composed of samples of whole and minimally processed leaves, subjected to starch coating after sanitization and a sample, without application of the coating, for comparison purposes (control). The samples were stored under refrigeration and evaluated for moisture, ash, vitamin C, chlorophyll a, chlorophyll b, pH, phenolic compounds and antioxidant capacity, every three days for twelve days. The data were submitted to ANOVA and Tukey test, at 5% probability. The results indicated that there was no significant difference between the samples in terms of pH and that the coating was effective in maintaining the antioxidant, nutraceutical and physicochemical properties of whole and minimally processed cabbage for up to 6 days of storage. Thus, the application of the coating is efficient in conserving butter cabbage, offering a viable alternative to extend its useful life without compromising quality.

KEYWORDS: bioactive compounds, biofilms, antioxidant activity, shelf life.

1. INTRODUÇÃO

A couve é uma hortaliça muito popular no Brasil por ser de fácil cultivo, tolerante a condições climáticas desfavoráveis, considerada um alimento funcional e possuir baixo custo. As folhas são consumidas frescas, em saladas ou sucos, cozidas ou refogadas (SIKORA et al., 2012; LUENGO et al., 2018; LUENGO et al., 2020). A couve também é reconhecida entre as Brassicas, como a melhor fonte de vitaminas (A, B1, B2, B6, C e E), ácido fólico e niacina, ácidos graxos e minerais essenciais (especialmente K, Ca, Mg, Fe e Cu), variando de acordo com os fatores ambientais em que esta é cultivada e seu crescimento (THAVARAJAH et al., 2016).

A deterioração e a perda de qualidade sensorial das hortaliças podem ocorrer por perda de água, alterações de cor e textura, degradação de compostos químicos, deterioração microbiana, alterações na aparência e danos físicos. A velocidade desses processos depende de: produto, perecibilidade, condições ambientais, temperatura, umidade, ocorrência de danos físicos, contaminação microbiana e manejo dos alimentos na comercialização (BEZERRA, 2005).

A refrigeração mostra-se essencial para a conservação dos produtos frescos. SOUZA et al. (2018) observaram que a refrigeração pode auxiliar na redução da perda de massa fresca em couve minimamente processada durante o armazenamento, como em cebolinha-verde, pimentões amarelos e abacaxi pérola, retardando a murcha e o escurecimento. A embalagem em atmosfera modificada, também se mostra com possibilidade para complementar a cadeia de frio (FERREIRA, 2016).

A aplicação de materiais biopoliméricos sobre a superfície externa de determinados alimentos naturais tem se mostrado viável para prolongar a durabilidade de frutas e hortaliças durante os processos de produção e ainda evitar o desperdício de alimentos, (CARNEIRO, 2019). Os filmes comestíveis fornecem barreira protetora para evitar a transferência de material entre os alimentos e o ambiente, melhorando a estabilidade dos alimentos, além de minimizar a perda de umidade, reduzir as taxas de respiração e dar aparência brilhante e atraente (BARBOZA et al., 2022; RODRIGUES et al., 2019; DIAS, 2008; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Saleem et al. (2021) demonstraram que os revestimentos ajudam a manter a cor, textura e sabor dos frutos durante o armazenamento refrigerado. Viana (2021) concluiu que os revestimentos são eficazes na preservação de atributos como a cor verde, redução da taxa respiratória e inibição da síntese de etileno, além de reduzir

doenças pós-colheita e aumentar a vida de prateleira. BARBOZA et al. (2022) identificaram que pesquisas têm buscado melhorar as características físicas, mecânicas e de barreira desses revestimentos usando diferentes matrizes, como amido, quitosana, farinha e amido de banana, entre outros.

Esses revestimentos comestíveis podem ser produzidos de proteínas, polissacarídeos, lipídios ou combinações desses componentes, resultando em sistemas de revestimento ou emulsões bicamadas. Aditivos como plastificantes e emulsionantes podem ser adicionados para melhorar as propriedades mecânicas e formar emulsões estáveis. Pereira (2017) e Barboza et al. (2022) destacam que os revestimentos devem ser uma fina camada de material comestível que não altere as características sensoriais do alimento, pois fazem parte do produto final e não devem adicionar cor, odor, sabor ou textura indesejados.

Revestimentos à base de amido oferecem vantagens de serem biodegradáveis, produzidos a partir de fontes renováveis e capazes de conservar nutrientes e aditivos que melhoram a qualidade dos alimentos. Estes revestimentos são preferíveis a filmes sintéticos devido à sua biodegradabilidade (KESTER; FENNEMA, 1986).

TRIGO (2012) e SILVA et al. (2020) observando menor perda de massa e aparência, e aumento da vida útil, com aplicação de revestimentos de amido (arroz e mandioca) em mamões. RODRIGUES et al. (2019) observaram desaceleração do amadurecimento, redução da respiração e transpiração, e retardamento da ação enzimática, contaminação por fungos e bolores, com aplicação de biopolímeros de farinha de arroz em bananas e tomates.

A preocupação com a saúde e mudança de hábitos alimentares tem promovido aumento no consumo de alimentos minimamente processados, com avanço no desenvolvimento de técnicas para preservar a qualidade e a segurança de alimentos minimamente processados (SILVA et al., 2011).

Técnicas de preservação da qualidade e segurança dos alimentos minimamente processados são utilizadas, como: a refrigeração, a adição de conservantes naturais, como o ácido cítrico, o vinagre e o sal, embalagem em atmosfera modificada, coberturas comestíveis, como revestimentos à base de amido, e irradiação (SILVA et al., 2011; SILVA; VIEIRA, 2017; SAMBUICHI, 2022).

O interesse por alimentos funcionais também tem aumentado (LUENGO, 2020; AKDAS, 2016; LAFARGA et al., 2018) e as frutas e hortaliças são ricas em compostos com potencial atividade antioxidante, como vitaminas C e E,

carotenoides, clorofilas e uma variedade de antioxidantes fitoquímicos como compostos fenólicos, glicosídeos e flavonoides (PELLEGRINI et al., 2006), presente também na couve (LUENGO et al., 2020).

A variação no conteúdo antioxidante das *Brassicas* pode ser influenciada por pelo armazenamento. Genes da planta, fatores ambientais como luz, temperatura, umidade e poluentes, e fatores nutricionais como nutrientes disponíveis também podem influenciar a presença de antioxidantes na couve (OLIVEIRA; SANTOS, 2015).

Muitos compostos estão presentes na couve e apresentam boa capacidade antioxidante. Mesmo que existam publicações e revisões extensas sobre os perfis fenólicos em *Brassicas*, os dados sobre estes compostos em couve ainda são escassos, mostrando a necessidade de estudo continuado dos mecanismos de ação (LAFARGA et al., 2018; FERREIRA, 2016).

Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade pós-colheita da folha da couve-manteiga in natura e minimamente processada, utilizando revestimento à base de amido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A couve-folha, colhida de forma manual em propriedade rural, próxima à Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, Brasil (15°55'56.41"S 48°8'40.61"W), foi transportada em caixas plásticas até o Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Hortaliças, onde foram selecionadas quanto a injúrias por pragas e doenças.

Após a seleção, a couve foi lavada em água corrente e higienizada com desinfetante para hortifrutícolas Sumaveg – Diversey, seguido de enxágue e separação das folhas a serem utilizadas inteiras e corte das amostras minimamente processadas, ambas submetidas à solução filmogênica, após sanitização.

O amido de milho (marca Maisena) foi diluído a 3%, com aquecimento da suspensão de 3g de amido para cada 100 mL de água e 10% de sorbitol (Nox Lab Solutions), em relação à massa de amido, em indutor de calor sob agitação até atingir 85°C. Em seguida, a solução foi mantida em repouso até atingir a temperatura de 25°C. As folhas inteiras e as minimamente processadas foram imersas na solução por 30 s e reservadas para a secagem do gel e formação do filme (Figura 1).

Figura 1. Imersão das folhas de couve-manteiga (*Brassica oleracea*) em solução filmogênica.



Fonte: próprio autor (2021).

Amostras minimamente processadas foram armazenadas em atmosfera modificada (com filmes plásticos de PVC como revestimento das bandejas de isopor), e folhas inteiras, em sacos plásticos microperfurados de formato cônico ambos sob refrigeração ($10 \pm 2^\circ\text{C}$) e avaliadas a cada três dias durante 12 dias. Uma amostra padrão de couve *in natura* inteira e mínima-mente processada foi utilizada para fins de comparação.

Avaliações foram realizadas a partir das amostras de folhas inteiras com revestimento (RI) e controle sem revestimento (CI), e minimamente processada com revestimento (RP) e controle sem revestimento (CP).

Análises de umidade, cinzas, pH, vitamina C, clorofila a e clorofila b foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Hortaliças. Análises de compostos fenólicos e capacidade antioxidante, foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos.

Teor de umidade: método da estufa (Quimis Q-3175B52), a 105°C , por 24 horas (IAL, 2008). 5g da amostra, em placa de Petri previamente tarada, foram colocados na estufa a 105°C e após o período de 12 horas, resfriados em dessecador e pesados.

Cinzas: mufla (Quimis Q-318M), a temperatura de 500°C , por 5 horas (IAL, 2008). 5 g da amostra em cadinhos, previamente secos e pesados, os quais foram levados para mufla e submetidos à incineração.

Vitamina C: método de Tillmans, com amostra foi triturada em ácido oxálico e o filtrado diluído em água destilada, com posterior titulação a solução de Tillmans (IAL, 2008).

Teores de clorofila a e clorofila b: método de Lichtenthaler (extração com acetona 80%). Leitura em espectrofotômetro, com os comprimentos de onda 663 nm e 646 nm para clorofila a e b, respectivamente (LICHTENTHALER, 1987).

Obtenção do extrato hidroetanólico: metodologia de Silveira et al. (2018), com modificações. Utilizou-se amostras RI, RP, CI e CP das folhas de couve liofilizadas, dos dias 0, 6 e 12 de armazenamento, as quais foram trituradas e uma porção de 0,5 g foi mantida sob agitação permanente em mesa agitadora (SL -180/DT) por 15 min, em 40 mL de álcool etílico P.A. à temperatura ambiente ($28 \pm 2^\circ\text{C}$) e, com agitação, posterior descanso por 60 min, seguido de centrifugação a 15000 rpm (QUIMIS- Q222T2). O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL e foi completado com água destilada até atingir o menisco. Por fim, o extrato foi armazenado em um vidro âmbar e mantido em congelamento até o momento da análise.

Compostos fenólicos totais (CFT) do extrato hidroetanólico das amostras RI, RP, CI e CP liofilizadas: método espectrofotométrico (Bel UV-M 51) (ZIELISKI & KOZOWSKA, 2000), com reagente de Folin-Ciocalteu e leitura a 750 nm, e curva padrão de ácido gálico. Resultados expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra.

Atividade antioxidante: determinada a partir do extrato hidroetanólico obtido, e através da captura do radical, pelos métodos ABTS e DPPH:

- a) atividade antioxidante (ABTS): captura do radical 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS) determinada pelo método descrito por Rufino et al. (2007). Em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de 30 μL do extrato para tubos de ensaio contendo 3,0 mL do radical ABTS, os quais foram homogeneizados em agitador de tubos, e posterior repouso por 6 minutos, e leitura em espectrofotômetro (Bel UV-M 51) a 734 nm;
- b) atividade antioxidante (DPPH): captura do radical DPPH (2,2 difenil-1-picrilhidrazil), pelo método de Silveira et al. (2018), utilizando a alíquota de 150 μL do extrato que foi transferido para tubos de ensaio com 5,85 mL do radical DPPH e homogeneizado em agitador de tubos e, após 15 minutos de reação, procedeu-se a leitura espectrofotômetro (Bel UV-M 51) a 515 nm.

Os resultados foram expressos como média $\pm$ desvio- padrão. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR, versão 5.6.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa entre as amostras, nem entre a interação, em relação aos dias, para os valores de pH (Tabela 1).

Tabela 1. ANOVA para caracterização química da couve inteira e minimamente processada revestida com biofilme à base de amido aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		Umidade	Cinza	Vitamina C	Clorofila a	Clorofila b	pH
AMOSTRA (A)	3	672,23 **	12,89 **	13699,67 **	4,20 **	1,84 **	0,49 ^{ns}
DIA (D)	4	294,21 **	22,85 **	111423,18 **	11,69 **	2,48 **	0,45 ^{ns}
BLOCO	2	13,96 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1588,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,02 *	0,16 ^{ns}
A x D	12	97,95 **	1,77 ^{ns}	7605,65 **	1,32 **	0,21 **	0,26 ^{ns}
Resíduo	38	14,45	0,99	1239,46	0,24	0,04	0,19
CV (%)		4,55	7,23	14,87	31,09	25,22	6,78

FV – fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; ^{ns} - Não significativo pelo teste de F; ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F; * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F. Fonte: próprio autor (2021).

Não houve diferença significativa quanto ao teor de umidade entre as amostras revestidas e controle processadas (Tabela 2), corroborando com Leite (2010), Furlaneto (2019) e Alves et al. (2020). No entanto, entre as folhas inteiras, a folha RI (Revestida Inteira) conservou melhor o teor a umidade, sendo 87,24% no dia 0 (zero) da análise e 75,69% no último dia (12º), enquanto a CI (Controle Inteira) apresentou 85,24% e 53,14%, respectivamente, com perda de água durante os dias de análise.

Tabela 2. Caracterização química da folha da couve-manteiga inteira e minimamente processada, com e sem revestimento à base de amido, aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento.

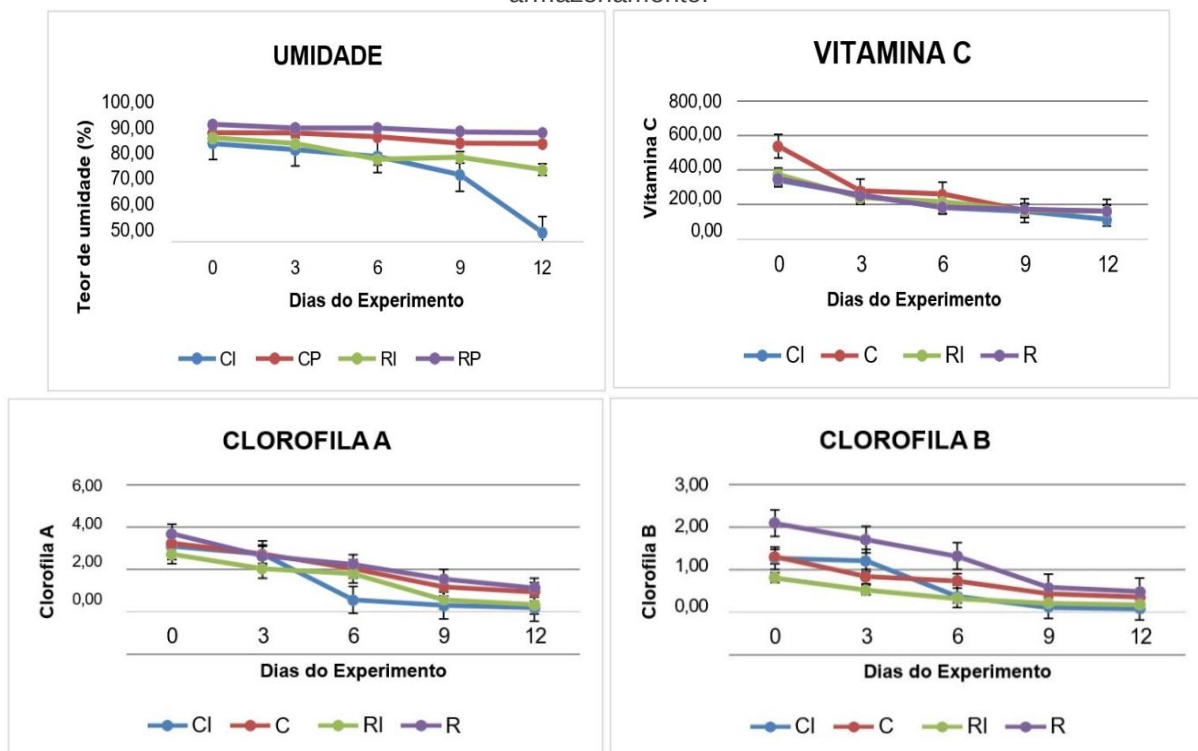
Característica avaliada		Dias de armazenamento					Média
		0	3	6	9	12	
UMIDADE	CI	85,24 aA	82,99 aA	80,58 bAB	73,94 cB	53,14 cC	75,17
	CP	88,92 aA	88,89 aA	87,39 abA	85,23 abA	85,06 aA	87,10
	RI	87,24 aA	85,12 aA	79,43 bAB	80,09 bcAB	75,69 bB	81,51
	RP	92,04 aA	90,79 aA	90,73 aA	89,51 aA	89,17 aA	90,45
	Média:	88,36	86,94	84,53	82,19	75,76	83,56
CINZAS	CI	12,45	14,53	14,88	14,99	16,75	14,72b
	CP	11,84	14,25	14,21	14,79	16,49	14,31b
	RI	11,30	11,90	12,13	12,95	15,17	12,69a
	RP	11,49	12,67	13,07	14,20	15,12	13,31a
	Média:	11,77 C	13,34 B	13,57 B	14,90 A	15,21 A	13,76

Característica avaliada		Dias de armazenamento					Média
		0	3	6	9	12	
VITAMINA C	CI	342,30 b	257,30 a	184,82 b	163,74 b	116,10 b	212,85
	CP	536,77 a	278,87 a	260,97 a	165,08 ab	162,28 a	280,79
	RI	372,32 b	239,61 a	213,69 ab	164,62 b	160,73 a	230,19
	RP	348,71 b	250,81 a	184,74 b	172,13 a	161,45 a	223,57
	Média	400,03	256,65	211,06	166,39	150,14	236,79
CLOROFILA A	CI	3,09 b	2,71 ab	0,55 b	0,29 b	0,18 a	1,36
	CP	3,23 a	2,71 ab	2,02 a	1,18 a	0,94 b	2,01
	RI	2,72 c	2,03 bc	1,80 ab	0,56 b	0,33 b	1,49
	RP	3,69 a	2,64 a	2,24 a	1,55 a	1,14 a	2,25
	Média:	3,18	2,52	1,65	0,89	0,72	1,57
CLOROFILA B	CI	1,26 b	1,20 b	0,37 b	0,11 b	0,08 c	0,60
	CP	1,30 b	0,83 c	0,73 a	0,43 ab	0,35 a	0,73
	RI	0,81 c	0,51 c	0,33 b	0,21 ab	0,17 bc	0,40
	RP	2,08 a	1,69 a	1,31 a	0,57 ab	0,48 a	1,23
	Média:	1,36	1,06	0,68	0,33	0,27	0,74

Para cada característica avaliada, médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si, e as médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, ambas pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância. CI – Controle Inteira. CP – Controle Processada. RI – Revestida Inteira. RP – Revestida Processada. Fonte: próprio autor (2021).

As amostras com aplicação de revestimento apresentaram melhor conservação do teor de umidade, com destaque para a amostra processada (RP), que apresentou maior estabilidade e menor perda de água ao longo dos dias do experimento (Figura 2).

Figura 2. Teores de umidade, vitamina C, clorofila a e clorofila b da folha da couve-manteiga, inteira e minimamente processada, com e sem revestimento à base de amido, aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento.



Legenda: CI (couve sem revestimento inteira); CP (couve sem revestimento processada); RI (couve com revestimento inteira); RP (couve com revestimento processada). Fonte: próprio autor (2021).

Não houve diferença significativa da interação entre os fatores para o teor de cinzas (Tabela 1), porém, os resultados para teor de cinzas são ligeiramente superiores de modo geral para os dias 09 e 12 (Tabela 2), corroborando com Furlaneto (2019), que apontou discreto aumento do teor de cinzas, ao final do período de armazenamento para couve manteiga.

A amostra minimamente processada com revestimento (RP) obteve melhor conservação da vitamina C, comparada com as demais amostras, aos 9 dias de experimento (Figura 1), apresentando 172,13 mg.100 g⁻¹ (5% a mais que os demais tratamentos estudados). Esse valor é aproximadamente 33,5% superior ao encontrado por Luengo (2020) (114,4 mg.100g⁻¹) e próximo ao observado por EMBRAPA (2000), na tabela brasileira de composição de alimentos (180 mg.100g⁻¹). A amostra CI, apresentou maior perda de vitamina C, sendo 116,10 mg.100g⁻¹ aos 12 dias de armazenamento, comparados com as demais amostras que obtiveram valores superiores a 160 mg.100g⁻¹ também aos 12 dias de armazenamento (Figura 1).

Para clorofilas a e b (Figura 1), o decréscimo dos valores obtidos condizem com a análise visual (tabela 3) da coloração das amostras ao longo dos dias que amareleceram a partir do 6º dia, sendo mais perceptível e de forma mais acelerada nas amostras sem a aplicação do revestimento (CI e CP). Assim, as amostras minimamente processadas com revestimento (RI e RP) obtiveram maior conservação do teor de clorofila a até o dia 9 do experimento. A amostra controle minimamente processada (CP) apresentou melhores resultados no dia 3. A amostra minimamente processada com aplicação de revestimento (RP) obteve melhor resultado ao longo dos dias do experimento para clorofila b.

Tabela 3. Avaliação da perda de coloração da folha da couve-manteiga inteira e minimamente processada, com e sem revestimento à base de amido aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento.

Dia de armazenamento	CP	CI	RP	RI
0				
3				
6				
9				
12				

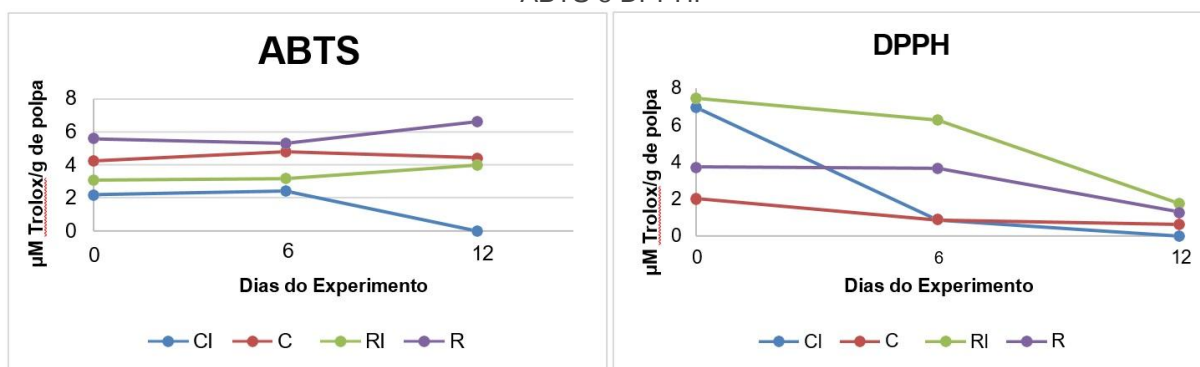
Legenda: CI (couve sem revestimento inteira); CP (couve sem revestimento processada); RI (couve com revestimento inteira); RP (couve com revestimento processada). Fonte: próprio autor (2021).

De forma geral, os resultados observados neste estudo se assemelham ao de Furlaneto (2019), que observou que os teores de clorofila a da couve-folha minimamente processada reduziram durante o armazenamento, em todos os tratamentos estudados.

O processamento mínimo de frutas e hortaliças é considerado dano mecânico, o que resulta na ativação do metabolismo, provocando aumento na taxa respiratória e produção de etileno (REYES, 1996). Esse comportamento também foi observado no presente trabalho, podendo explicar a perda de coloração mais rápida das amostras minimamente processadas.

Quanto aos valores obtidos para a determinação de compostos fenólicos, observou-se que não houve diferença significativa para as amostras inteiras, com e sem revestimento (CI e RI), quando avaliadas individualmente ao longo dos dias. Desde o dia 0 até o dia 12 de armazenamento, a amostra RI não apresentou diferença significativa ao longo dos dias, indicando que o teor de compostos fenólicos da amostra foi preservado de maneira mais eficaz (Tabela 3). Resultados encontrados na presente pesquisa diferem dos encontrados por ZANZINI (2020) ($22,71 \text{ mg EAG} \cdot 100\text{g}^{-1}$), possivelmente, devido aos diferentes tipos de solventes utilizados na extração e estágio de maturação utilizados em cada trabalho.

Figura 3. Capacidade antioxidante da folha da couve-manteiga inteira e minimamente processada, com e sem revestimento à base de amido, aos 0, 6 e 12 dias de armazenamento, através do método ABTS e DPPH.



Legenda: CI (couve sem revestimento inteira); CP (couve sem revestimento processada); RI (couve com revestimento inteira); RP (couve com revestimento processada). Fonte: próprio autor (2021).

Quanto a capacidade antioxidante medida pelo método ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfúrico)), a amostra RP obteve menor perda ao longo dos dias de armazenamento ($6,61 \text{ µM de Trolox.g de polpa}^{-1}$). Esse resultado foi superior ao encontrado por ZANZINI (2020) para couve crua ($2.60 \text{ µM de Trolox.g de polpa}^{-1}$),

e semelhante ao encontrados por MURADOR et al. (2016) para a couve submetida a diferentes processos térmicos ($7,24 \mu\text{M Trolox.g}^{-1}$), que identificou que o processo de cozimento pode ser positivo, pois o cozimento amolece os tecidos vegetais, facilitando a extração de compostos bioativos (MURADOR et al., 2016; CHIN; THERDTHAI; RATPHITAGSANTI, 2022).

Os resultados supracitados indicam que o revestimento em couves minimamente processadas obtém menor perda de potencial antioxidante ao longo do tempo de armazenamento, trazendo benefícios aos produtores e ao consumidor final.

Em relação ao potencial antioxidante pelo método DPPH, entre o dia 0 e 6, as amostras com revestimento (RP e RI), apresentaram estabilidade da capacidade antioxidante através do método DPPH, apresentando queda apenas a partir do sexto dia. Ainda assim, as amostras com revestimento apresentaram maior capacidade antioxidante ao final do experimento quando comparadas as amostras sem revestimento (Figura 3). Estes resultados sugerem que a couve com revestimento tem menor perda do seu potencial antioxidante até o 6º dia de armazenamento, indicando que esta condição é a ideal para obtenção para manutenção dos compostos bioativos.

Os resultados obtidos na Figura 3 diferem dos encontrados por Chin; Therdthai; Ratphitagsanti (2022), que avaliaram a couve chinesa em diferentes condições de cozimento, e verificou que a atividade de eliminação de couve chinesa fresca foi de $267,50 \pm 13,69 \text{ mg TE/100 g db}$. Tal diferença pode justificada pelos diferentes tipos de solventes utilizados na extração e estágio de maturação utilizados em cada trabalho, além de o aquecimento poder desnaturar as proteínas, amolecer as paredes celulares e liberar compostos bioativos, que contribui para aumento da eliminação de radicais.

As couves que foram revestidas com filme de amido obtiveram maiores teores de compostos fenólicos e propriedades antioxidantes e menores perdas de compostos fenólicos e atividade antioxidante até o 6º dia de armazenamento (Figura 3).

Os resultados mais eficazes apresentados nas amostras minimamente processadas (Figura 3), podem ser justificadas pelo fato de o revestimento ter sido aplicado após o processamento mínimo, havendo contato também nas áreas que sofreram injúria, com maior superfície de contato foi revestida.

4. CONCLUSÕES

A aplicação do revestimento à base de amido nas folhas de couve inteira e minimamente processada é eficiente para conservação das propriedades físico-químicas e nutraceuticas da couve, mostrando-se uma alternativa eficiente para aumento de vida útil da folhosa estudada, podendo ser armazenada por mais tempo sem perder sua qualidade.

O revestimento à base de amido é eficiente para a manutenção das propriedades antioxidantes das couves inteiras e minimamente processadas até o 6º dia de armazenamento.

A qualidade pós-colheita de couve-manteiga pode ser mantida, utilizando revestimento à base de amido até o 6º dia de armazenamento, mesmo passando pelo processo de injúria mecânica durante o processamento mínimo da couve estudada.

A aplicação de revestimentos à base de amido em folhosas é viável e eficaz.

A presente pesquisa pode nortear a comunidade acadêmica interessada em pesquisas sobre aplicação do filme à base de amido para revestimento em outras hortaliças inteiras e minimamente processadas. Para os profissionais, este trabalho contribui, principalmente, no tocante à conservação das propriedades nutraceuticas dos alimentos, trazendo benefícios econômicos para o mercado de olerícolas e à saúde da população consumidora.

O principal desafio na realização desse experimento foi encontrar a diluição correta do amido e as proporções do sorbitol, uma vez que essa concentração varia para cada hortaliça. O principal desafio externo à pesquisa é que não se tem conhecimento de indústria preparada para produção em grande escala do revestimento estudado.

Para trabalhos futuros, sugere-se avaliar outro tipo de coadjuvante, ou amido de outro material (como a mandioca) e comparar a eficácia deste com o amido de milho.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), pelo apoio técnico, científico e financeiro. À Embrapa Hortaliças, pelo apoio técnico e científico.

REFERÊNCIAS

- AKDAS, Z. Z.; BAKKALBAŞI, E. Influence of different cooking methods on colour, bioactive compounds and antioxidant activity of kale. **International Journal of Food Properties**, v. 20, p. 877-887, 2016.
- BEZERRA, A. P. L. et al. Desempenho de plântulas de couve (*Brassica oleracea* var. Acephala) tratadas com cera de carnaúba hidrolisada. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 395, 2005.
- CARNEIRO, L. C. **Revestimentos à base de amido na conservação póscolheita de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76 e goiabas Paluma**. 2019. 142 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.
- CHIN, L., THERDTHAI, N., & RATPHITAGSANTI, W. Effect of conventional and microwave cooking conditions on quality and antioxidant activity of Chinese kale (*Brassica alboglabra*). **Applied Food Research**. v. 2, p. 1-6, 2022.
- CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. rev. ampl. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.
- DIAS, A. B. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos de amido e de farinha de arroz**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.
- FERREIRA, A. C. S. **Avaliação do teor em compostos bioativos e parâmetros de qualidade ao longo do processamento mínimo de couve-galega**. 2016. 71 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar) - Departamento de Química. 2016.
- FURLANETO, K. A. **Higienização e qualidade da Couve-Folha “Manteiga” minimamente processada**. Universidade Estadual Paulista – UNESP. São Paulo, Brasil, 2019.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2017**. IBGE, 2018.
- KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, v. 40, p. 47-59, 1986.
- LAFARGA, T. et al. Effect of steaming and sous vide processing on the total phenolic content, vitamin C and antioxidant potential of the genus Brassica. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 47, p. 412-420, 2018.
- LUENGO, R. F. A. et al. Antioxidant activity of collards leaves produced in the Federal District, Brazil. **Acta Horticulturae**, 10, p. 365-370, 2020.
- LUENGO, R. F. A. et al. Determination of soil mineral content and analyses of collards leaves grown in Brasília. **Braz. J. Food Technol.**, v. 21, p. 1-9, 2018.
- MURADOR, D. C., MERCADANTE, A. Z.; ROSSO, V. V. Cooking techniques improve the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in kale and red cabbage. **Food Chemistry**, v. 1, p. 1-7, 2016.

OLIVEIRA, E. N. A., SANTOS, D. C.; **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Editora do IFRN, Natal, 2015. 234 p.

PELLEGRINI, N. et al. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p.103–111, 2006.

PEREIRA, L. F. **Aplicação de revestimento comestível em abacaxi minimamente processado**. 2017, 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2017.

RODRIGUES, A. O. et al. Biopolímero desenvolvido a partir da farinha de arroz e sua aplicação como revestimento em frutos. **Rev. Bras. Apl. Vac.**, v. 38, n. 2, p. 103-107, 2019.

SALEEM, M. S. et al. Incorporation of ascorbic acid in chitosan-based edible coating improves postharvest quality and storability of strawberry fruits. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 189, p. 160-169, 2021.

SAMBUICHI, R. H. R. et al. **Contribuições do Programa de Aquisição de Alimentos para a Segurança Alimentar e Nutricional no Brasil**. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2022.

SIKORA, E.; BODZIARCZYK, I. Composition and antioxidant activity of kale (*Brassica oleracea* L. var. acephala) raw and cooked. **Acta Scientiarum Polonorum**, v. 11, p. 239-248, 2012.

SILVA, E. O. et al. **Processamento mínimo de produtos hortifrutícolas**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza – CE, (Documento n. 139), 2011.

SILVA, I.C.P.; VIEIRA, S.L.V. **Alimentos minimamente processados: práticas de produção e riscos de contaminação**. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Arquivos do MUDI, v. 21, p. 26-38, 2017.

SILVA, R. J. Utilização de diferentes extratos como recobrimento pós-colheita em frutos de mamão hawaí. In: RIBEIRO, J. C. **Impacto, Excelência e Produtividade das Ciências Agrárias no Brasil 3**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora. 2020. 232 p.

SILVEIRA, A. C. et al. **Método DPPH adaptado: uma ferramenta para analisar atividade antioxidante de polpa de frutos de erva mate de forma rápida e reprodutível**. EMBRAPA, Colombo, PR (Comunicado Técnico 421), 2018. 11 p.

SOUZA, A. G. et al. Conservação de couve minimamente processada tratada com ácido ascórbico. **Evidência**, v. 18, p. 147-160, 2018.

THAVARAJAH, D. et al. Mineral micronutrient and prebiotic carbohydrate profiles of USA-grown kale (*Brassica oleracea* L. var. acephala). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 9-15. 2016.

TRIGO, J. M. et al. Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, p. 125-133, 2012.

VIANA, E. D. L. **Efeitos da Aplicação de Diferentes Revestimentos Comestíveis na Conservação Pós-Colheita de Goiaba: Uma Revisão de Literatura**. 2021, 45 p. Trabalho

de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Petrolina – PE, 2021.

ZANZINI, A. P. et al. Compostos bioativos presentes em couve-manteiga (*Brassica oleracea* L.) em três estádios de desenvolvimento e comparação das suas capacidades antioxidantes. **Research, Society and Development**, v. 9, p.1-17, 2020.

ZIELISKI, H., KOZOWSKA, H. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v. 48, p. 2008-2016, 2000.



CAPÍTULO

10

IDEAL PROPORTION OF MINERAL AND ORGANOMINERAL FERTILIZATION TO INCREASE ONION PRODUCTIVITY

Andreíza Corrêa Moreira

Master in Olericulture

Institution: Instituto Federal Goiano

Address: Morrinhos, Goiás, Brazil

E-mail: andreizamoreira@gmail.com

Claudinei Martins Guimarães

PhD in Agricultural Engineering

Institution: Instituto Federal Goiano

Address: Morrinhos, Goiás, Brazil

E-mail: neiufv@hotmail.com

Emmerson Rodrigues de Moraes

Doctor in Phytotechnics

Institution: Instituto Federal Goiano

Address: Morrinhos, Goiás, Brazil

E-mail: emmerson.moraes@ifgoiano.edu.br

Jardel Lopes Pereira

Doctor in Phytotechnics

Institution: Instituto Federal Goiano

Address: Morrinhos, Goiás, Brazil

E-mail: jardel.pereira@ifgoiano.edu.br

Júlia Braz de Queiroz Teles

Graduate in Agronomy

Institution: Instituto Federal Goiano

Address: Cristalina, Goiás, Brazil

E-mail: juliabraztelles@gmail.com

Joicy Vitória Miranda Peixoto

PhD in Agronomy

Institution: Instituto Federal Goiano

Address: Morrinhos, Goiás, Brazil

E-mail: joicy.peixoto@ifgoiano.edu.br

Elliezer de Almeida Melo

Doctor in Forestry Engineering

Institution: Instituto Federal Goiano

Address: Morrinhos, Goiás, Brazil

E-mail: elliezer.melo@ifgoiano.edu.br

Alessandra Cristina Tome

PhD in Food Science and Technology

Institution: Instituto Federal Goiano

Address: Morrinhos, Goiás, Brazil

E-mail: alessandra.tome@ifgoiano.edu.br

ABSTRACT: Organomineral fertilizers is an innovation in agriculture, since it uses organic matter enriched with minerals. The combination of mineral phosphate and organomineral fertilization can contribute to the development of a more sustainable and economical fertilization program for the crop. So, organomineral fertilization can be an alternative or complement to mineral fertilization. However, the careful selection of fertilizer sources and doses is essential to increase productivity in the onion crop and finding proportions between different fertilizers can be a promising choice for sustainable agriculture. The aim of the present research was to evaluate the effect of different proportions of mineral and organomineral fertilizers on the development, production and post-harvest quality of onion bulbs, cv. Sublime F1, under Cerrado conditions. The experiment was carried out in the field, in Cristalina, GO, Brazil, in a randomized block design, with four replications. Six treatments were used: five proportions of mineral fertilizer (M) with organomineral (OM) and the control (without additional fertilization). It was evaluated: length, width and number of leaves; productivity; soluble solids content; titratable acidity; and loss of fresh mass. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA), at 1% ($p \leq 0.01$) and 5% ($p \leq 0.05$) of significance, and means compared by Tukey and Dunnett tests ($p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$). The fertilization proportions were submitted to regression ($p \leq 0.05$). The proportion of 50%M50%OM promotes higher bulb average mass and class 4 onion productivity. The proportions of fertilizers did not alter the postharvest characteristics (total soluble solids and total acidity) of the onion, which were affected only by the time of storage. Cultivar Sublime F1 showed good development for the region, conditions and fertilizers used.

KEYWORDS: *Allium cepa* L., organic fertilizer, phosphorus, productivity, quality.

RESUMO: Os fertilizantes organominerais são uma inovação na agricultura, pois utilizam matéria orgânica enriquecida com minerais. A combinação de fosfato mineral e adubação organomineral pode contribuir para o desenvolvimento de um programa de fertilização mais sustentável e econômico para a cultura. Assim, a adubação organomineral pode ser uma alternativa ou complemento à adubação mineral. Porém, a seleção criteriosa das fontes e doses de fertilizantes é essencial para aumentar a produtividade na cultura da cebola e encontrar proporções entre os diferentes fertilizantes pode ser uma escolha promissora para uma agricultura sustentável. Objetivou-se com a presente pesquisa avaliar o efeito de diferentes proporções de adubações mineral e organomineral no desenvolvimento, na produção e na qualidade pós colheita de bulbos de cebola, cv. Sublime F1, sob condições de Cerrado. O experimento foi realizado a campo, em Cristalina-GO, Brasil, sob delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Utilizou-se seis tratamentos: cinco proporções de fertilizante mineral (M) com organomineral (OM) e o controle (sem adubação adicional). Avaliou-se: comprimento, largura e número de folhas; produtividade; teor de sólidos solúveis; acidez titulável; e perda de massa fresca. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), a 1% ($p \leq 0,01$) e 5% ($p \leq 0,05$) de significância, e as médias comparadas pelos testes de Tukey e Dunnett

($p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$). As proporções de adubação foram submetidas à regressão ($p \leq 0,05$). A proporção de 50%M50%OM promove maior massa média dos bulbos e produtividade de cebolas classe 4. As proporções de fertilizantes não alteraram as características pós-colheita (sólidos solúveis totais e acidez total) da cebola, sendo essas afetadas apenas pelo tempo de armazenamento. A cultivar Sublime F1 apresentou bom desenvolvimento para região, condições e adubações utilizadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Allium cepa* L., adubo orgânico, fósforo, produtividade, qualidade.

1. INTRODUCTION

Onion (*Allium cepa* L.) is a vegetable of great importance for the Brazilian market, being consumed in several ways. In 2018, 96.7 million tons of onion were produced in the world, with Brazil contributing with 1.5 million tons (FAO, 2020). The onion represents the third most produced vegetable in Brazil, second only to tomatoes and potatoes (FAO, 2022; IBGE, 2022). In 2020, Brazil produced more than 1.4 million tons of onions to supply the domestic market and the State of Goiás was the fifth largest producer of onions (more than 160,000 t), with the municipality of Cristalina standing out, with a production of 140,000 t (IBGE, 2022).

The onion quality is linked to the external appearance, size, color, aroma and firmness of the bulb. According to Grangeiro et al. (2008), the study of the onion bulb quality is important for the selection of the cultivar with the best acceptance by the consumer market, which is increasingly demanding.

As final productivity and plant quality depend on soil preparation and correction, it becomes necessary to adjust existing technologies to meet the global demand for food, without compromising natural resources or harming the environment (TIMSINA, 2018). In this context, the addition of organic fertilizer has a positive effect on the chemical and physical properties of the soil, in addition to taking advantage of materials that would otherwise be discarded (HIGASHIKAWA; MENEZES JÚNIOR, 2017).

The use of organomineral fertilizers is an innovation in agriculture, since it uses organic matter enriched with minerals. Organomineral fertilizer is a combination of mineral and organic fertilizers, using residues from swine and poultry farming activities as organic matter. The organomineral improves soil structure, favors existing microorganisms and enhances the availability and efficiency of applied nutrients, positively reflecting on crop production (CARVALHO et al., 2014; CRUSCIOL et al., 2020; EMBRAPA, 2020; HIGASHIKAWA; MENEZES JÚNIOR, 2017).

Studies demonstrate the organomineral as a promising alternative for the cultivation of garlic (OLIVEIRA et al., 2021), sugar cane (CRUSCIOL et al., 2020), potatoes (CARDOSO; LUZ; LANA, 2015) and corn (SÁ et al., 2017). The use of fertilizer applied in the right dose, time, place and season contributes to good economic, environmental and social results (CASARIN; STIPP, 2013).

Phosphorus (P) is the most accumulated nutrient in the onion bulb (KURTZ et al., 2016) and therefore deserves special attention. The P is considered an essential

nutrient in onion cultivation because it participates in the processes of photosynthesis, respiration, protein synthesis, cell multiplication and differentiation, and it is a nutrient with significant action in the formation and quality of the bulb (RESENDE et al., 2016). Phosphate fertilization is directly related to bulb size and consequently to onion productivity (KURTZ et al., 2018; RESENDE; COSTA; YURI, 2016; SILVA et al., 2021). However, P deposits are finite and the sustainable management of this nutrient must be better studied.

The combination of mineral phosphate and organomineral fertilization can contribute to the development of a more sustainable and economical fertilization program for the crop. Organomineral fertilization can be an alternative or complement to mineral fertilization (CARVALHO et al., 2014; CRUSCIOL et al., 2020).

The careful selection of fertilizer sources and doses is essential to increase productivity in the onion crop and finding proportions between different fertilizers can be a promising choice for sustainable agriculture. Therefore, the aim of the present research was to evaluate the effect of different proportions of mineral and organomineral fertilization on the development, production and post-harvest quality of onion bulbs, cultivar (cv.) Sublime F1, under Cerrado conditions.

2. MATERIAL AND METHODS

The research was conducted between May and September 2020, in a center pivot area located on a rural property (16°59'53.6" S, 47°38'31.3" W and altitude of 920 m) in the municipality of Cristalina, GO, Brazil [AW climate, tropical at altitude with rain from November to April and a dry period from June to September (Koppen, 2023), average annual maximum temperature of 28.6 °C, annual minimum of 16.85 °C, average annual rainfall of more than 1,400 mm and flat topography, with Dystrophic Red Latosol soil (EMBRAPA, 2018).

The soil of the experimental area has been cultivated with rotation between soybeans and corn, since 1992. As of 2019, the center pivot irrigation system was implemented and onion cultivation began in winter, which always receives high doses of phosphate fertilizers.

Soil samples from the experimental area were taken at a depth of 0-20 cm, whose analysis results are presented below: pH (water) = 4.8; Ca = 1.3 cmol_c dm⁻³; Mg = 0.17 cmol_c dm⁻³; K = 166.0 mg dm⁻³; Al = 0.30 cmol_c dm⁻³; P = 20.11 mg dm⁻³; B

= 0.14 mg dm⁻³; Fe = 40.08 mg dm⁻³; Zn = 1.25 mg dm⁻³, Mn = 9.87 mg dm⁻³; Cu = 1.07 mg dm⁻³, M.O.= 3.54%, base saturation (V%) = 26%, m= 14%, CEC = 7.32 cmol_c dm⁻³ and 56% clay texture.

For agronomic variables, a randomized block design was used, with 4 replications and 6 treatment (5 proportions and an additional control). For post-harvest variables, the experimental design was the same (randomized blocks), with 4 repetitions and 6 treatments with (5 proportions and an additional control), subdivided into five times for characteristics of weight loss and dry matter, and two times for total soluble solids (SST) and acidity. The experimental plots consisted of 4 beds measuring 3.0 m in length, 1.95 m in width and 0.20 m in height.

The treatments consisted of five proportions of mineral fertilizer with organomineral (Table 1). The control treatment had no additional fertilization (0% A), in addition to fertirrigation, which was common to all treatments. The levels of phosphorus provided via fertirrigation were close in all treatments, to verify the real influence of the different proportions of fertilizers and their organic fraction.

Table 1: Quantity of fertilizers offered in each additional fertilization (proportions) and total nutrients offered (fertirrigation and additional fertilization) for onion cultivation.

Treatments (Proportions)	Nutrient sources (kg ha ⁻¹)						Nutrients offered (Kg ha ⁻¹)		
	OM	MAP	DL	S	UR	KCl	N	P	K
0%M e 100%OM	3692	0	0	0	205	0	339	789	230
25%M e 75% OM	2769	376	308	14	154	31	338	797	227
0%M e 50% OM	1846	752	619	26	102	61	338	804	224
75%M e 25% OM	923	1130	926	39	51	91	337	812	220
100%M e 0% OM	0	1504	1238	51	0	123	336	818	217
0% Fertilizing	0	0	0	0	0	0	171	51	156

M: mineral fertilizer; OM: organomineral fertilizer; MAP: monoammonium phosphate; DL: Dolomitic limestone; S: sulfur; UR: Urea; KCl: Potassium chloride; N: nitrogen; P: phosphorus; K: potassium.
Source: authors themselves.

The organomineral fertilizer used in pellet form had an organic fraction (100% poultry manure) and mineral fraction (Super Triple), calcium and magnesium carbonate, with minimum guarantees of 2% N, 20% P, 2% K, 8% Ca, 1% Mg, 8% organic carbon and 80 mmol_c dm⁻³ of CTC. The other source of phosphate was MAP[®] (monoammonium phosphate), a granular fertilizer derived from phosphate rock with a mixture of macronutrients in the formula of 11% N, 49% P, 0% K and 0.5% from B.

The experimental area was prepared after the soybean harvest, with incorporation of the previous crop remains through a leveling grid so that the soybean grains germinated, thus facilitating its management. After 30 days of this cultural

treatment, desiccation was performed with a contact, post-emergent, non-systemic, herbicide (Carfentrazone-ethyl, 400 g L⁻¹), to eliminate soybean interference in the onion crop. The soil was harrowed and subsoiled to allow better decompression.

Liming was carried out according to soil analysis and recommendations for onion cultivation (Guimarães, Ribeiro & Alvarez, 1999). In order to increase the base saturation to 70%, 3000 t ha⁻¹ of dolomitic limestone (CaO 34.61%; MgO 17.89%) and 464 Kg ha⁻¹ of calcitic limestone (CaO 55.36%; MgO 0.37%) were used. For that, 300 Kg ha⁻¹ of potassium chloride (KCl) was also used.

The onion hybrid material, cv. Sublime F1, was chosen due to its adaptation to the climatic conditions of the region. The seeds were sown using a mechanized seeder, with five double rows, with 1,000,000 seeds per hectare and about 585 seeds per bed.

Irrigation was carried out using a central pivot, according to the water demand and the stages of crop development (via weather), being monitored by an automated system connected to a meteorological station, close to the experimental area.

Topdressing fertilization was carried out via fertirrigation throughout the study area and it started 10 days after sowing (DAS). The distribution of fertilizers via fertigation, during the cycle, was established based on the rate of nutrients absorption by the onion crop (KURTZ et al., 2016), allowing the application of minimum amounts of N, P and K, equally to all treatments, including the control.

Doses of 200 kg ha⁻¹ of foliar fertilizer (16% N, 0% P, 3% K and 17% S) (50% of the dose in installments at 17 and 28 DAS), 200 kg ha⁻¹ of urea (in installments 50% of the dose at 20 and 65 DAS), 100 kg ha⁻¹ of purified MAP (11-51-0) (50% at 34 DAS and 25% at 65 and 70 DAS), 250 kg ha⁻¹ of sodium chloride potassium (40% of the dose at 70 and 110 DAS; and 20% at 100 DAS) and 11 kg ha⁻¹ of zimbomag (16.6% of the dose at 17, 24, 28, 100 and 110 DAS) were applied, as a micronutrients source.

To control weeds, insects and diseases, specific products were used for each one of them, according to recommendations for onion cultivation, respecting registered products and safety intervals for each product.

Biometric evaluations of the plant shoot were performed at 96 DAS. For this, five consecutive plants, in each plot, were evaluated to verify the characters: leaf length (LL), measuring from the sheath to the apex of the largest leaf and leaf width (LW), measuring the width of the longest leaf, both performed using a millimeter ruler; and total number of leaves (TNL), with manual counting.

At the end of September, the onion was harvested manually at once, at 117 DAS, when 70% of the plants were found to be snapped (vegetative cycle completion), harvesting all the bulbs of the useful plot.

The onions remained in the field, exposed to the sun, for five days after harvesting, for the curing process, and they were later taken to the laboratory of the Instituto Federal Goiano, Cristalina campus, where the onions remained under shade for 12 days, in order to complete the curing process. After this period, the bulbs were cleaned to remove leaves, possible defects (rotting, mold or disease) and roots, in order to measure the commercial productivity for each treatment (Figure 1C and D): average mass of the bulbs (MB), through the ratio between production (in grams) and the number of harvested bulbs; and total productivity (ProdT), by mass of bulbs harvested from the useful plot, extrapolated to $t\ ha^{-1}$.

The production (Prod) in each class ($t\ ha^{-1}$) was estimated by calculating the ratio of bulb weight from each class (Figure 1D and E), according to the scale proposed by CEAGESP (2001), per the respective planting area, where: ProdC1 = Prod of bulbs with diameter < 35 mm; ProdC2 = Prod of bulbs with a diameter of 35 - 50 mm; ProdC3 = Prod of bulbs with a diameter of 50 - 70 mm; ProdC4 = Prod of bulbs with a diameter of 70 - 90 mm; and ProdC5 = Prod of bulbs with diameter > 90 mm.

After sorting and weighing (Figure 1D and E), the bulbs were evaluated for postharvest conservation, by the variables fresh mass loss, dry matter, total soluble solids (TSS) and total acidity (TA), with each sample consisting of 6 bulbs per plot.

For fresh mass loss (%), all onions were stored in a shed at room temperature, being removed at 30, 60, 90 and 120 days after the curing end (9 days after harvest), for weighing and comparison with data measured at the end of curing end. Values obtained were transformed into percentage of fresh mass loss. For dry matter, onion bulbs were also removed from storage at 30, 60, 90 and 120 days after Harvest, when onion samples were chopped and dried in oven at $65^{\circ}C$, until sample mass stabilized.

For TSS and TA, samples were collected at times 0 and 120 days, both counting after curing end. TSS were estimated by direct reading in a refractometer (IAL, 2008). For TA, a sample of 5 mL of onion juice was used, per repetition, adding volume of 50 mL of distilled water. The obtained solution was titrated with standardized solution of NaOH ($0.1\ mol\ L^{-1}$) and turning point was identified using phenolphthalein (IAL, 2008).

Data were submitted to analysis of variance (ANOVA), at 1% ($p \leq 0.01$) and 5% ($p \leq 0.05$) of significance, and means compared by Tukey and Dunnett tests ($p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$). The fertilization proportions were submitted to regression ($p \leq 0.05$).

3. RESULTS AND DISCUSSION

There was no significant effect of supplementary application of different proportions proposed for mineral and organomineral fertilizers and their combinations on leaf length (LL), leaf width (LW) and total number of leaves (TNL) for onion, cv. Sublime F1 (Table 2). It can be justified by the high content of nutrients observed in soil analysis of the experimental area and by fertirrigation carried out in the experiment.

Table 2: Analysis of variance for leaf length (LL), leaf width (LW), total number of leaves (TNL) for onion, cv. Sublime F1, based on five proportions of mineral and organomineral fertilization.

FV	GL	Mean Squares		
		LL	LW	TNL
Proportions	4	46.4 ^{ns}	2.5 ^{ns}	0.5 ^{ns}
Block	3	25.2	2.7	0.2
Residue	12	27.0	1.6	0.4
CV (%)	-	8.7	7.4	8.3

FV: font of variation; GL: degrees of freedom; CV: Coefficient of variation; ^{ns} : Not significant by the F test of the ANOVA at 1% ($p \leq 0.01$) and 5% ($p \leq 0.05$) of probability. Source: authors themselves.

Phosphorus (P) reached 20.1 mg dm⁻³, being considered very good for the onion crop (GUIMARÃES et al., 1999). Phosphorus is highly demanded for productivity and quality increments in the onion crop (RESENDE et al., 2016) and the adequate availability of P in the soil improves plant growth and development (Amare, 2020).

Plant leaves showed mean values of 60.0 and 1.7 cm for LL and LW, respectively, and 7.9 for TNL, corroborating the literature, for conventional and organic onion planting (BETTONI et al., 2013; SILVA et al., 2021; YOLDAS et al., 2011).

For yield variables, there was no significant effect of the different proportions for mineral and organomineral fertilizer on the average bulbs mass (BM), total productivity (TProd), and productivity (Prod), according to classes (ProdC1, Prodc2, Prodc3, Prodc4 and Prodc5) (Table 3). Possibly the high P dosage (Table 1) used in this experiment did not allow the difference between the fertilizer proportions to express their influences, since all of them were above the recommendation for the crop.

Table 3: Analysis of variance for average bulbs mass (BM), total productivity (TProd), productivity class 1 (Prod C1), productivity class 2 (Prod C2), productivity class 3 (Prod C3), productivity class 4 (Prod C4), productivity class 5 (Prod C5) of onion, cv. Sublime F1, according to five proportions of mineral and organomineral fertilization.

FV	GL	Mean Squares						
		BM	TProd	ProdC 1	ProdC 2	ProdC3	ProdC4	ProdC5
Proportions	4	272.4 ^{ns}	68.2 ^{ns}	2.7 ^{ns}	8.4 ^{ns}	41.0 ^{ns}	112.9 ^{ns}	10.8 ^{ns}
Block	3	944.7	339.0	1.3	15.6	202.0	209.0	1.3
Residue	12	152.9	28.6	3.2	10.6	32.2	63.9	15.1
CV (%)	-	8.5	4.3	161.5	32.8	10.3	15.3	72.5

FV: font of variation; GL: degrees of freedom; CV: Coefficient of variation; ^{ns} : Not significant by the F test of the ANOVA at 1% ($p \leq 0.01$) and 5% ($p \leq 0.05$) of probability. Source: authors themselves.

BM observed average (146.24 g per bulb) is 14% higher than those found in the literature (SIMON et al., 2014; WEINGARTNER et al., 2018; YURI; COSTA; RESENDE, 2019). This result was expected, since onion bulbs show positive responses to phosphorus fertilization, reaching greater bulb diameter and productivity (ANTONIADIS et al., 2017; SILVA et al., 2021; WEINGARTNER et al., 2018).

Proportions showing no statistical difference (Table 3), the TProd obtained good results with an average value of 124.3 t ha⁻¹. Results found were higher than national average (31.4 t ha⁻¹) and average for Goiás State (65.5 t ha⁻¹) (IBGE, 2022).

Satisfactory productivity was achieved since mechanized planting was carried out throughout the cultivation, optimal supply of nutrients, use of adapted cultivars, irrigation according to the plant's needs and cultural practices carefully carried out, whenever necessary. One must also consider the favorable edaphoclimatic conditions in the municipality of Cristalina for onion production.

Other authors also did not observe statistical difference for different doses of organomineral fertilizer, for onion culture (HIGASHIKAWA & MENESES JUNIOR, 2017), garlic (OLIVEIRA et al., 2021), sorghum (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2021) and corn (GROHSKOPF et al., 2019), however, productivity of both studies were considered high.

It is noteworthy that even in soils with high fertility, the use of organominerals can be advantageous by establishing a residual effect for future crops (CORRÊA, 2018; CARDOSO et al., 2015), releasing phosphorus for several years after application in the field (ANTILLE, SAKRABANI; GODWIN, 2014).

Note effect of phosphorus doses on onion yield (88.3 and 117.2 t ha⁻¹), with doses of 216.3 and 205.2 kg ha⁻¹ of P₂O₅ for the cultivars IPA11 and Rio das Antas, respectively (Silva et al., 2021) and 80.0 t ha⁻¹, with dose of 132 kg ha⁻¹ of P₂O₅

(REZENDE et al., 2016). Novo Junior et al. (2016) presented total production of 49.0 t ha⁻¹ of onion, with application of 168.7 kg ha⁻¹ of P₂O₅.

P₂O₅ dose in all proportions were close to 800 kg ha⁻¹ (Table 1). However, nutrient uptake by the plant may vary depending on several factors, such as cultivar, plant density, soil fertility, fertilization methods and proper fertilizer distribution (BREWSTER, 2008; LEE et al., 2009). The BM and the Prod4 showed a significant difference for the proportions used. The LL, LW, TNL, TProd and Prod variables in classes (C1, C2, C3 and C5) did not show statistical difference (Table 4).

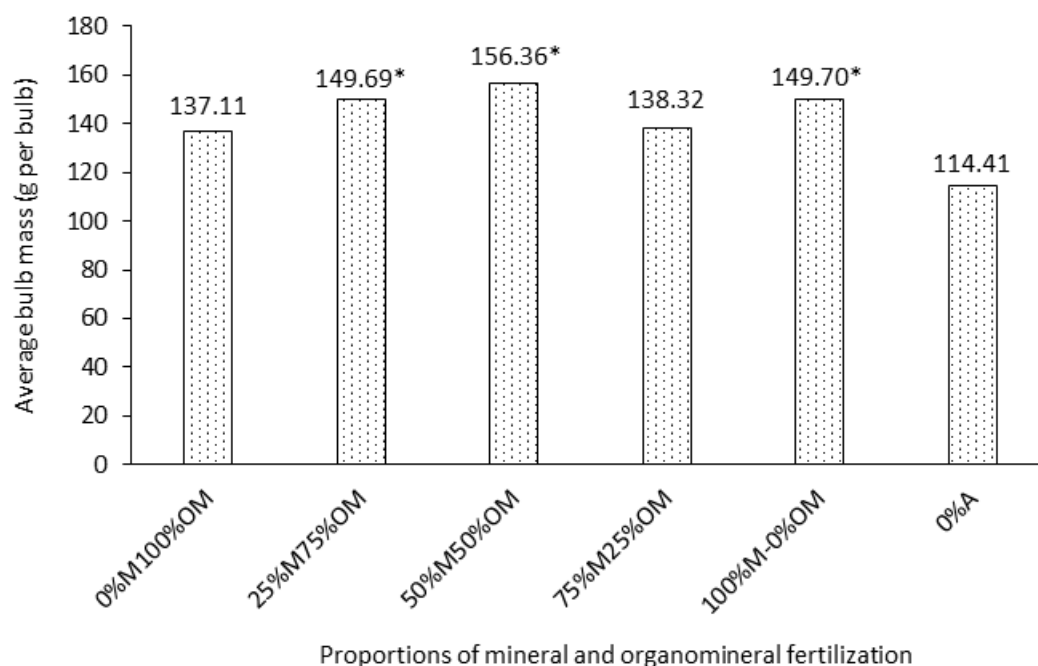
Table 4: Analysis of variance for leaf length (LL), leaf width (LW), total number of leaves (TNL), average bulbs mass (BM), total productivity (TProd), productivity class 1 (ProdC1), productivity class 2 (ProdC2), productivity class 3 (ProdC3), productivity class 4 (ProdC4), productivity class 5 (ProdC5) of onion, cv. Sublime F1, according to five proportions of mineral and organomineral fertilization and control (without additional fertilizer).

FV	GL	Mean Squares									
		LL	LW	TNL	BM	TProd	ProdC 1	ProdC 2	ProdC 3	ProdC 4	ProdC 5
Proportion	5	39.2 ns	3.5 ns	0.5 ns	893.3 **	202.5 ns	2.4 ^{ns}	29.5 ns	33.9 ns	349.6 *	12.1 ns
Block	3	61.5	2.6	0.3	1159.0	471.7	0.5	21.0	219.7	312.5	3.2
Residue	15	32.2	2.0	0.4	210.2	77.3	2.9	15.4	42.5	73.8	14.8
CV (%)	-	9.5	8.2	8.0	10.3	7.2	140.8	36.0	11.8	17.5	77.2

FV: font of variation; GL: degrees of freedom; CV: Coefficient of variation; ^{ns} : Not significant by the F test of the ANOVA at 1% (p≤0.01) and 5% (p≤0.05) of probability; * : Significant at the 1% (p≤0.01) of probability, by the F test; ** : Significant at the 5% (p≤0.05) of probability. Source: authors themselves.

Proportions with 25%M75%OM, 50%M50%OM and 100%M0%OM showed, respectively, 30.8%, 36.6% and 30.8% increase in BM, in relation to the control (0% A) (Figure 2). Organic matter in the organomineral fraction makes nutrients available gradually to the soil as it is decomposed. This may have favored the release of P and other nutrients when the plant needed them for bulb development, increasing the BM.

Figure 2: Average bulbs mass (BM, g per bulb) of onion, cv. Sublime F1, according to five proportions of mineral, organomineral and control fertilization (0%A, without additional fertilizer). *: Means different from the control treatment, using the Dunnett test ($p \leq 0.05$).

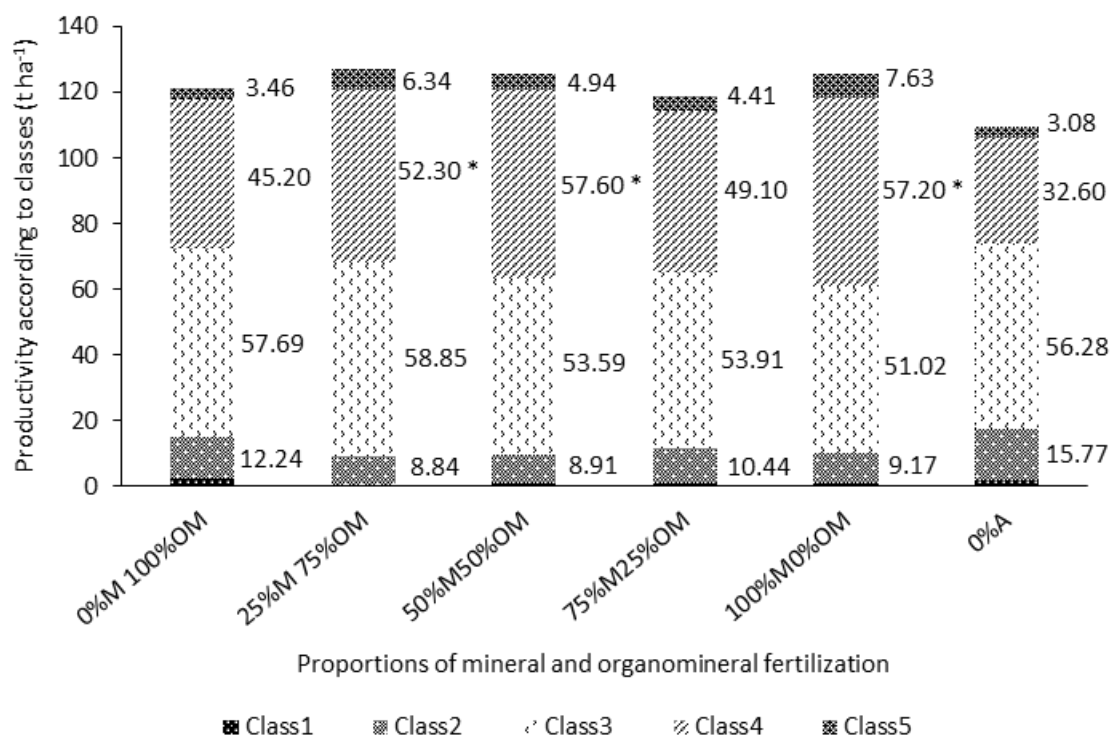


Source: authors themselves

Organic sources for fertilization favor the chemical, physical and biological characteristics of the soil in the following years, due to the residual effect (CARVALHO et al., 2014). Poultry manure in organic fertilization also favors soil fertility and reduces the use of mineral fertilizers (HIGASHIKAWA; KURTZ, 2016).

Proportions of 25%M75%OM, 50%M50%OM and 100%M0%OM increased onion ProdC4 by 60.4%, 76.6% and 75.4%, respectively, compared to the control (0%A) (Figure 3). C4 (diameter 70 to 90 mm) and C3 (diameter 50 - 70 mm) are the most desired grades in onion production and have high commercial value compared to other grades. This result demonstrates the importance of phosphate fertilization to obtain commercially desirable bulbs.

Figure 3: Productivity (t ha^{-1}) for onion bulbs, cv. Sublime F1, according to the classes, in function of five proportions of mineral and organomineral, and control fertilization (0%A, without additional fertilizer). *: Means different from the control, using the Dunnett Test ($p \leq 0.05$).



Source: authors themselves

Proportion 50%M50%OM generated the best result of BM (36.6%) and ProdC4 (76.6%) for onion, cv. Sublime F1. Possibly, in this proportion, phosphorus from the mineral portion was more easily available for plant absorption, while P portion from the organomineral was released gradually over the course of crop development. This suggests a greater phosphorus absorption curve by onion bulb and better results for the aforementioned variables (KURTZ et al., 2016). Other variables analyzed possibly did not differ from the control due to the good ratio of nutrients available in the soil for onion cultivation.

3.1 POST-HARVEST ANALYZES

There was a significant difference for bulb storage time in relation to total soluble solids (TSS) and total acidity (TA) (Table 5). However, the same was not observed for the proportion factor of mineral fertilizer with organomineral.

Table 5: Analysis of variance and mean values for soluble solids content (°Brix) and total acidity (% pyruvic acid) after harvesting onion, cv. Sublime F1, as a function of five proportions of mineral and organomineral fertilization, and as a function of storage time (0 and 120 days after curing end).

FV	GL	Mean square	
		Total Soluble solids (TSS)	Total acidity (TA)
Proportions	4	0.32 ^{ns}	0.13 ^{ns}
Time	1	18.99 *	4.49 *
Proportions x Time	4	0.37 ^{ns}	0.10 ^{ns}
Block	3	1.93	1.27
CV (%)		7.26	27.97

Time (days)	Total Soluble solids (TSS) (°Brix)	Total acidity (TA) (% pyruvic acid)
0	8.88 a	1.17a
120	7.50 b	1.84 b
120	7.50 b	1.84 b

FV: font of variation; GL: degrees of freedom; CV: Coefficient of variation; ^{ns} : Not significant by the F test of the ANOVA at 1% ($p \leq 0.01$) and 5% ($p \leq 0.05$) of probability; * : Significant at the 1% ($p \leq 0.01$) of probability, by the F test; ** : Significant at the 5% ($p \leq 0.05$) of probability; Means followed by the same letter in the column do not differ by Tukey's test at 5% probability ($p \leq 0.05$). Source: authors themselves.

The onion showed TSS reduction of around 18.4%, during storage (Table 5). The reduction of TSS levels occurs due to the substrates consumption in the respiratory metabolism, being characteristic of senescence reactions (BEERLI et al., 2004). Some factors may affect SST, such as different cultivars (ARAÚJO et al., 2004; BOTREL; OLIVEIRA; 2012; CHOPE; TERRY; WHITE, 2006;), fertilization (NOVO JÚNIOR et al., 2016) and irrigation type (BISPO et al., 2018).

TA, at the end of 120 days of storage, showed increase of 57% (Table 5), different from the literature (GRANGEIRO et al., 2008; BEERLI et al., 2004;) and requiring be further investigated in future studies. According to Chitarra and Prado (2004), TA is rapidly reduced in vegetables, due to ripening, and it is related to the levels of organic acids present in the juice or pulp. Pyruvic acid, the main acid present in onions, is enzymatically released when the plant tissue breaks down, being responsible for the pungency (flavor) of the onion.

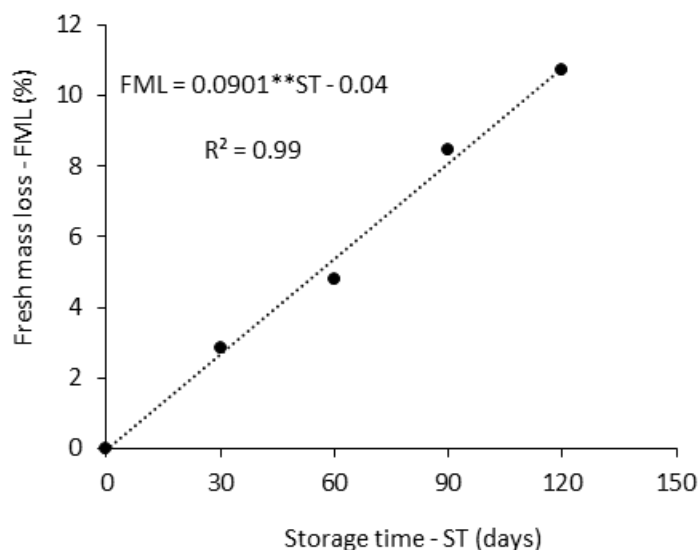
For mass loss and dry matter of the onion, there was a statistical difference as a function of the storage time of the bulbs (Table 6). There was a linear increase in the percentage of mass loss over time (Figure 4), however, the same was not observed for the P dose, similar to reported by Resende et al. (2016).

Table 6: Analysis of variance for Post harvest characteristics of mass loss (%) and dry matter (%) of onion, cv. Sublime F1, as a function of five proportions of mineral with organomineral fertilizer and control (without additional fertilizer), and as a function of storage time (0, 30, 60, 90 and 120 days after curing).

FV	GL	Mean square	
		Mass loss	Dry matter
Proportions	4	6.84 ^{ns}	21.56 ^{ns}
Time	4	367.62 *	63.15 *
Proportions x Time	16	2.07 ^{ns}	23.32 **
Block	3	3.59	14.68
CV (%)		37.02	36.07

FV: font of variation; GL: degrees of freedom; CV: Coefficient of variation; ^{ns} : Not significant by the F test of the ANOVA at 1% ($p \leq 0.01$) and 5% ($p \leq 0.05$) of probability; * : Significant at the 1% ($p \leq 0.01$) of probability, by the F test; ** : Significant at the 5% ($p \leq 0.05$) of probability. Source: authors themselves.

Figure 4: Mass loss (%) of onion bulbs, cv. Sublime F1, over 120 days of storage.



Source: authors themselves

At 30 days of storage, the mass loss was 2.8% and at the end of the storage period this value increased to 10.7% (Figure 4). This mass loss was probably due to dehydration and the onion's respiration rate. The vapor pressure deficit between the tissues and the external environment causes greater water loss to the medium and consequent reduction in plant mass (CHITARRA & PRADO, 2004).

Higashikawa and Meneses Junior (2017), studying nitrogen fertilization from mineral and organomineral sources, found a high loss of fresh mass (57 to 72%) during the rainy season. According to the authors, excessive rainfall favors bulbs rotting during storage, recommending lower doses of N for onion cultivation on rainy season.

Considering that the onion is commercialized by mass unit, the post-harvest conservation is important, since the onion trade presents great price variations. From

the knowledge of onion mass loss, the producer will be able to obtain better price quotes and maximize his profits due to the oscillation of the onion market.

For onion dry matter, despite the static analysis having shown significance for this variable in relation to time (Table 6), a model that represented a biological behavior of the evaluated characteristic, with acceptable reliability was not found.

4. CONCLUSIONS

The high dosage of phosphorus, used in the present research, provided high productivity of onion, cv. Sublime F1, regardless of whether it is mineral or organomineral. The proportion of 50%M50%OM promotes higher average bulbs mass and productivity of class 4 onions. The combination of mineral and organomineral fertilization can be used as a strategy to increase onion productivity and enables a more sustainable management of the minerals use. The proportions of fertilizers, used in this research, do not alter the postharvest characteristics (total soluble solids and total acidity) of the onion, which are affected only by the storage time. Cultivar Sublime F1 showed good development for the region, conditions and fertilizers used, and can be recommended for commercial production in locations with conditions similar to those of the present study. This study presents, to the literature and society, a sustainable and efficient alternative methodology for soil fertilization for onion cultivation. This methodology makes it possible to reduce the use of chemical inputs and increase organic matter, improving the physical, chemical and biological quality of the soil. Future research needs to pay attention to the positioning of the organomineral proportion as a function on the availability of pre-existing phosphorus in the soil, since this is dependent on the texture and organic matter content of the soil.

ACKNOWLEDGMENTS

To the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), for technical, scientific and financial support. To the rural producer Rafael Minetto and all responsible and employees of the Retiro farm, for their support.

REFERENCES

- ALMEIDA JÚNIOR, J. J., *et al.* Uso de adubo organomineral na cultivar do sorgo granífero MSM 332 plantado no Sudoeste Goiano em segunda safra. **Brazilian Journal of Development**, 7, p. 91690- 91701. 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n9-364>
- AMARE, G. Review on Mineral Nutrition of Onion (*Allium cepa* L). **The Open Biotechnology Journal**, 14, p. 134-144. 2020. <http://dx.doi.org/10.2174/1874070702014010134>
- ANTILLE, D. L., SAKRABANI, R., GODWIN, R. J. Phosphorus release characteristics from biosolids-derived organomineral fertilizers. **Communications in soils science and plant analysis**, 45, p. 2565-2576. 2014. <https://doi.org/10.1080/00103624.2014.912300>
- ANTONIADIS, V., *et al.* Effect of phosphorus ad ditionon onion plants grown in 13 soils of varyingde gree of weathering. **Journal of Plant Nutrition**. 40, p. 2054–2062. 2017. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1346125>
- ARAÚJO, A., *et al.* Avaliação de genótipos de cebola em cultivo orgânico. **Horticultura brasileira**, 22, p. 1-4. 2004. Available in: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/30285/1/OPB332.pdf>. Accessed in: 11 jul de 2023.
- BEERLI, K. M. C., VILAS BOAS, E. V. de B., PICCOLI, R. H. Influência de sanificantes nas características microbiológicas, físicas e físico-químicas de cebola (*Allium cepa* L.) minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, 28, p. 107-112. 2004. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000100014>
- BETTONI, M. M., *et al.* Crescimento e produção de sete cultivares de cebola em sistema orgânico em plantio fora de época. **Semina: Ciências Agrárias**, 34, p. 2139-2151. 2013. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2139>
- BISPO, R. C., *et al.* S. Produtividade da cebola sob diferentes manejos de irrigação. **Irriga**, 23, p. 262-272. 2018. <https://doi.org/10.15809/irriga.2018v23n2p262-272>
- BOTREL, N., OLIVEIRA, V. R. **Cultivares de cebola e alho para processamento**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 52, 2012, Salvador. Anais. Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, p. S8420-S8434. 2012.
- BREWSTER, J. L. **Onion sand Other vegetable allium**. Wallingford, UK: CAB International. 2008.
- CARDOSO, A. F., LUZ, J. M. Q., LANA, R. M. Q. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função do fertilizante organomineral e safras de plantio. **Revista Caatinga**, 28, p. 80-89. 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n409rc>
- CARVALHO, R. P., *et al.* Organomineral fertilization on the Chemical characteristics of Quartzarenic Neosol cultivated with olive tree. **Scientia Horticulturae**, 176, p. 120-126. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.006>
- CASARIN, V., STIPP, S. R. Manejo 4C, quatro medidas corretivas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **Informações agrônômicas**, 12, p.20. 2013.
- CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Programa brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens. Classificação da cebola (*Alliun cepa* l.)**. São Paulo. 2001.

CHITARRA, A. B., PRADO, M. E. T. **Tecnologia de armazenamento pós-colheita para frutos in natura**. UFLA-FAEPE, Lavras, MG, 2004. 113p.

CHOPE, G. A., TERRY, L. A., WHITE, P. J. Effect of control led atmospheres torageon abscisic acid concentration and Other biochemical atributes of onion bulbs. **Postharvest Biology and Technology**, 39, p. 233-242. 2006.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.10.010>

CORRÊA, J. C., *et al.* Soil fertility and agriculture yield with the application of organomineral or mineral fertilizers in solid andf luid forms. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 53, p. 633-640. 2018. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000500012>. ISSN 1678-3921.

CRUSCIOL, C. A. C., *et al.* Organomineral fertilizer as source of P and K for sugarcane. **Scientific Reports**, 10. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62315-1>.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Como plantar cebola**. 2020. Available in: <https://www.embrapa.br/hortalicas/cebola/clima>. Accessed in: 09 jul. 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa. 2018. 356 p. Available in: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-pdf>. Accessed in 20 de jan. 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food Balances (2010)**. FAOSTAT, 2020. Available in: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>>. Accessed in 08 de jul. 2022.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Value of Agricultural Production**. FAOSTAT, 2022. Available in: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>>. Accessed in 08 jul. 2022.

GRANGEIRO, L. C., *et al.* Características qualitativas de genótipos de cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, 32, p. 1087-1091. 2008. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000400008>

GROHSKOPF, M. A., *et al.* Phosphate fertilization with organomineral fertilizer on corncropson a Rhodic Khandiudox with a high phosphorus content. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 54. 2019. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00434>

GUIMARÃES, P. T. G., RIBEIRO, C. R., ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação** - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999. 359p.

HIGASHIKAWA, F. S., KURTZ, C. Manejo do solo, correção e adubação. In: MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; MARCUZZO, L. L. (Ed.). **Manual de prática agrícolas: guia para a sustentabilidade das lavouras de cebola do Estado de Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (DEMC) / Epagri, p. 49–60. 2016.

HIGASHIKAWA, F. S., MENEZES JÚNIOR, F. O. G. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Revista Scientia Agraria**, 18, p. 01-10. 2017. DOI: 10.5380/rsa.v18i2.51219.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4ª Ed. Digital. São Paulo. 2008. 1002 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela 1612: Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias.** 2022. Available in: <https://www.ibge.gov.br>. Accessed in: 07 jan. 2022.

KOPPEN. **Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros.** 2023. Available in: <https://www.koppenbrasil.github.io>. Accessed in 11 de jan. 2023.

KURTZ, C, *et al.* Crescimento e absorção de nutrientes pela cultivar de cebola Bola Precoce. **Horticultura Brasileira**, 34, p. 279-288. 2016. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160000200020>

KURTZ, C. F., MENEZES JÚNIOR, F. O. G., HIGASHIKAWA, F. S. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da cebola.** Boletim técnico da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, n.184, 2018.

LEE, E. J., *et al.* Application of extra sulphur to high-sulphur soils does not increase pungency and related compounds in short day onions. **Scientia Horticulturae**, 123, p. 178–183. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.09.009>

NOVO JÚNIOR, J., *et al.* Effect of phosphorus fertilization on yield and quality of onion bulbs. **African Journal of Agricultural Research**, 11, p. 4594-4599. 2016. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.11560>

OLIVEIRA, R. C. de, *et al.* Fertilização organomineral do solo na cultura do alho. **Comunicata Scientiae**, 12, p. 1-5. 2021. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v12.3651>

RESENDE, G. M., COSTA, N. D., YURI, J. E. Efeito de doses de fósforo na produtividade e armazenamento pós-colheita de dois cultivares de cebola. **Revista Ceres**, 63, p. 249-255. 2016. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663020017>

SÁ, J. M.; *et al.* Agronomic and P recovery efficiency of organomineral phosphate fertilizer from poultry litter in sandy and clayey soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52, p. 786-793. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X201700090001>.

SILVA, L. L., *et al.* Crescimento vegetativo e teor de fósforo em cultivares de cebola. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, 10, p.7-14. 2017. <https://doi.org/10.5935/PAeT.V10.N3.01>

SILVA, L. R. R., *et al.* Agronomic performance of onion cultivars as affected by phosphate fertilization. **Revista Ceres**, 68, p. 371-378. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X202168050001>.

SIMON, T., *et al.* The effect of variety, nitrogen and phosphorous fertilization on growth and bulb yield of onion (*Allium Cepa* L.) at Wolaita, Southern Ethiopia. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, 4, p. 89-97. 2014.

TIMSINA, J. Can Organic Sources of Nutrients Increase Crop Yields to Meet Global Food Demand? **Agronomy**, 8, p.214-234. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy8100214>.

WEINGARTNER, S., *et al.* Rendimento de cebola em função da dose e do modo de aplicação de fósforo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 17, p. 23-29. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711712018023>.

YOLDAS, F., *et al.* Effect of organic and inorganic fertilizers on yield and mineral content of onion (*Allium cepa* L.). **African Journal of Biotechnology**, 10, p. 114488-11482. 2011.
<https://doi.org/10.5897/AJB10.2535>

YURI, J. E., COSTA, N. D., RESENDE, G. M. Características produtivas de cultivares de cebola no Submédio do Vale do São Francisco. **Cultura Agronômica**, 28, p. 452-460. 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2019v28n4p452-460>



CAPÍTULO

11

TOMATEIRO INDUSTRIAL CULTIVADO COM ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL ASSOCIADAS A ÁCIDOS ORGÂNICOS

Fabricia Alves Bueno de Oliveira

Mestre em Olericultura

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: fabriciaalves962@gmail.com

Claudinei Martins Guimarães

Doutor em Engenharia Agrícola

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: neiufv@hotmail.com

Marcelo Barbosa de Souza Filho

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: marcelo21filho@gmail.com

Maria Eduarda Teles de Queiroz

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: eduardaqdem@gmail.com

Joicy Vitória Miranda Peixoto

Doutora em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: joicy.peixoto@ifgoiano.edu.br

Emmerson Rodrigues de Moraes

Doutor em Fitotecnia

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: emmerson.moraes@ifgoiano.edu.br

Rodrigo Vieira da Silva

Doutor em Fitopatologia

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Morrinhos, Goiás, Brasil

E-mail: rodrigo.silva@ifgoiano.edu.br

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência da adubação mineral e organomineral, associada à aplicação de ácidos húmico e fúlvico, no cultivo do tomateiro industrial. Os tratamentos consistiram em três tipos de formulações de fertilizantes no transplante: T1 - formulação de fertilizante mineral contendo KCl; T2 – formulação de fertilizante mineral com fosfato monoamônico (MAP); T3 – formulação com fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K_2SO_4); e dois manejos de substâncias húmicas no solo (com e sem ácidos húmicos e fúlvicos). Utilizou-se delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial de 3 x 2, com cinco repetições, totalizando 30 parcelas. Foram avaliados: taxa fotossintética, condutância estomática, taxa respiratória, relação interna e externa de CO_2 e transporte de elétrons, como características fisiológicas. Produção, características físico-químicas dos frutos, e teores de nutrientes foliares, como potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn), também foram avaliados. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste f de Fisher, a 1% e a 5% de probabilidade e as médias com efeito significativo foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Organomineral + K_2SO_4 aumentou condutância estomática, taxa respiratória e produção de frutos, semelhante aos minerais KCl e MAP para as características físico-químicas dos frutos. Na folha, o Cu obteve $9,17\text{ mg kg}^{-1}$ no mineral MAP e, para o Mn, a adição de ácidos orgânicos promoveu redução da média ($47,12\text{ mg kg}^{-1}$). O organomineral aumenta teores de Mg e Zn na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, em relação ao KCl e MAP. Conclui-se que a adubação mineral e organomineral, associada à aplicação de ácidos húmico e fúlvico, é eficiente para o cultivo do tomateiro industrial. KCl e MAP, com ácidos húmicos e fúlvicos, melhora a eficiência da absorção de nutrientes pelas plantas. Na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, a formulação com organomineral+ K_2SO_4 é a melhor alternativa de manejo para a produção do tomateiro industrial, em relação as formulações minerais KCl e MAP. O presente estudo apresenta uma metodologia alternativa sustentável e eficiente de adubação do solo para cultivo do tomateiro.

PALAVRAS-CHAVE: fertilizantes, nutrição de plantas, *Solanum lycopersicum* L., sustentabilidade.

ABSTRACT: The aim of the present research was to evaluate the efficiency of mineral and organomineral fertilization, associated with the application of humic and fulvic acid, in the cultivation of industrial tomato plants. The treatments consisted of three types of fertilizer formulations applied in plant transplantation: T1 - mineral fertilizer formulation containing KCl; T2 – mineral fertilizer formulation with monoammonium phosphate (MAP); T3 – formulation with organomineral fertilizer containing potassium sulfate (K_2SO_4); and two managements of humic substances in the soil (with and without humic and fulvic acids). Randomized blocks, in a 3 x 2 factorial scheme, with five replications, was used, totaling 30 plots. Photosynthetic rate, stomatal conductance, respiratory rate, internal and external CO_2 ratio and electron transport were evaluated as physiological characteristics. Production and fruit physical-chemistry characteristics, and leaf nutrient content, such as potassium (K), phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn) and manganese (Mn) also were evaluated. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA), using Fisher's f test, at 1% and 5% probability and the means with a significant effect were compared using the Tukey test, at 5% probability. Organomineral + K_2SO_4 increased stomatal conductance, respiratory rate and fruit production, similar to the minerals KCl and MAP for the physical-chemical characteristics of the fruits. In the leaf, Cu obtained

9.17 mg kg⁻¹ in the mineral MAP and, for Mn, the addition of organic acids promoted a reduction in the average (47.12 mg kg⁻¹). The organomineral increases Mg and Zn levels in the absence of humic and fulvic acids, in relation to KCl and MAP. It is concluded that mineral and organomineral fertilization, associated with the application of humic and fulvic acids, is efficient for the cultivation of industrial tomatoes. KCl and MAP, with humic and fulvic acids, improves the efficiency of nutrient absorption by plants. In the absence of humic and fulvic acids, the formulation with organomineral+K₂SO₄ is the best management alternative for industrial tomato production, in relation to the mineral formulations KCl and MAP. The present study presents an alternative sustainable and efficient methodology for soil fertilization for tomato cultivation.

KEYWORDS: fertilizers, plant nutrition, *Solanum lycopersicum* L., sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do tomateiro industrial exige tratos culturais intensivos, demandando cuidados importantes para sua condução em campo. A adubação dessa cultura é atualmente realizada por meio de fertilizantes químicos de alta solubilidade, como o cloreto de potássio, o fosfato monoamônico e a ureia, que degradam a matéria orgânica. Em excesso, esses fertilizantes podem causar desequilíbrio no pH do solo, induzindo deficiência nutricional de alguns elementos, como Ca^{+2} e Mg^{+2} , afetando a produtividade da planta (MOTA et al., 2019; CHÁVEZ et al., 2019).

O manejo da agricultura atual tem considerado fortemente os critérios de redução da aplicação de insumos, principalmente, os fertilizantes químicos, que são dispendiosos e se manejados de forma inadequada, causam impactos negativos ao solo, a longo prazo. Nesta perspectiva, destaca-se a valorização do aumento da matéria orgânica do solo, a qual é formada a partir da decomposição de material vegetal e animal, liberando substâncias húmicas e melhorando a qualidade do solo (ZANDONADI et al., 2014; CARON et al., 2015).

Alternativas de cultivo com manejo da matéria orgânica podem ser adotadas para possibilitar uma agricultura mais sustentável e eficiente. Dentre essas alternativas promissoras, destaca-se a utilização de substâncias húmicas e fúvicas, que são compostos constituídos de ácidos húmicos, fúlvicos, himatomelânicos e huminas, que atuam como condicionadores do solo, insumos alternativos para o manejo de diversas culturas, e promovem alta troca catiônica, aumentando o metabolismo e crescimento das plantas (CALVO et al., 2014; CANELLAS et al., 2015).

As substâncias húmicas também promovem o incremento do fósforo solúvel, por meio da complexação de Fe^{+2} e Al^{+3} (em solos ácidos) e do Ca^{+2} (em solos alcalinos) e a redução das perdas de NO_3^- e do consumo de OH^- pelo H^+ , produzindo grupos orgânicos de cargas negativas, com alta afinidade pelo NH_4^+ , (CARON et al., 2015; CANELLAS et al., 2019; PYLAK et al. 2019). Os ácidos húmicos e fúlvicos podem trazer vários benefícios ao solo, como aumento da CTC, proporcionando uma maior retenção de água no solo, estabilidade do Ph, menor risco de erosão e por consequência menor perda de nutrientes, auxiliando também no crescimento radicular, e aumento da biomassa (SPIAZZI, 2021).

Aliado ao manejo das substâncias húmicas, a utilização de fertilizantes com disponibilidade de nutrientes de forma mais lenta no solo, como os organominerais, permitem que os nutrientes permaneçam mais tempo disponíveis na solução do solo,

para serem absorvidos pelas raízes das plantas. Desta maneira, o uso de fertilizante organomineral como fonte de nutrientes e condicionadores do solo, tem sido alvo de estudos sobre alternativas viáveis de adubação das culturas com preservação da qualidade ambiental (ALMEIDA et al., 2019).

A adubação organomineral é uma alternativa viável de cultivo para o tomateiro industrial e se refere à uma técnica de fertilização que combina o uso de fertilizantes orgânicos e minerais com objetivo de fornecer nutrientes essenciais às plantas e promover melhorias químicas e/ou físicas e/ou biológicas, com finalidade principal de aumentar a produtividade e qualidade da colheita (ZONTA et al., 2021).

Nesse contexto, a utilização conjunta de ácidos húmicos e fúlvicos, que naturalmente resultam da decomposição de matéria orgânica, e de fertilizantes organominerais, que proporcionam manejo mais sustentável do solo, promovem a sustentabilidade da agricultura e a preservação dos recursos naturais, a curto, médio e longo prazo. No entanto, há necessidade de maior conhecimento da real funcionalidade destes componentes para o tomateiro industrial (CARON et al, 2015).

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a eficiência da adubação mineral e organomineral, associada à aplicação de ácido húmico e fúlvico, no cultivo do tomateiro industrial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida entre maio e agosto de 2021, no Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, GO, Brasil [17°48'45" Sul, 49°12'14" Oeste e 910 m de altitude. clima AW, com inverno seco e verão chuvoso (KOPPEN, 1982)]. Amostras do Latossolo vermelho amarelo (SANTOS, 2018), foram realizadas na profundidade de 0 a 20 cm para determinação das características químicas e físicas (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e física do solo da área experimental de cultivo de tomate industrial.											
Camada (cm)	pH (H ₂ O)	pH CaCl ₂	S mg dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	
----- Cmol _c dm ⁻³ -----											
0 - 20	-	5,4	2,8	56	0,15	3,70	1,30	6,1	0,00	2,50	
M.O	C.O	SB	t	T	V%	m%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
---- Cmol _c dm ⁻³ ---											
2,50	1,45	5,15	5,15	7,68	67,40	0,00	0,23	3,8	25,2	12,9	80
Granulometria											
----- g kg ⁻¹ -----											
Areia				Silte				Argila			
350				120				530			
Classificação Textural: Textura Argilosa											
Fonte: Próprios autores.											

O híbrido de tomate Heinz 9553, desenvolvido pela companhia Heins Seed, de crescimento determinado para frutos destinados ao processamento industrial, com ciclo de 110 a 130 dias para a maturação dos frutos, foi utilizado.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com esquema fatorial 3 x 2, 5 repetições e 30 parcelas totais. Os tratamentos (Tabela 2) foram as combinações de três tipos de formulações de fertilizantes, aplicados no transplante, e presença ou ausência de ácidos (húmicos e fúlvicos): T1 - fertilizante mineral, contendo KCl, sem ácidos húmicos e fúlvicos; T2 – fertilizante mineral com fosfato monoamônico (MAP), sem ácidos húmicos e fúlvicos; T3 – fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K₂SO₄), sem ácidos húmicos e fúlvicos; T4 - fertilizante mineral contendo KCl, com ácidos húmicos e fúlvicos; T5 – fertilizante mineral contendo fosfato monoamônico (MAP), com ácidos húmicos e fúlvicos; T6 – fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K₂SO₄), com ácidos húmicos e fúlvicos.

Tabela 2. Tratamentos e quantidades de nutrientes aplicados no transplante do tomateiro industrial, em função da aplicação de fertilizante mineral (FM) e fertilizante organomineral (FOM), com ou sem adição de ácidos (húmico e fúlvico).

Tratamentos*	Ác. húmico fúlvico	Transplante no sulco (kg ha ⁻¹)	Nutrientes ofertados (kg ha ⁻¹) - transplante					
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B	Cl
T1	SEM	1650 04-30-10	112	495	425	15	8,2	311
T2	SEM	800 MAP	145	430	395	40	7,6	295
T3	SEM	1650 04-22-07 K ₂ SO ₄	110	380	365	147	7,6	0
T4	COM	1650 04-30-10	112	495	425	15	8,2	311
T5	COM	800 MAP	145	430	395	40	7,6	295
T6	COM	1650 04-22-07 K ₂ SO ₄	110	380	365	147	7,6	0

Tratamentos*: Fertilizantes minerais - KCl [T1]; MAP [T2]; fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K₂SO₄) [T3]; KCl + Ác. húmico fúlvico [T4]; MAP + Ác. húmico fúlvico [T5]; fertilizante organomineral + Ác. húmico fúlvico [T6]. Fonte: Próprios autores.

As parcelas continham 5 m comprimento e 6 m largura, com transplante manual das mudas em linhas duplas com espaço entre uma linha dupla e a outra de 1,2 m. O espaçamento entre as linhas simples foi de 0,6 m e entre plantas na linha foi de 0,3 m. A população de plantas foi de 33.333 por ha. Considerou-se como parcela útil apenas a linha dupla central de 2 m x 3 m, ou seja, uma área útil de 5,4 m².

Para as substâncias húmicas, foram utilizadas as doses de 0,5 L ha⁻¹ para o ácido fúlvico e 2,0 L ha⁻¹ para o húmico, com volume de calda de 200 L ha⁻¹. Os ácidos (húmicos e fúlvicos) foram aplicados e quatro momentos diferentes: primeira aplicação após o transplante, direcionada sobre o sulco; demais aplicações, aos 15, 30 e 45 dias após transplante (DAT), com pulverizações foliares manuais, por regador de 5 L.

Não foi realizada correção do solo para plantio, pois o nível de saturação de base (67%, Tabela 1) estava satisfatório para a cultura do tomateiro industrial. As adubações no momento do transplante (tabela 2) foram realizadas a lanço, em cada tratamento. As adubações de cobertura foram realizadas semanalmente, até os 91 DAT, por meio de fertirrigação, com regador de 5 litros, em cada parcela experimental.

A adubação contendo KCl (T1) e KCl + Ácido húmico e fúlvico (T4) foi a mesma até os 91 DAT. Os tratamentos contendo MAP (T2) e MAP + Ácido húmico e fúlvico (T5), fertilizante organomineral contendo K₂SO₄ (T3) e fertilizante organomineral + Ácido húmico e fúlvico (T6) também receberam a mesma adubação de cobertura, com exceção aos 63 DAT (Tabela 3).

Tabela 3. Adubação de cobertura por meio de fertirrigação manual, para o tomateiro industrial, em função do uso de fertilizante mineral e organomineral, com e sem adição de ácidos (húmicos e fúlvicos).

DAT	Adubação de cobertura – Fertilizantes*								
	Trat*	Ureia	(NH ₄) ₂ SO ₄	KCl	MAP	H ₃ BO ₃	Ca(NO ₃) ₂	KNO ₃	K ₂ SO ₄
		Kg ha ⁻¹							
28	T1	40	40	-	-	-	-	-	-
56	T4	30	30	60	-	-	-	-	-
77		-	-	90	-	-	-	-	-
		Ureia	(NH ₄) ₂ SO ₄	KCl	MAP	H ₃ BO ₃	Ca(NO ₃) ₂	KNO ₃	K ₂ SO ₄
		Kg ha ⁻¹							
7		-	-	-	3	5	-	-	-
14		-	20	-	3	5	-	-	-
21	T2	-	80	-	3	5	-	-	-
28	T5	-	-	-	3	5	-	-	-
35	T3	-	80	-	3	5	10	-	-
42	T6	-	-	95	3	5	10	-	-
49		-	-	95	3	-	10	-	-
56		-	-	95	3	5	10	-	-
63	T2	-	-	95	3	-	10	-	-
	T5	-	-	95	3	-	10	-	-
	T3	-	-	-	3	-	10	-	105
	T6	-	-	-	3	-	10	-	105
70	T2	-	-	-	3	5	-	25	-
77	T5	-	-	-	-	-	-	25	-
84	T3	-	-	-	-	5	-	25	-
91	T6	-	-	-	-	-	-	25	-

DAT: dias após transplante; Trat*: Tratamentos: Fertilizantes minerais - KCl [T1]; MAP [T2]; fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K₂SO₄) [T3]; KCl + Ác. húmico fúlvico [T4]; MAP + Ác. húmico fúlvico [T5]; fertilizante organomineral + Ác. húmico fúlvico [T6]. Fertilizantes*: (NH₄)₂SO₄ - Sulfato de amônio; KCl – cloreto de potássio; MAP – Fósforo monoamônico; H₃BO₃ – ácido bórico; Ca(NO₃)₂ – nitrato de cálcio; KNO₃ – nitrato de potássio; K₂SO₄ – sulfato de potássio. Fonte: Próprios autores.

Os tratos culturais de controle fitossanitário e de plantas invasoras foram realizados com produtos recomendados, alternando-se o princípio ativo e modo de ação. O tempo e turno de rega foram determinados de acordo com a Evapotranspiração da Cultura (SENTELHAS e FOLEGATTI, 2003) e Evaporação do Tanque Classe A (EMBRAPA, 2006; MAROUELLI et al., 1996).

Aos 126 DAT, foram avaliadas; taxa fotossintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); taxa respiratória ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); relação carbono interno e externo (Ci/Ca); e taxa de transporte de elétrons ($\mu\text{molmmol}^{-1}$). As avaliações dos aspectos fisiológicos do tomateiro industrial foram realizadas entre 08:30 h e 11:30 h da manhã, em folhas totalmente expandidas e maduras, de duas plantas aleatórias da parcela útil de cada tratamento. Para tal, utilizou-se um analisador gasoso no infravermelho (IRGA) de sistema aberto (LI- 6800, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA), equipado com uma câmara de fluorescência integrada a um fluorômetro multiface (MPF) (LI-6800-01, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA).

Durante as medições com o IRGA, foi utilizada densidade constante de fluxo de fótons de $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de luz actínica. A fonte de luz foi a luz do fluorômetro multiface (MPF). A umidade relativa dentro da câmara foi mantida em 50% e a concentração de CO_2 , em $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$. A temperatura do ar dentro da câmara foi monitorada com sensor termoeletrônico, na parte inferior da câmara, mantida em 25°C .

No período do florescimento, foram avaliadas as variáveis nutricionais: teores de K, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn. Amostras de folhas secas de 10 plantas úteis e aleatórias foram encaminhadas ao laboratório, utilizando o Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (MIYAZAWA, 2009).

Avaliações físico-químicas dos frutos de tomateiro industrial foram realizadas por meio de potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis totais (SST, °Brix), acidez titulável (AT), densidade e firmeza da polpa.

Para teor de SST (°Brix), utilizou-se o suco de 10 frutos por parcela experimental, extraído por uma centrífuga de frutas. Duas gotas do suco foram colocadas sobre o prisma de um refratômetro digital (Refractometer) e em seguida procedeu a leitura do índice de refração expresso em °Brix (IAL, 2008). Antes das leituras das amostras, o refratômetro foi calibrado com água destilada (Moretti et al., 1998).

Acidez titulável foi determinada pela Equação 1 (IAL (2008)).

$$ACT = (V.F) / (P.C). 100 \quad (1)$$

Em que:

ACT é acidez titulável (% ácido cítrico);

V é volume (mL) de hidróxido de sódio gasto na titulação;

F é fator de correção da solução de hidróxido de sódio (0,1 N de NaOH);

P é massa da amostra em g ou volume pipetado em mL;

C é constante utilizada para NaOH a 0,1 N (valor = 10).

Da amostra homogeneizada oriunda de 10 frutos por parcela, realizou-se a leitura direta do pH em pHgâmetro digital (PHS – 3E). Densidade foi determinada em temperatura pré-estabelecida de 30°C, utilizando-se Picnômetros de 25 ml de capacidade previamente calibrados com água destilada na mesma temperatura (AOAC, 1997). Firmeza dos frutos foi determinada pelo método aplanador (CALBO; NERY, 1995) (Equação 2), utilizando uma amostra de 10 frutos, escolhidos aleatoriamente em cada parcela experimental.

$$FZ = P/0,784.CM.CME \quad (2)$$

Em que:

Fz é firmeza do fruto (kgf cm⁻²);

P é peso da placa de vidro do aplanador (0,4905 kgf);

CM é comprimento maior da área amassada (cm);

CME é comprimento menor da área amassada (cm) e para converter a firmeza para Newton (N) multiplicou-se a equação.

Firmeza é peso do aplanador (0,5 kg) dividido pela área unidade sai em KgF/cm² multiplica por 9.8 para N.

No momento da colheita para a indústria, a partir de 10 frutos, foram avaliadas as variáveis de rendimento: massa dos frutos comercializáveis; massa dos frutos não comercializáveis; massa dos frutos verdes; e produção total, por meio de pesagem em balança com capacidade de 100 kg e precisão de ±0,05 kg. Foram determinadas as porcentagens dos frutos comercializáveis (A), dos frutos não comercializáveis (B), e dos frutos verdes (C) conforme a Equação 3.

$$P_{\text{frutos}} (\%) = \frac{\text{Massa dos frutos (A) ou (B) ou (C)} \times 100}{\text{Massa total dos frutos}} \quad (3)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste f de fisher, a 1% ($p \leq 0,01$) e a 5% ($p \leq 0,05$) de significância e as médias das variáveis com efeito significativo dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% probabilidade ($p \leq 0,05$), utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo para nenhuma das variáveis fisiológicas analisadas (Tabela 4). As formulações de adubação apresentaram efeito significativo ($p > 0,1$) somente para o pH da polpa dos frutos. Os tratamentos com adição de ácido húmico e fúlvico, influenciaram significativamente ($p > 0,1$) apenas a variável FP e a interação formulação x ácido húmico e fúlvico apresentou significância somente para FP e DF (Tabela 5).

Tabela 4: Resumo de análise de variância (Teste F) sobre as variáveis Taxa fotossintética (TF, $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Condutância estomática (CE, $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa respiratória (TR, $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), relação interna e externa de CO_2 (Ci/Ca), taxa de transporte de elétrons (TTE, $\mu\text{molmmol}^{-1}$) de plantas de tomateiro industrial cultivadas com diferentes manejos de adubação mineral e organomineral e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos). IFGoiano – Morrinhos. 2022.

Fonte de variação	GL	TF	CE	TR	Ci/Ca	TTE
Formulação (F)	2	0,221 ^{ns}	2,906 ^{ns}	2,927 ^{ns}	1,565 ^{ns}	1,803 ^{ns}
Ácidos H+F	1	0,437 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,050 ^{ns}	0,514 ^{ns}
Fer x Ac	2	0,191 ^{ns}	0,957 ^{ns}	0,817 ^{ns}	1,887 ^{ns}	1,174 ^{ns}
Bloco	4	1,031 ^{ns}	0,088 ^{ns}	0,173 ^{ns}	0,232 ^{ns}	0,888 ^{ns}
CV (%)		10,34	27,44	13,78	5,36	11,99

^{ns} - Não significativo. * Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$); ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$); CV – Coeficiente de variação. Fonte: Próprios autores.

Tabela 5: Análise de variância (ANOVA) das variáveis de qualidade de frutos para firmeza da polpa (FP, %), densidade (DF), acidez titulável (AT, %), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais - SST (°Bx) de frutos de tomateiro industrial, sob diferentes manejos de adubação mineral e organomineral, e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos).

FV	GL	Valores de F calculado (FC)				
		FP	DF	AT	pH	°Brix
Formulação (For)	2	2,475 ^{ns}	0,369 ^{ns}	2,439 ^{ns}	4,077 ^{**}	0,570 ^{ns}
Ácidos H+F (Ac)	1	5,983 ^{**}	3,781 ^{ns}	1,629 ^{ns}	0,871 ^{ns}	0,439 ^{ns}
For x Ac	2	4,217 ^{**}	5,995 [*]	0,934 ^{ns}	3,171 ^{ns}	0,113 ^{ns}
Bloco	4	4,856	1,824	1,564	3,049	0,381
CV (%)		9,76	2,29	7,65	2,25	7,61

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; H: húmicos; F: fúlvicos; ^{ns} Não significativo. * significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p \leq 0,01$); ** significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p \leq 0,05$); CV – Coeficiente de variação. Fonte: Próprios autores.

Em relação ao pH, independentemente da formulação utilizada, a adição ou não de ácidos orgânicos não influenciaram significativamente os valores de pH da polpa dos frutos, exceto na ausência de ácidos orgânicos na formulação MAP, que apresentou acidez mais elevada (4,2), comparado aos demais tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Médias de potencial hidrogeniônico (pH), firmeza da polpa (FP), e densidade (D) de frutos de tomateiro industrial, sob diferentes manejos de adubação e ácidos orgânicos (fúlvicos e húmicos).

Características avaliadas	Ácido Orgânicos	Adubação			Média
		KCI	MAP	Organomineral K_2SO_4	
pH	Com	4,36 Aa	4,36 Aa	4,38 Aa	4,36
	Sem	4,38 Aa	4,20 Bb	4,42 Aa	4,30
	Média	4,37	4,28	4,40	
Firmeza da polpa (N)	Com	2,88 Aa	2,63 Aa	2,68 Aa	2,73
	Sem	2,35 Bb	2,34 Ab	2,80 Aa	2,50
	Média	2,62	2,49	2,74	
Densidade (kg dm ⁻³)	Com	1,04 Aa	1,04 Aa	1,01 Aa	1,03
	Sem	0,99 Ba	1,01 Aa	1,04 Aa	1,01
	Média	1,02	1,03	1,03	

Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Próprios autores.

Os valores de pH observados por todas as formulações utilizadas como tratamentos para a produção de frutos de tomateiro industrial estão dentro dos níveis ideais para o processamento de frutos industrial, que são de 4,2 a 4,5 (LAPUERTA, 1995). Os valores de pH (Tabela 6) são semelhantes aos de Benetti *et al.* (2018), que testaram cinco doses de ácidos húmicos e fúlvicos e duas densidades de plantio, encontrando valores 4,27 para pH, na dose de 80 L ha⁻¹.

Os valores mínimos encontrados pela formulação MAP (Tabela 6), principalmente na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, influencia diretamente na variável SST ($\bar{y} = 3,98$), ou seja, na formação de ácidos orgânicos, além do mais, os valores de acidez podem variar de acordo com as condições climáticas durante a colheita, o tipo de processamento e os estádios de maturação dos frutos.

Os valores de pH muito ácido combinados com altos teores de açúcares formam frutos sem gosto, porém se combinados com pH ácidos e baixos teores de açúcares, formam-se frutos mais azedo. Contudo, esses valores de pH alcançados (Tabela 6) são primordiais para inibir a deterioração de enzimas, impedir a proliferação de bactérias e fungos, e aumentar a conservação dos frutos até o processamento (TERRA, 2019, MIYAZAWA *et al.*, 2022).

Os valores de firmeza da polpa não variaram em relação as formulações de adubação utilizadas, quando ocorreu a adição de ácido orgânico (Tabela 6). Entretanto, na ausência de ácido orgânico, a firmeza da polpa dos frutos apresentou maior valor (2,8 N), quando a adubação foi realizada com a formulação Organomineral + K₂SO₄, em comparação às formulações de MAP e KCL. Comparando as formulações de adubação individualmente, não houve diferenças significativas para firmeza da polpa em nenhuma das formulações, exceto na formulação KCl que, sem adição de ácidos orgânicos, resultou em polpa de fruta de menor firmeza (Tabela 6).

Os valores de firmeza dos frutos são divergentes dos encontrados por Benetti *et al.* (2018), quando combinaram cinco doses de ácidos húmicos e fúlvicos e duas densidades de plantio, e encontraram valores para a firmeza próximos a 53 N por área do fruto, na dose de 80 L ha⁻¹. Na presença de ácidos húmicos e fúlvicos, a liberação de elementos nutricionais pela formulação com mineral KCl é mais eficiente quando comparado ao organomineral + K₂SO₄, contribuindo para a produção de frutos mais firmes (TERRA, 2019), como observado na presente pesquisa.

A densidade da polpa não apresentou diferenças mínimas significativas entre os tratamentos quando analisadas as combinações de formulados e adição de ácidos orgânicos. Entretanto, quando se analisa cada formulação individualmente, em relação a adição de ácidos orgânicos, observa-se que a densidade dos frutos é reduzida quando se utiliza a formulação KCL, sem ácidos orgânicos. As demais formulações não variaram a densidade dos frutos independentemente da adição ou não dos ácidos orgânicos (Tabela 6).

Para as variáveis agronômicas, as formulações de adubação apresentaram efeito significativo ($p > 0,1$) para MFV, MFC, %PT, %FC e %FV (Tabela 7). Os tratamentos com adição ácido húmico e fúlvico, influenciaram significativamente ($p > 0,1$) a %FC. Enquanto a interação formulações x ácidos orgânicos apresentaram efeito significativo sobre %FC e %FV.

Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) das variáveis agrônômicas para massa de frutos verdes (MFV, t ha⁻¹), massa de frutos não comercializáveis (MFNC, t ha⁻¹), massa de frutos comercializáveis (MFC, t ha⁻¹), produtividade total (t ha⁻¹), porcentagem de frutos comercializáveis (%FC), porcentagem de frutos não comercializáveis (%FNC), porcentagem de frutos verde (%FV) do tomateiro industrial, sob diferentes manejos de adubação e ácidos orgânicos (fúlvicos e húmicos).

FV	GL	Valores de F calculado (FC)						
		MFV	MFNC	MFC	%PT	%FC	%FNC	%FV
Formulação (For)	2	5.37 **	1.51 ^{ns}	7,66 *	10.10 *	5.80 **	1.31 ^{ns}	4.73 **
Ácidos H+F (Ac)	1	3.64 ^{ns}	3.12 ^{ns}	0,62 ^{ns}	2.03 ^{ns}	8.16 *	1.64 ^{ns}	3.92 ^{ns}
For x Ac	2	3.43 ^{ns}	0.61	0,36 ^{ns}	0.56 ^{ns}	5.11 **	0.68 ^{ns}	4.01 **
Bloco	4	0.44	2.11	2,04	1.65	1.22	2.84	0.42
CV (%)		56.79	46.72	9,28	9.61	2.26	44.17	53.55

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; H: húmicos; F: fúlvicos; ^{ns} Não significativo. * significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (p≤0,01); ** significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (p≤0,05); CV – Coeficiente de variação. Fonte: Próprios autores.

Os valores de MFC e %PT variaram com uso da adubação com o mineral MAP (Tabela 8), tendo-se menores valores de MFC (2,16 t ha⁻¹) e de produtividade (79,13 t ha⁻¹). A MFNC (2,20 t ha⁻¹) e MFC (4,97 t ha⁻¹), individualmente, apresentou diferenças significativas na presença dos ácidos orgânicos (Tabela 8).

Tabela 8. Médias de massa de frutos verdes (MFV), produtividade de frutos comercializáveis (PFC), produtividade total (PT), porcentagem de frutos não comercializáveis (%FNC) do tomateiro industrial sob diferentes manejos de adubação e ácidos orgânicos (fúlvicos e húmicos).

Fertilizantes	MFV (t ha ⁻¹)	PFC (t ha ⁻¹)	PT (t ha ⁻¹)
Mineral KCl	5,48 a	88,33 a	89,94 a
Mineral MAP	2,58 b	77,30 b	79,13 b
Organomineral K ₂ SO ₄	5,42 a	93,67 a	95,97 a
Média Geral	4.49	84,43	88,35
Ácidos orgânicos			
Sem	3,62 a	84,51 b	86,13 a
Com	5,36 a	88,35 a	90,55 a
Média Geral	4.49	86,43	88,34

Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Próprios autores.

A formulação com o mineral MAP apresentou menores valores de %PT (79,13 t ha⁻¹) e massa de frutos comercializáveis (77,30 t ha⁻¹), em relação ao mineral KCl e ao Organomineral+K₂SO₄. O mineral MAP possui carga positiva e pode implicar em algumas consequências sobre a dinâmica de assimilação de nutrientes pelas raízes, onde temos o estabelecimento de uma interação de antagonismo indesejado com os íons de carga positiva, como o Potássio (K⁺). Essa relação pode ter favorecido a baixa produção de massa do tomateiro industrial, o que consequentemente afeta a produtividade dessas plantas (LIANG *et al.*, 2015; PRADO, 2020).

A porcentagem de frutos verdes (%FV), teve uma redução, para o uso da formulação organomineral+K₂SO₄, sem adição de ácidos húmicos e fúlvicos por meio

da eficiência de liberação e absorção de P por essa formulação, favorecendo a maturação dos frutos através da produção de etileno, pois a porcentagem de frutos comercializáveis pelo organomineral foi semelhante para os minerais KCl (92,08%) e MAP (97,28%), sem adição de ácidos orgânicos (Tabela 9).

A maior %PT, na formulação organomineral+K₂SO₄, sem adição de ácidos orgânicos (Tabela 8), promoveu menor %FV (Tabela 9). Dependendo do estado de maturação desses frutos verdes, o tomate, por ser um fruto climatérico, pode sinalizar receptores de etileno, que ativam uma série de enzimas que desempenham papel primordial na maturação dos frutos pós-colheita. Existem receptores de etileno que depende da fosforila, que é produto direto do fósforo (P) (JU e CHANG, 2012).

Tabela 19. Médias de porcentagem de frutos comercializáveis (%FC) e porcentagem de frutos verde (%FV) de frutos de tomateiro industrial sob diferentes manejos de adubação e ácidos orgânicos (fúlvicos e húmicos).

Características avaliadas	Ácido Orgânicos	Adubação			Média
		KCL	MAP	Organomineral K ₂ SO ₄	
%FC	Com	93,34 Aa	92,98 Ba	90,32 Ba	92,21
	Sem	92,08 Ab	97,28 Aa	93,86 Ab	93,74
	Média	92,71	95,13	184,18	
%FV	Com	4,59 Aa	4,27Aa	7,22 Aa	5,36
	Sem	3,61 Aa	0,89 Bb	6,36 Bab	3,62
	Média	4,10	2,58	6,79	

Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Próprios autores.

Os tratamentos com formulação de adubação mineral, influenciaram significativamente os níveis de Cu das folhas do tomateiro (Tabela 10). A utilização de ácidos orgânicos elevou apenas os níveis de Mg. A interação dos tratamentos de formulação mineral x ácidos orgânicos diferiram estatisticamente somente para os níveis de Mg e Zn das folhas do tomateiro industrial.

Tabela 10. ANOVA das variáveis de teor nutricional das folhas para potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), Ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) do tomateiro industrial, cultivado sob diferentes manejos de adubação mineral e organomineral, e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos).

FV	GL	Valores de F calculado (FC)							
		K	P	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
Formulação (For)	2	2,32 ^{ns}	2,27 ^{ns}	1,78 ^{ns}	2,78 ^{ns}	6,68 *	1,35 ^{ns}	3,28 ^{ns}	1,10 ^{ns}
Ácidos H+F (Ac)	1	0,86 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,91 ^{ns}	7,99 **	0,01 ^{ns}	0,43 ^{ns}	2,40 ^{ns}	3,81 ^{ns}
For x Ac	2	0,32 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,77 ^{ns}	4,64 **	1,20 ^{ns}	2,41 ^{ns}	3,98 **	0,07 ^{ns}
Bloco	4	4,31	0,71	0,32	1,12	4,57	0,86	0,85	0,02
CV (%)		17,88	10,04	3,33	16,13	29,55	18,19	7,57	36,81

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; H: húmicos; F: fúlvicos; ^{ns} Não significativo. * significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (p≤0,01); ** significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (p≤0,05); CV – Coeficiente de variação. Fonte: Próprios autores.

Para o nutriente Cu, comparando formulações de adubação, individualmente, o mineral MAP apresentou a menor média, com redução de 39% e 31% em relação ao mineral KCl e o organomineral + K₂SO₄, respectivamente (Tabela 11).

Tabela 11. Médias para teor foliar de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) do tomateiro industrial, cultivado com diferentes manejos de adubação mineral e organomineral e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos).

Fertilizantes	Cu (mg kg ⁻¹)	Ácidos orgânicos	Cu (mg kg ⁻¹)
Mineral KCL	15,06 a	Sem	12,58 a
Mineral MAP	9,17 b	Com	12,41 a
Organomineral K ₂ SO ₄	13,27 ab		
Média Geral	12,5	Média Geral	12,5

Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Próprios autores.

A quantidade exportada dos nutrientes para as folhas entre as formulações com mineral KCl; MAP e com organomineral pode estar relacionada a parte da planta amostrada, que neste caso são as folhas de produção do segundo ou terceiro cacho. Isto interfere na amostragem, pois a planta está voltando seus nutrientes aos frutos, além disso, depende também da idade da planta, cultivar, da interação dos ácidos orgânicos no solo (LIMA et al., 2011).

A não interação entre os fertilizantes com os ácidos húmicos e fúlvicos não incrementou o real efeito desses ácidos no solo, que por meio da complexação de Fe⁺² e do A⁺³, aumentam a disponibilidade de P solúvel (CARON et al., 2015).

Os teores dos macronutrientes, K ($\bar{y}$ = 21) e Ca ($\bar{y}$ = 10,34), nas formulações, estavam abaixo dos níveis considerados ideais para a cultura do tomateiro, o que pode estar relacionada ao fator de desenvolvimento dos frutos, no qual a parte da planta amostrada, que neste caso são as folhas de produção do segundo ou terceiro cacho, demonstram que a planta está exportando os seus nutrientes da folha e voltando-os para os frutos (configuração de fonte e dreno). Além disso, a amostragem do teor crítico foliar em relação aos nutrientes depende também da idade da planta, cultivar, da interação dos ácidos orgânicos no solo (LIMA et al., 2011).

Os níveis ideais de K e Ca são, respectivamente, próximos de 30 a 50 g kg⁻¹ e de 13 a 38 g kg⁻¹ (SILVA et al., 2001; FONTES et al., 2004). O P ($\bar{y}$ = 3,7), o Cu ($\bar{y}$ = 12,5), o Fe ($\bar{y}$ = 293,0) e o Mn ($\bar{y}$ = 54,2) permaneceram dentro dos níveis considerados ideais, sendo P em torno de 2,5 a 8 g kg⁻¹, Cu em média de 5 a 15 mg

kg⁻¹, Fe por volta de 100 a 300 mg kg⁻¹ e Mn perto de 50 a 250 mg kg⁻¹ (MALAVOLTA et al. 1997; SILVA e GIORDANO, 2000).

Em relação as formulações utilizadas individualmente, com e sem adição de ácidos orgânicos, o teor de Mg na folha (5,6 g kg⁻¹) na formulação organomineral + K₂SO₄ foi mais responsiva na ausência de ácidos orgânicos (Tabela 12). Entre as formulações, houve diferenças mínimas para a formulação organomineral + K₂SO₄, com a adição de ácidos húmicos e fúlvicos, em comparação as demais formulações de adubação. Quando não foram adicionados os ácidos orgânicos, a formulação organomineral, promoveu aumento de 26% para Mg, em relação às demais.

Tabela 12. Médias para teor foliar de magnésio (Mg) e zinco (Zn) do tomateiro industrial cultivadas sob diferentes manejos de adubação mineral e organomineral, e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos).

Características avaliadas	Ácido Orgânicos	Adubação			Média
		KCL	MAP	Organomineral K ₂ SO ₄	
Mg (mg kg ⁻¹)	Com	3,93 Aa	4,07 Aa	3,81 Ba	3,94
	Sem	4,18 Ab	4,17 Ab	5,62 Aa	4,65
	Média	4,00	4,12	4,72	
Zn (mg kg ⁻¹)	Com	56,92 Aa	63,42 Aa	57,58 Ba	59,3
	Sem	60,98 Aab	58,22 Ab	66,50 Aa	61,9
	Média	58,95	60,82	62,04	

Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Próprios autores.

Os valores de zinco (Zn) na folha não apresentaram diferença entre as formulações de adubação utilizadas, com ácido orgânico. Contudo, sem a adição das substâncias húmicas, o teor de Zn apresentou maior valor (66,5 mg kg⁻¹) quando a adubação foi realizada com a formulação organomineral + K₂SO₄. Comparando as formulações individualmente, em relação a adição ou não de ácidos orgânicos, observou-se diferenças significativas entre os tratamentos, resultando em 13,4% de aumento no teor de Zn na folha quando as plantas são manejadas com o organomineral + K₂SO₄ na ausência de ácidos orgânicos (Tabela 12).

O aumento do teor foliar de Mg e Zn na formulação com mineral MAP, na presença de ácido húmicos e fúlvicos (Tabela 12), mostram a melhoria que substâncias húmicas e fúlvicas promovem na agregação do solo quando há a interação dessas com mineral de alta solubilidade, tornando a disponibilização de nutrientes mais eficiente, pela maior capacidade de retenção desses elementos pela formação de cargas negativas nos complexos das argilas e aumento da CTC (GONZÁLEZ et al., 2010). Contudo, na ausência desses ácidos orgânicos, a

formulação com organomineral + K_2SO_4 aumentou a disponibilidade de Mg e Zn, enfatizando que a adição de ácidos húmicos e fúlvicos pode interferir no complexo de liberação e absorção de nutrientes neste fertilizante, assim, a presença de matéria orgânica nesses fertilizantes tem função primordial das substâncias húmicas, presentes na composição dos organominerais (CHÁVEZ, 2019).

A maior disponibilidade de Mg e Zn pela formulação com organomineral+ K_2SO_4 na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos (Tabela 12), comprova a alta eficiência desses fertilizantes no incremento da matéria orgânica ao solo, no aumento da disponibilidade de fósforo ou equivalência aos minerais que estão disponíveis no mercado com os testados no estudo, KCl e MAP (Tabela 13), e por mais que não foi analisado neste estudo, o nitrogênio disponível é afetado positivamente pela fertilização com organomineral de forma geral, pois a matéria orgânica presente no material, promove redução da atividade de enzimas no solo e reduz a perda de nitrogênio pela dinâmica de comportamento do NH_4^+ (ALMEIDA *et al.*, 2019).

Salienta-se que na presença de ácidos húmicos e fúlvicos, a matéria orgânica presente no organomineral, somando-se as substâncias orgânicas, constituem alto teor de matéria orgânica no solo, assim, podem fixar o Mg, no entanto, fixam principalmente o Zn, ou a microbiota pode imobilizá-lo temporariamente, provocando reduções ou até deficiência desse elemento no solo (PRADO, 2020). Enfatiza-se que a formulação com organomineral+ K_2SO_4 é mais eficaz na ausência de ácidos orgânicos no solo, proporcionando quantidade elevadas de macronutriente, como o K, Ca e Mg por exemplo (Tabela 12). E, em menor quantidade a de micronutrientes, contudo, em níveis suficientes que não afetem o crescimento das plantas (Tabela 12).

4. CONCLUSÕES

A adubação mineral e organomineral, associada à aplicação de ácidos húmico e fúlvico, é eficiente para o cultivo do tomateiro industrial. O uso de KCl e MAP, com ácidos húmicos e fúlvicos, melhora a eficiência da absorção de nutrientes pelas plantas. Na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, a formulação com organomineral+ K_2SO_4 é eficiente e se caracteriza como a melhor alternativa de manejo para a produção do tomateiro industrial, em relação as formulações minerais KCl e MAP. O presente estudo apresenta, para a literatura, uma metodologia alternativa sustentável e eficiente de adubação do solo para cultivo do tomateiro. Essa

metodologia possibilita a redução da utilização dos insumos químicos e aumento da matéria orgânica, melhorando a qualidade física, química e biológica do solo. Para futuras pesquisas, os presentes autores sugerem estudos dos efeitos de adubação potássica, com ausência ou baixa concentração do elemento cloro, bem como estudos mais aprofundados sobre efeitos da associação do potássio e enxofre com compostos orgânicos estabilizados no cultivo do tomateiro e outras culturas.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, pelo apoio técnico, científico e financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. J. de *et al.* Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial. **Irriga**, v. 24, n. 1, 2019.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: edited Ig W. Horwitz 16^a ed. Washington, v.2, 1997. 850 p.
- BENETTI, R. *et al.* Densidade de plantio e substâncias húmicas no cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.). **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, 2018.
- CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n.1, p. 14-18, 1995.
- CALVO, P. *et al.* Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant Soil**, v.383, p.3–41, 2014.
- CANELLAS, L. P. *et al.* Humic acids increase the maize seedlings exudation yield. **Chem. Biol. Technol. Agric.** V.6, n.3, p.1–14, 2019.
- CANELLAS, L. P. *et al.* Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, 2015.
- CARON, V. C. *et al.* **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ – Divisão de Biblioteca, 2015 (Série Produtor Rural, nº 58), 46 p.
- CHÁVEZ, P. C. *et al.* Fertilización organomineral en el manejo sostenible de tierras cultivadas con maíz (*Zea mays* L.). **Revista Científica Agroecosistemas**, v.7, n.3, p.116-122, 2019.
- EMBRAPA. **Cultivo de Tomate para industrialização**. Embrapa hortaliças. Sistemas de Produção. 2^a Edição. 2006. Disponível em:<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/autores.htm>. Acessado em outubro de 2023.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FONTES, P. C. R. *et al.* Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** v.22, p.614-619, 2004.
- GONZÁLEZ, M. *et al.* Influence of organic amendments on soil quality potential indicators in an urban horticultural system. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 8897-8901, 2010.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4.ed. 1. ed. Digital: São Paulo, 2008. 1020 p.
- JU, C., CHANG, C. Advances in ethylene signalling: Protein complexes at the endoplasmic reticulum membrane. **AoB Plants**, p. 1-12, 2012.
- LAPUERTA, J. C. Anatomia y fisiología de la planta. In: NUEZ, F. **El cultivo do tomate**. Barcelona. Mundi-Prensa, p.43-91, 1995.
- LIANG, Y. *et al.* **Silicon in agriculture: From Theory to Practice**. Dordrecht: Springer, v.10, 250p., 2015.

LIMA, A. A.; et al. Concentração foliar de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. **Horticultura Brasileira** v. 29, n. 1, p. 63-69, 2011.

MALAVOLTA E.; VITTI C. G.; OLIVEIRA S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fósforo. 319p, 1997.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. Ed. Brasília, DF: Embrapa-SP. 1996. 72. p.

MIYAZAWA, M.; et al. Análise química de tecido vegetal. In SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed., 2009. 634 p.

MORETTI, C. L. *et al.* Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 656-660, 1998.

MOTA, R. P. da *et al.* Biosolid and sugarcane filter cake in the composition of organomineral fertilizer on soybean responses. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v.8, n.2, p.131–137, 2019.

PRADO, R. de M. Nutrição de plantas. 2ªed. São Paulo: Editora Unesp, 407p. 2020.

PYLAK, M. *et al.* Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v.18, n.3, p.597-616, 2019.

SANTOS, H. G. dos, *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SENTELHAS, P. C.; FOLEGATTI, M. V. Class-A pan coefficients (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ET_o). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.111-115, 2003.

SILVA, E. C. *et al.* Concentração de nutrientes e produção do tomateiro podado e adensado em função do uso de fósforo, de gesso e de fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.64-69, 2001.

SILVA, J. B. C, GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia - Embrapa Hortaliças. 168 p. 2000.

SPIAZZI, J. **Co-inoculação e condicionador de solo sobre a produtividade da cultura da soja**. 25p. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR, 2021.

TERRA, N. F. **Avaliação da qualidade de frutos rasteiro com aplicação de aminoácidos e polissacarídeos**. 24p. Curso de Agronomia [Trabalho de conclusão de Curso], Anápolis - Centro Universitário de Anápolis, UniEvangélica, 2019.

ZONTA, E. *et al.* Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília: Embrapa, p. 263-303, 2021.

SOBRE O ORGANIZADOR

Nayara Guetten Ribaski - Formada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) com graduação sanduíche na Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, na Alemanha. Tecnóloga em Gestão de Pessoas pela Universidade Estácio de Sá. Possui MBA em Negócios Internacionais pela União Educacional do Norte Faculdade Barão do Rio Branco (UNINORTE), especialização em Economia e Política Florestal na UFPR, Mestrado em Engenharia Florestal pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Doutora em Sustentabilidade Ambiental e Urbana pela Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR). Foi docente, coordenadora do centro de empreendedorismo, coordenadora adjunta dos cursos de tecnologia em Gestão de Recursos Humanos, Processos Gerenciais e Logística, coordenadora dos cursos de tecnologia Gestão de Recursos Humanos e Processos Gerenciais da Faculdade da Indústria (Instituto Euvaldo Lodi – PR/FIEP-PR). Atuou como docente da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), coordenadora dos cursos de especialização em RPAs (Drones) e Vants em Aplicações Cíveis e Comerciais e MBA em Gestão do Agronegócio. (PUCPR). É docente da Universidade Federal do Paraná e coordenadora do programa Startup Garage UFPR.

