

O FUTURO DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INOVAÇÕES E
DESAFIOS 5



**Jessica Mansur Siqueira Crusoé
Leonardo França da Silva
Josiane Rosa Silva de Oliveira
(Organizadores)**

O FUTURO DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INOVAÇÕES E
DESAFIOS 5



Jessica Mansur Siqueira Crusoé
Leonardo França da Silva
Josiane Rosa Silva de Oliveira
(Organizadores)

Editora chefe	
Prof ^a Dr ^a Antonella Carvalho de Oliveira	
Editora executiva	
Natalia Oliveira	
Assistente editorial	
Flávia Barão	
Bibliotecária	
Janaina Ramos	
Projeto gráfico	2024 by Atena Editora
Ellen Andressa Kubisty	Copyright © Atena Editora
Luiza Alves Batista	Copyright do texto © 2024 O autor
Nataly Evilin Gayde	Copyright da edição © 2024 Atena
Thamires Camili Gayde	Editora
Imagens da capa	Direitos para esta edição cedidos à
iStock	Atena Editora pelo autor.
Edição de arte	Open access publication by Atena
Luiza Alves Batista	Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao autor, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Agrárias

- Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
- Prof^a Dr^a Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
- Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
- Prof^a Dr^a Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí
- Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
- Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
- Prof. Dr. Clebertron Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
- Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
- Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
- Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
- Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
- Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
- Prof^a Dr^a Gílrene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
- Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
- Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
- Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
- Prof^a Dr^a Jessica Mansur Siqueira Crusoé – Universidade Federal de Viçosa
- Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
- Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
- Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
- Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
- Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
- Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
- Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
- Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
- Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Jessica Mansur Siqueira Crusoé
Leonardo França da Silva
Josiane Rosa Silva de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
F996	O futuro das ciências agrárias: inovações e desafios 5 / Organizadores Jessica Mansur Siqueira Crusoé, Leonardo França da Silva, Josiane Rosa Silva de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-2999-9 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.999242712 1. Ciências agrárias. I. Crusoé, Jessica Mansur Siqueira (Organizadora). II. Silva, Leonardo França da (Organizador). III. Oliveira, Josiane Rosa Silva de (Organizadora). IV. Título. CDD 630
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Para fins desta declaração, o termo 'autor' será utilizado de forma neutra, sem distinção de gênero ou número, salvo indicação em contrário. Da mesma forma, o termo 'obra' refere-se a qualquer versão ou formato da criação literária, incluindo, mas não se limitando a artigos, e-books, conteúdos on-line, acesso aberto, impressos e/ou comercializados, independentemente do número de títulos ou volumes. O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação à obra publicada; 2. Declara que participou ativamente da elaboração da obra, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final da obra para submissão; 3. Certifica que a obra publicada está completamente isenta de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação da obra publicada, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. A editora pode disponibilizar a obra em seu site ou aplicativo, e o autor também pode fazê-lo por seus próprios meios. Este direito se aplica apenas nos casos em que a obra não estiver sendo comercializada por meio de livrarias, distribuidores ou plataformas parceiras. Quando a obra for comercializada, o repasse dos direitos autorais ao autor será de 30% do valor da capa de cada exemplar vendido; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a editora não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como quaisquer outros dados dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A agronomia, como uma área da ciência voltada para a agricultura, desempenha um papel crucial na garantia da segurança alimentar global e no incentivo ao desenvolvimento sustentável. O livro digital “O Futuro das Ciências Agrárias: Inovações e Desafios 5” convida os leitores a explorar a agricultura contemporânea, abordando os princípios e técnicas que sustentam a produção de alimentos e a preservação dos recursos naturais. Este trabalho oferece uma visão abrangente sobre a evolução da agronomia e das tecnologias emergentes, destacando a capacidade do setor de se adaptar às mudanças rápidas.

O conteúdo abrange temas recentes que combinam práticas de produção sustentável com a preservação ambiental. Cada capítulo proporciona ao leitor uma compreensão detalhada dos métodos, teorias e desafios que envolvem o campo agrícola, ressaltando as necessidades e inovações que moldam o futuro da agricultura. A prática atual exige conhecimentos interdisciplinares, incluindo zootecnia, biologia, engenharia, entre outras áreas. Esse setor, em constante transformação, adota inovações que não apenas aumentam a eficiência, mas também promovem métodos mais ecológicos, reduzindo o uso de recursos naturais e preservando a qualidade do solo e da água.

Os profissionais das Ciências Agrárias desempenham um papel essencial na implementação de práticas que garantem a produção em larga escala e a proteção do meio ambiente. Ao longo desta leitura, os leitores poderão entender melhor como essas tecnologias impactam a segurança alimentar e a sustentabilidade global.

Este livro homenageia os esforços daqueles que se dedicam ao avanço da agronomia, promovendo uma alimentação responsável e sustentável. Prepare-se para descobrir novas áreas das ciências agrícolas e para refletir sobre as estratégias essenciais para garantir a sustentabilidade da agricultura, tanto no presente quanto no futuro. Desejamos uma excelente leitura a todos!

Jessica Mansur Siqueira Crusoé

Leonardo França da Silva

Josiane Rosa Silva de Oliveira

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA POR AUTOPROPULIDO NA CULTURA DO MILHO, UTILIZANDO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)	
Maria Clara Miranda de Souza	
Jessica Mansur Siqueira Crusoé	
Leonardo França da Silva	
Fernanda Lamede Ferreira de Jesus	
Cristiano Márcio Alves de Souza	
Donizete dos Reis Pereira	
Denis Medina Guedes	
Josiane Rosa Silva de Oliveira	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.9992427121	
CAPÍTULO 2	16
AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM SOLO ARGILOSO	
Renato Frederico dos Santos	
Hugo Zeni Neto	
Lia Mara Moterle	
Luiz Borsuk	
Joseli Cristina da Silva	
Viviane Fátima de Oliveira	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.9992427122	
CAPÍTULO 3	21
IMPROVING THE PALATABILITY OF A <i>bacillus thuringiensis</i> -BASED INSECTICIDE TO INCREASE TOXIC ACTIVITY IN <i>spodoptera frugiperda</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) LARVAE	
Ninfa M. Rosas-García	
Jorge A. Torres-Ortega	
Jesús M. Villegas-Mendoza	
doi https://doi.org/10.22533/at.ed.9992427123	
CAPÍTULO 4	30
POTENCIAL BIOATIVO DO COMPOSTO FENÓLICOS EM <i>Pereskia aculeata</i> <i>Miller</i>	
Eliena da Silva Gomes	
Ana Caroline Raimundini Aranha	
Deise Molinari	
Carmen Torres Guedes	
Emerson Barrios Mogollon	
Francielle Friedrichsen Sgorlon Modesto	
Julie Suzan da Silva	
Lainy Waleska de Brito Sodré	
Luana Morais Antonini	
Lucas Soares da Silva	
Pither Jhoel Javier Sucari	

Vinícius dos Santos Cardoso
Yesenia Milagros Turpo Mamani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9992427124>

CAPÍTULO 5**37**

PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSAMENTO DE
PRODUTOS PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Luiz Henrique de Souza
Victor Lucas Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9992427125>

SOBRE OS ORGANIZADORES**46**

ÍNDICE REMISSIVO**47**

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA POR AUTOPELIDO NA CULTURA DO MILHO, UTILIZANDO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)

Data de submissão: 05/11/2024

Data de aceite: 02/12/2024

Maria Clara Miranda de Souza

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Jessica Mansur Siqueira Crusoé

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Leonardo França da Silva

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Cristiano Márcio Alves de Souza

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Donizete dos Reis Pereira

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Denis Medina Guedes

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Josiane Rosa Silva de Oliveira

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

RESUMO: A uniformidade de distribuição de água é um dos principais parâmetros para o diagnóstico da situação de funcionamento de um sistema de irrigação por aspersão convencional, possibilitando a medição da variabilidade de água aplicada pelo sistema. Por outro lado, a desuniformidade de distribuição de água afeta o rendimento das culturas, podendo ter áreas com déficit ou excesso de umidade. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi unir as informações da avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema por autopropelido com o índice de vegetação (NDVI) e analisar a correlação entre eles. A avaliação da distribuição de água foi realizada por meio do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), dividindo a área em três parcelas, de acordo com a topografia do terreno. As imagens utilizadas para a determinação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foram obtidas do satélite Dove, na plataforma PlanetScope. A partir do tratamento das imagens no software QGIS, foi possível identificar a relação entre o CUC e o NDVI obtidos. Porém, com a execução da análise de correlação dos dados interpolados e do NDVI por meio do algoritmo r.covar e metodologia do

Coeficiente de Pearson (r), obteve-se correlação desprezível entre as variáveis. Portanto, o uso da metodologia não foi eficaz para indicar a relação da uniformidade de distribuição de água com o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, NDVI, distribuição de água, interpolação.

ABSTRACT: Water distribution uniformity is one of the main parameters for diagnosing the operating situation of a conventional sprinkler system, enabling the measurement of the variability of water applied by the system. On the other hand, non-uniformity of water distribution affects crop yield, and may result in areas with deficit or excess moisture. In this context, the objective of this study was to combine information from the evaluation of the distribution uniformity of a self-propelled system with the vegetation index (NDVI) and analyze the correlation between them. The evaluation of water distribution was performed using the Christiansen Uniformity Coefficient (CUC), dividing the area into three plots, according to the topography of the terrain. The images used to determine the normalized difference vegetation index (NDVI) were obtained from the Dove satellite, on the PlanetScope platform. From the processing of the images in the QGIS software, it was possible to identify the relationship between the CUC and the NDVI obtained. However, when performing the correlation analysis of the interpolated data and NDVI using the *r.covar* algorithm and the Pearson Coefficient (r) methodology, a negligible correlation was obtained between the variables. Therefore, the use of the methodology was not effective in indicating the relationship between water distribution uniformity and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

KEYWORDS: Irrigation, NDVI, water distribution, interpolation.

INTRODUÇÃO

No manejo da agricultura irrigada, o foco está em maximizar a eficiência no uso da água e nutrientes, garantindo que o teor de água do solo seja mantido em níveis ideais para o bom desenvolvimento das culturas. Com isso, o aprimoramento das técnicas de manejo visa reduzir o consumo de água na irrigação, contribuindo para minimizar os impactos ambientais e os custos de produção, resultando em maior rentabilidade para os agricultores (Carvalho e Oliveira, 2022).

Em geral, os dois maiores pré-requisitos técnicos para uma boa irrigação são a uniformidade de distribuição e o controle da aplicação da água (Mantovani et al., 2009). Para tanto, a avaliação da irrigação é parte fundamental no manejo, e cada tipo de equipamento requer planejamento adequado, conhecimento do funcionamento e das características do sistema.

Segundo os mesmos autores, a uniformidade de distribuição de água consiste num dos principais parâmetros para o diagnóstico da situação de funcionamento de um sistema por aspersão convencional, usada para medir a variabilidade de água aplicada pelo sistema.

Na irrigação por aspersão existem vários coeficientes para expressar a variabilidade espacial da lâmina de água aplicada pelo sistema, sendo os mais utilizados o de Christiansen (CUC), de distribuição (CUD), estatístico (CUE) e de Hart (CUH). De acordo com Bernardo

et al. (2006), a uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação é considerada excelente quando o CUC se apresenta acima de 90%, bom de 80 a 90%, regular de 70 a 80%, ruim de 70 a 60% e inaceitável quando abaixo de 60%.

Embora a utilização tradicional dos coeficientes supracitados tenha sido essencial para avaliar a uniformidade dos sistemas de irrigação durante vários anos, foi possível reconhecer também as suas limitações e potenciais fontes de erro. Limitações como a metodologia de amostragem, deriva do vento e perdas por evaporação, aliadas ao fornecimento de dados pouco representativos das variações temporais e tendências a longo prazo na distribuição de água, podem trazer incertezas e imprecisões nos resultados (Boninsenha, et al., 2024).

Devido a esses fatores, o sensoriamento remoto surgiu como uma ferramenta promissora para monitorar e gerir os sistemas agrícolas. O sensoriamento remoto é, de forma simplificada, a aquisição de dados sobre um objeto terrestre, sem haver o contato direto com o mesmo (Jensen, 2007). Além disso, pode fornecer informações não destrutivas, automáticas e periódicas, indicando, por exemplo, grande potencial para monitorar estresses hídricos, programar a irrigação e avaliar o desenvolvimento fenológico das culturas irrigadas (Silva et al., 2019).

As interações da luz refletida por objetos na superfície, capturadas em diferentes faixas de comprimento de onda, especialmente na região do visível e infravermelho, resultam em métricas radiométricas adimensionais conhecidas como índices de vegetação (Jensen, 2000).

Existe uma diversidade enorme de índices que resultam da interação da radiação com a vegetação, sendo o índice de vegetação normalizada (NDVI), proposto por Rouse et al. (1974), o mais amplamente utilizado, o qual consiste numa razão tendo como variáveis as bandas do vermelho e do infravermelho próximo. Este índice, segundo Motta et al. 2003, relaciona-se diretamente com o vigor da vegetação, possibilitando o mapeamento de áreas com diferentes índices de cobertura vegetal e vigor de biomassa.

Alguns trabalhos exploram a aplicação do sensoriamento remoto na gestão dos sistemas de irrigação, por exemplo, Boninsenha, et al. (2024), avaliaram a uniformidade da irrigação em pivô central por meio do CUC e de imagens de diferentes combinações de satélites e índices de vegetação, tendo como conclusão que a equação desenvolvida (satellite-derived Christiansen Uniformity Coefficient - SDCUC) só é válida e útil para a calibração do sistema, se utilizada de forma conjunta com os dados de campo terrestre.

Já Venancio et al. (2019), tiveram o objetivo de verificar a variabilidade do manejo da irrigação e do desenvolvimento do café conilon em áreas irrigadas por microaspersão e aspersão na região norte do estado do Espírito Santo. Eles utilizaram os produtos de imagens de temperatura da superfície (LST), evapotranspiração do cafeiro (ETR) e NDVI, onde valores altos de LST podem indicar aplicações de lâmina deficitárias, enquanto grande variabilidade da ETR, pode predizer problemas de uniformidade de distribuição de água. E

o NDVI, pode relacionar áreas com baixos valores à plantas mal desenvolvidas em razão de um manejo equivocado da irrigação, indicando por exemplo, déficit hídrico.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi comparar a uniformidade de aplicação de água no cultivo do milho sob sistema de irrigação por aspersão do tipo autopropelido com a distribuição do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) mediante à resposta e desenvolvimento da cultura à irrigação, gerando informações para auxiliar o produtor na tomada de decisão.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da uniformidade de distribuição da água de irrigação foi conduzida em um dos talhões com a cultura do milho em uma propriedade localizada no município de Florestal – MG, na BR 262 km 388 ($19^{\circ}54'59"S$ e $44^{\circ}29'09"W$) (Figura 1). O clima predominante da região é do tipo AW - Tropical com estação seca de inverno, pela classificação de Köppen-Geiger (Brasil, 1992). Os dados secundários de clima foram obtidos pela estação meteorológica automática da região de Florestal – MG (código A535), reconhecida oficialmente pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. O gráfico do comportamento da temperatura e precipitação médias entre os anos de 2009 e 2024 está apresentado na Figura 2.

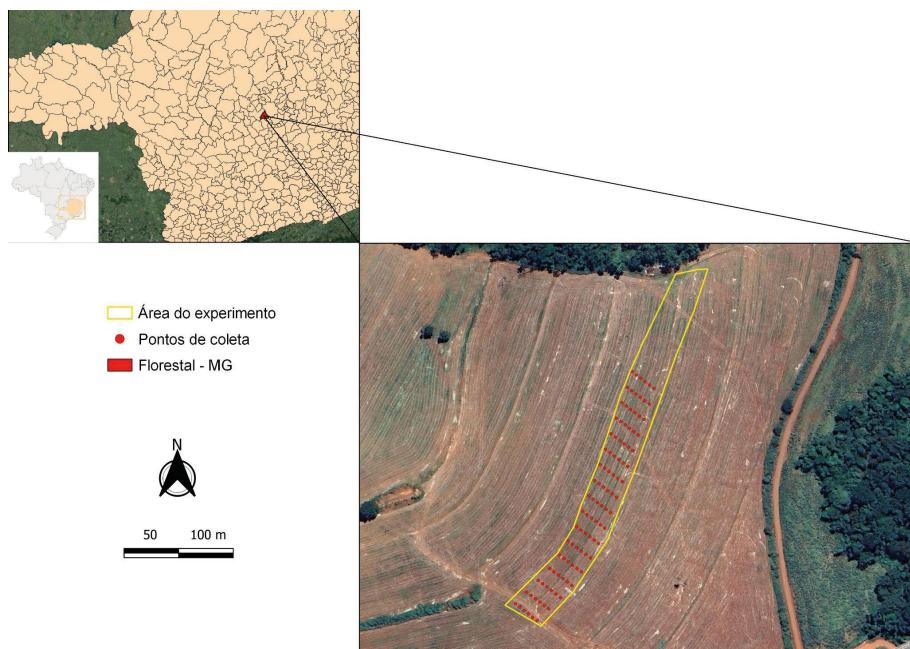


Figura 1 - Localização da área de avaliação da uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação por autopropelido. Fonte: O autor, 2024.

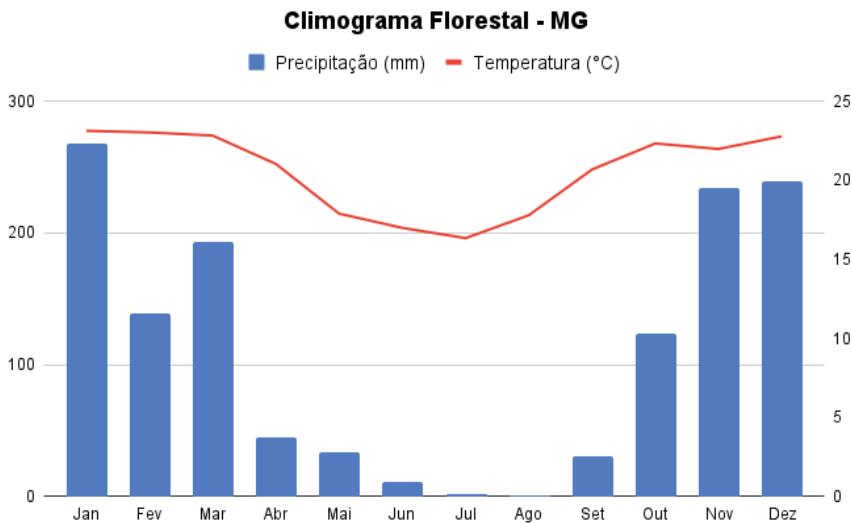


Figura 2: Comportamento mensal da temperatura e precipitação do município de Florestal - MG. Fonte: Estação Meteorológica A535, INMET, 31/01/2009 a 30/06/2024.

O comportamento mostrado no gráfico, indica que os meses de novembro, dezembro e janeiro são aqueles que concentram as maiores precipitações e na estação de inverno há uma redução da precipitação, sobretudo entre os meses de abril até setembro.

O método escolhido para avaliar a uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação por autopropelido foi o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC). Para a determinação do CUC foi utilizada a Equação 1, proposta por Christiansen, (1992):

$$CUC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, expresso em porcentagem;

n – número de coletores;

X_i - lâmina de água aplicada no i -ésimo ponto sobre a superfície do solo;

\bar{X} - lâmina média aplicada.

Para a coleta dos volumes de água aplicados, foram distribuídas 17 linhas de coletores de pluviosidade (modelo C1, produzido pela Fabrimar), perpendicularmente à direção de deslocamento do equipamento. O primeiro coletor foi instalado a 5 m do centro da mangueira, com espaçamento de 5 metros entre os coletores na linha e de 15 metros entre cada linha de coletores, totalizando 102 pontos. Os coletores foram instalados sobre hastes de alumínio a 0,50 m do solo. Em cada ponto, foram registradas as coordenadas correspondentes com o auxílio do GPS portátil Garmin Etrex 10.

Para a realização do cálculo do CUC, a área de coleta dos dados foi dividida de

acordo com a topografia do terreno, em três parcelas, já que a declividade é diferente ao longo de toda a área experimental, conforme mostrado na Figura 3. A interpretação dos valores de CUC foi baseada na classificação proposta por Mantovani (2001) (Tabela 1).

No dia da coleta dos dados de volume em campo, as plantas estavam no estádio fenológico V3, ainda com três folhas totalmente expandidas e altura de 20 cm, o que foi critério para a realização da avaliação da uniformidade de aplicação de água, uma vez que a altura das plantas não ultrapassasse a altura das hastes dos coletores de pluviosidade, interferindo, assim, na área de captação de água dos coletores.

Vale ressaltar que houve necessidade de adaptação da metodologia do CUC, sendo o espaçamento recomendado alterado, em vista do número de coletores disponíveis para esse experimento, 33 unidades. Isso porque, à medida que o equipamento se deslocava, a linha de coletores em que o aspersor não distribuía mais água, era também deslocada, a fim de cobrir toda a área de alcance do aspersor com os coletores.

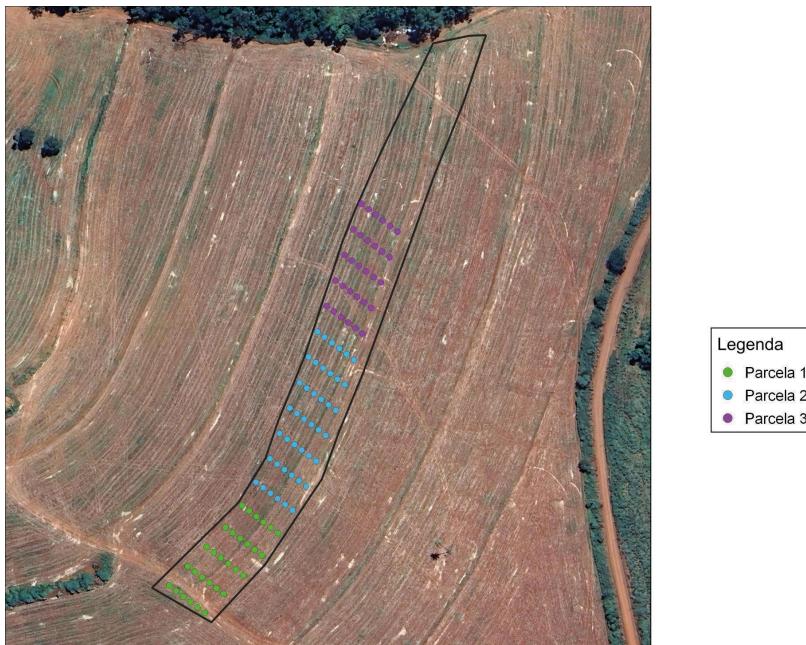


Figura 3: Divisão das parcelas da área de estudo conforme a topografia.

CLASSIFICAÇÃO	CUC (%)
<i>Excelente</i>	> 90
<i>Bom</i>	80 - 90
<i>Razoável</i>	70 - 80
<i>Ruim</i>	60 - 70
<i>Inaceitável</i>	< 60

Tabela 1. Interpretação dos valores de CUC, de acordo com a classificação proposta por Mantovani (2001).

Fonte: Mantovani (2001).

As imagens escolhidas para o estudo foram obtidas por meio do satélite Dove, sensor DOVE-R na plataforma PlanetScope, que possui resolução espacial de 3 metros, ortorretificadas e resolução temporal diária. Foram consideradas cenas com a menor porcentagem de nuvens e ruídos com as bandas espectrais de comprimentos de onda correspondentes ao vermelho infravermelho próximo.

Após download das imagens, foi realizada a importação para o software QGIS versão 3.24.3, onde, com o sistema de projeção correto, foram recortadas para a área de interesse e depois processadas para a obtenção do índice de vegetação NDVI. O cálculo do NDVI foi executado conforme Equação 2:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (2)$$

Em que:

NDVI: Índice de vegetação por diferença normalizada.

NIR: Valor da reflectância da banda no infravermelho próximo.

RED: Valor da reflectância da banda no vermelho.

Para a avaliação da relação entre o índice de vegetação com a uniformidade de distribuição de água, foi realizada, uma análise dos dados obtidos em campo, visando identificar e excluir valores extremos.

Após a verificação da existência de outliers nos dados coletados, foi executada a interpolação no QGIS pelo método de Krigagem Ordinária, utilizando o plugin Smart-Map (Pereira, et al., 2023). A interpolação utiliza pontos vetoriais com valores conhecidos para estimar valores locais desconhecidos cobrindo a superfície de toda uma área.

Para a interpolação por krigagem, foi utilizada para a camada de entrada os pontos de coleta e o atributo a ser interpolado, os volumes. Foi definido um grid de interpolação de 3 x 3 m. Para interpolar cada ponto do grid foram definidos o raio de busca igual a metade do alcance obtido pelo semivariograma teórico (exponencial).

Para a análise de correlação entre as imagens de NDVI e de krigagem geradas foi utilizado o algoritmo *r.covar* do complemento GRASS no QGIS. Este algoritmo gera uma matriz de correlação para as camadas raster de interesse. Ele estima a correlação entre duas matrizes de mesma resolução espacial por meio do Coeficiente de Correlação de Pearson (correlação linear pixel a pixel), comparando os valores de cada pixel entre os rasters e calculando a correlação entre cada par de rasters.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas de NDVI (Figura 4) apresentaram intervalos de 0,2 a 0,5 para o primeiro momento, onde as plantas de milho encontravam-se no estádio V3, 15 dias após a emergência, e de 0,6 a 0,9 no segundo momento, estádio V10, 47 dias após a emergência.

Nota-se que os menores valores se concentraram nas parcelas 1 e 3, no primeiro momento, sobretudo na parcela 1, onde a topografia da região é mais declivosa e tortuosa. Resultado este que pode ser relacionado com o do cálculo do CUC (%) (Tabela 2), em que na parcela 1, obteve-se o valor de 52,1%, enquanto nas parcelas 2 e 3 foi de 78,9% e 74,4%, respectivamente. Caracterizando, portanto, uma uniformidade de distribuição de água inaceitável para a parcela 1 e razoável para as parcelas 2 e 3, segundo a classificação proposta por Mantovani (2001). De maneira semelhante, percebe-se que os menores valores de NDVI concentraram-se também na parcela 1.

PARCELA	CUC (%)	CLASSIFICAÇÃO
1	52,1	Inaceitável
2	78,9	Razoável
3	74,4	Razoável

Tabela 2. Resultados de CUC (%) em cada parcela do estudo.

Fonte: O autor, 2024.

Avaliando-se os valores obtidos de CUC para cada parcela, destaca-se que as condições do clima durante a coleta dos volumes em campo, sobretudo a velocidade do vento e radiação solar, foram consideráveis, o que segundo alguns autores, pode distorcer o perfil de aplicação de água e reduzir a área coberta pelo aspersor, o que resulta na diminuição da uniformidade de distribuição de água (Martín-Benito et al., 1992; Alves e Castro, 1995; Azevedo et al., 2000), conforme observado principalmente para a parcela 1.

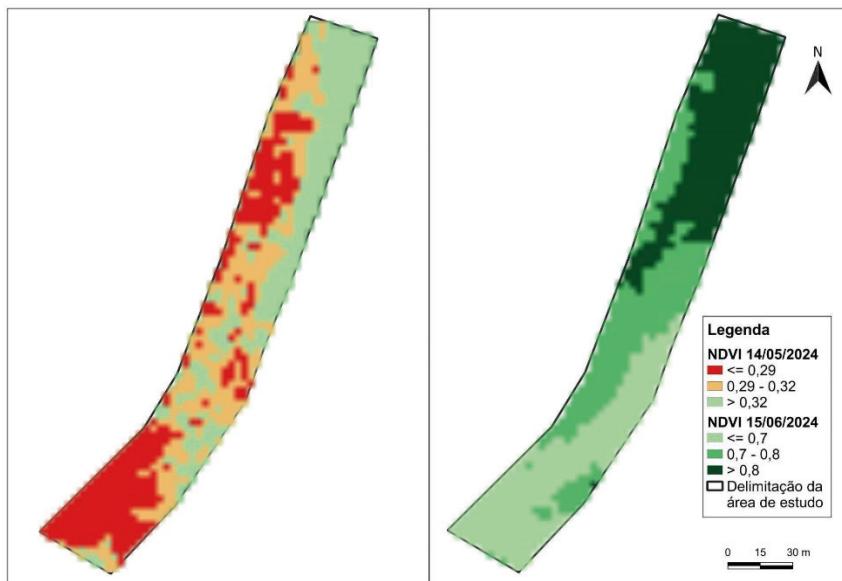


Figura 4: Resultado do NDVI para os dois momentos de análise.

Obteve-se como resultado da verificação de outliers nenhum valor que pudesse interferir na avaliação do volume de água em cada ponto de amostragem, como verifica-se na Figura 5.

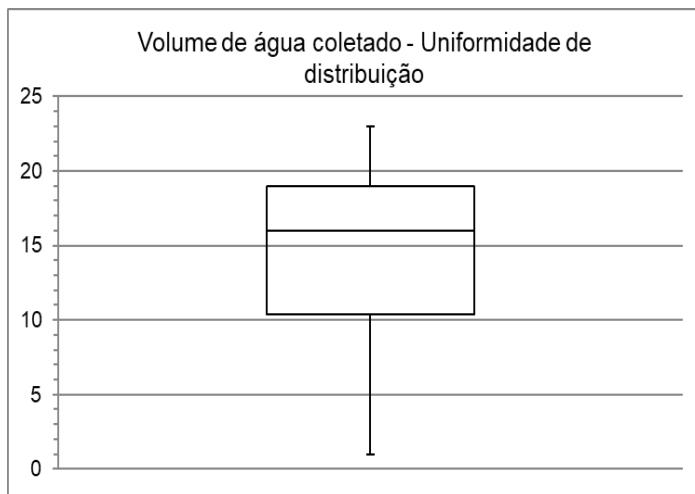


Figura 5: Boxplot dos dados de pluviosidade da coleta em campo.

Na interpolação por krigagem ordinária (Figura 6), percebe-se que as regiões com menores volumes de água encontram-se, novamente, nas parcelas 1 e 3, com valores entre 14,3 a 15,7 ml, sendo as duas primeiras linhas de coletores, pontos de menor precipitação. Em contrapartida, houve uma concentração maior da lâmina aplicada na região de mudança de topografia, entre as parcelas 2 e 3. Pereira (1995), ao analisar as interações entre o perfil de distribuição de água do aspersor e a inclinação da superfície do solo, constatou que, qual fosse o ângulo do tubo de elevação do aspersor com a vertical, o coeficiente de uniformidade reduzia quando a inclinação do terreno aumentava.

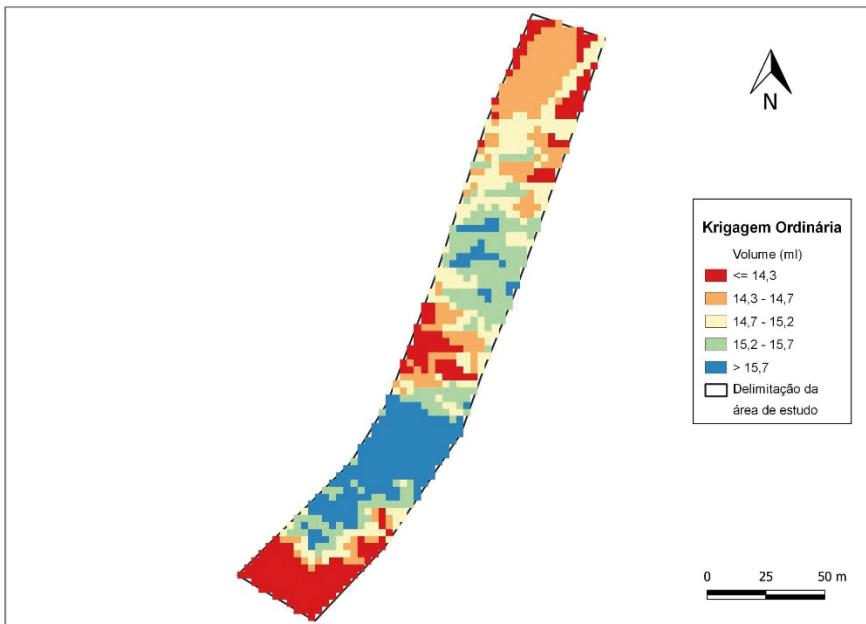


Figura 6: Interpolação dos dados pelo método Krigagem Ordinária executada pelo plugin Smart-Map no software QGIS versão 3.24.3.

A análise de correlação entre as imagens de NDVI e Krigagem apresentada na Tabela 3, resultou em um valor de -0.176543, o que significa, de acordo com Hinkle et al. (1988) (Tabela 4), uma correlação desprezível entre as duas variáveis.

N= 1050	
1.000000	-0.176543
-0.176543	1.000000

Tabela 3. Matriz de correlação entre as imagens de NDVI e de krigagem ordinária dos pontos de coleta de pluviosidade.

Fonte: O autor, 2024.

CORRELAÇÃO (r)	CLASSIFICAÇÃO
0,9 a 1,0 (-0,9 a -1,0)	Correlação muito forte
0,7 a 0,9 (-0,7 a -0,9)	Correlação forte
0,5 a 0,7 (-0,5 a -0,7)	Correlação moderada
0,3 a 0,5 (-0,3 a -0,5)	Correlação fraca
0 a 0,3 (0 a -0,3)	Correlação desprezível

Tabela 4. Interpretação do Coeficiente de Correlação de Pearson (r), de acordo com a classificação proposta por Hinkle et al., 1988.

Fonte: Hinkle et al., 1988.

Segundo Filho e Júnior (2009), o coeficiente de correlação Pearson (r) mede a intensidade e a direção de relações lineares entre dois conjuntos de dados e varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. O valor mais próximo de 1, indica uma correlação forte positiva entre as duas variáveis e quando -1, uma correlação negativa forte entre as duas variáveis, ou seja, se o valor de uma variável aumenta, o valor da outra diminui. Quando o valor é igual a zero significa que não há correlação (dependência linear) entre as duas variáveis (Sousa, 2019).

Porém, como valores extremos de 0 ou 1, na prática, são difíceis de serem encontrados, Hinkle et al. (1988) apontam uma interpretação para o coeficiente de correlação de Pearson (r).

O resultado de -0,17 da correlação, indica uma relação fraca e negativa entre o NDVI e o raster gerado por krigagem, o que pode ser causado por uma série de fatores, como a escala temporal e espacial, a relação inversa entre a variável interpolada e o NDVI, ou até erros na interpolação. Nascimento et al. (2021), sugerem que quando a vegetação está sob efeito de estresse, há uma diminuição do valor de NDVI, em razão de fatores internos ou externos às plantas. Por isso, há a possibilidade de que o NDVI tenha o sentido da relação negativa, de redução, enquanto a krigagem, a tendência de aumento, indicando que não há correlação entre as duas variáveis ou que outros fatores estejam influenciando para uma correlação fraca.

Ao comparar o resultado do NDVI, o CUC para a parcela 1 e a interpolação por krigagem, percebe-se visualmente, que as imagens se sobrepõem, indicando alguma relação entre essas variáveis. Nesse mesmo dia, boa parte da área apresentou $NDVI < 0,3$, que representa baixa densidade vegetal ou áreas de solo exposto. O milho estava no seu estádio V3 de desenvolvimento, o qual caracteriza-se pela completa expansão da terceira folha, e assim, a área apresentou os menores valores de NDVI pelo fato de que a cultura ainda estava com pouco fechamento, indicando também que a área vegetal fotossinteticamente ativa era pequena. A escala do NDVI apresentou um aumento, onde a variação foi de 0,57 a 0,85, mostrando que, conforme a cultura se desenvolve, a tendência é que o NDVI aumente.

Lucas e Schuler (2007) realizaram um trabalho sobre a análise espaço temporal do NDVI por meio de imagens dos satélites AVHRR/ NOAA na cultura da cana-de-açúcar, onde verificaram que a partir da maturação da planta (sétimo mês), houve um decréscimo nos valores de NDVI, relacionado com a diminuição da precipitação, evidenciando influência da chuva nos valores de NDVI. Por outro lado, quando do sexto mês do ciclo da cultura, o NDVI atingiu valor máximo de 0,61 para uma parcela, e que, no mês anterior, a área do experimento teve altos volumes de chuva, evidenciando novamente que a precipitação exerceu influência sobre o NDVI. Diante do exposto, entende-se que o NDVI apresenta relação direta com o estádio de desenvolvimento da cultura, em que tanto o estádio de

florescimento quanto a precipitação podem causar variações no NDVI.

Porém, como indicado na análise de correlação (Tabela 2), não existe correlação linear entre as imagens de NDVI e de interpolação dos volumes coletados, ou seja, é quase nula a dependência entre as variáveis analisadas. Esse resultado não apresentou boa correlação, não validando os resultados encontrados quando da avaliação do CUC e NDVI, indicando, portanto, que a metodologia utilizada para a análise de correlação com a interpolação dos volumes coletados, precisa de ajustes ou não seja uma alternativa para esse estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aplicada neste trabalho foi eficaz para indicar a parcela de menor e maior uniformidade de distribuição de água (parcelas 1 e 2, com CUC de 52,1% e 78,9%, respectivamente) bem como regiões de maior e menor vigor vegetativo, sugerindo que a mudança de topografia associada às condições climáticas (vento e radiação) durante a avaliação em campo, contribuíram para as diferenças nos resultados.

Contudo, ao correlacionar a interpolação dos volumes obtidos para o cálculo do CUC com o NDVI, não foi possível obter bons resultados. Para futuros estudos na área, recomenda-se o aperfeiçoamento da metodologia ou o uso de outra alternativa para este estudo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Nota Técnica n. 51/2021/SPR: Impacto das Mudanças Climáticas na Demanda da Irrigação do Brasil.** Brasília, 2021.

ALVES, A. D.; CASTRO, P. T. **Desempenho de um sistema de irrigação por aspersão tipo canhão hidráulico, sob diferentes condições de velocidade de vento na região de Paracatu, CE, Brasil.** v. 6, n. 2, p. 79–84, 1995.

AZEVEDO, H. J. et al. **Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão.** 2000.

BERGAMASCHI, H. et al. **Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 9, p. 831–839, set. 2004.

BERGAMASCHI, H. et al. **Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 2, p. 243–249, fev. 2006.

BERGONCI, J. I. et al. **Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, n. 7, p. 949–956, jul. 2001.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 5^a edição ed. [s.l.] Viçosa: UFV, 1989.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação.** 8^a edição ed. [s.l.] Viçosa: UFV, 2006.

BISCARO, G. A. **Sistemas De Irrigação Por Aspersão**. [s.l.] UFGD, 2009.

BONINSENHA, Í. et al. **Revealing irrigation uniformity with remote sensing: A comparative analysis of satellite-derived uniformity coefficient**. Agricultural Water Management, v. 3, 2024.

BRANDÃO, Z. N. **Estimativa da produtividade e estado nutricional da cultura do algodão irrigado via técnicas de sensoriamento remoto**. p. 152, 2009.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2022.

CONAB - **Nova estimativa para safra de grãos na safra 2023/24 é de 295,6 milhões de toneladas**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5425-nova-estimativa-para-safra-de-graos-na-safra-2023-24-e-de-295-6-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 1 mai. 2024.

CONTINI, E., et al. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Desafios do Agronegócio Brasileiro, Brasília, DF: Embrapa, 45p, 2019.

EDUARDO, B. F. S.; SILVA, A. J. F. M. E. **Avaliação da influência da correção atmosférica no cálculo do índice de vegetação NDVI em imagens Landsat 5 e RapidEye**. Em: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, (SBSR). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.33.54/doc/thisInformationItemHomePage.html>>. Acesso em: 3 mai. 2024

EMBRAPA. **Sistemas Diferenciais de Cultivo - Portal Embrapa**. 2021. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo>>. Acesso em: 1 mai. 2024.

FILHO, D., B. F.; JÚNIOR, J. A. S. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)**. v. 18, n. 1, p. 32, 2009.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento remoto em agricultura**. [s.l.] Oficina de Textos, 2017.

FRIZZONE, J. A. et al. **Irrigação por aspersão**. Maringá: UEM, Editora da Universidade de Maringá, 271p, 2011

FRIZZONE, J. A. **Os métodos de irrigação**. Texto complementar: Os métodos de irrigação, p. 32, 2017.

HINKLE, D. E.; WIERSMA, W.; JURS, S. G. **Solutions manual: Applied statistics for the behavioral sciences**. Houghton Mifflin, 1988.

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment, an earth resource perspective**. [s.l.] Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.

JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective**. 2nd Edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, 2007.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. Parêntese, São José dos Campos, 598 p, 2009.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.

LEVIEN, S. **Irrigação por aspersão: sistemas de irrigação por aspersão**. [s.l: s.n.], 2002.

LUCAS, A. A.; SCHULER, C. A. **Análise do NDVI/NOAA em cana-de-açúcar e Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil**. v. 11, p. 607–614, 2007.

MAGALHÃES, P.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da Produção de Milho**. 1^a edição, p. 10, dez. 2006.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. [s.l.] Viçosa, MG: UFV., 2009.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. n. 2, p. 150, 2008.

MARTIN-BENITO, J. M. T.; GOMEZ; PARDO, J. L. **Working of sprinklers to optimize application of water**. p. 713–895, 1992.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MOTTA, J. L. G.; FONTANA, D. C.; WEBER, E. **Análise da evolução temporal do NDVI/NOAA em região de soja no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre – RS, 2003.

NASCIMENTO, J. M. D.; SECRETTI, M. L.; LINÉ, M.; PAEZ, S. A. C. **Correlação espacial entre os atributos químicos do solo e o índice de vegetação NDVI na cultura da soja**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2021.

PEREIRA, G. M. **Simulação das perdas de água por evaporação e da uniformidade de distribuição na irrigação por aspersão**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 125 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

PEREIRA, G. W. et al. **SMART-MAP: Plugin QGIS para interpolação utilizando Krigagem Ordinária e Machine Learning**. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Agroinformática (SBIAGRO 2023). Anais... Em: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA. Brasil: Sociedade Brasileira de Computação, 8 nov. 2023. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbiagro/article/view/26550>>. Acesso em: 18 ago. 2024.

ROUSE, J. W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**. Third ERTS-1 Symposium NASA, NASA SP-351, Washington DC, 309-317, 1974.

SANTOS, D.L.; COELHO, E.F.; CUNHA, F.F.; DONATO, S.L.R.; BERNADO, W.P.; RODRIGUES, W.P.; CAMPOSTRINI, E. **Partial root-zone drying in field-grown papaya: Gas exchange, yield, and water use efficiency**. Agricultural Water Management, v.243, p.1-11, 2021.

SHIRATSUCHI, L. S. et al. **Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão***. [s.d.], 2014.

SILVA, C. D. O. F.; R. L. MANZIONE; FILHO, J. A. **Sensoriamento Remoto Orbital para Manejo da Irrigação: uma Revisão Sistêmica**. 2019.

SOUZA, Á. **Coeficiente de Correlação de Pearson e Coeficiente de correlação de Spearman. O que medem e em que situações devem ser utilizados?** 2019.

SOUZA, J. N. et al. **Impactos das mudanças climáticas na irrigação: uma análise prospectiva**. Em: Mudanças Climáticas e seus Impactos Socioambientais concepções, fundamentos, teorias e práticas mitigadoras. 1. ed. [s.l.] Editora Científica Digital, p.207-221, 2021.

VENANCIO, L. P. et al. **Spatial dynamics of remote sensing variables in irrigate robusta coffee**. Em: V INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING. Fortaleza, Ceará: 2019.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM SOLO ARGILOSO

Data de submissão: 07/11/2024

Data de aceite: 02/12/2024

Renato Frederico dos Santos

Doutorando do Curso de Pós graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá - UEM. Bolsista CNPq-UEM

Hugo Zeni Neto

Orientador, Doutor, Professor do Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá - UEM

Lia Mara Moterle

Engª Agrônoma, Doutora em Produção Vegetal pela Universidade Estadual de Maringá - UEM

Luiz Borsuk

Discente do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Estadual de Maringá - UEM

Joseli Cristina da Silva

Discente do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Estadual de Maringá - UEM

Viviane Fátima de Oliveira

Discente do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Estadual de Maringá - UEM

RESUMO: O Brasil tem uma posição privilegiada no ranking de produção de cana-de-açúcar em nível mundial. Esse fato é decorrente da adoção de práticas agrícolas avançadas aliadas a eficientes Programas de Melhoramento Genético da referida cultura. O presente trabalho teve por objetivo avaliar características que compõem o crescimento, desenvolvimento e potencial produtivo de 10 genótipos de cana-de-açúcar em Cana Planta (RB036088 x TUC74-15, LCP85-384 x MP, RB036152 x TUC71-7, RB036122 x RB03611, RB855511 x RB931003, TUC71-7 x RB036152, RB036152 x RB036088, CTC-9 x RB946903, RB036088 x RB036152, SP80-1842 x SP80-3280), em solo argiloso, através da análise do diâmetro de colmo, números de colmo e oBrix. O experimento foi realizado Centro Técnico de Irrigação – CTI no município de Maringá, região Noroeste do Paraná, na safra 2018/2019. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições por genótipo, sendo as parcelas disposta em 5 linhas de 5 metros, com espaçamento de 1,5m entre linhas. O genótipo oriundo do cruzamento SP80-1842 x SP80-3280 apresentou maior diâmetro do colmo, com destaque também para oBrix. Houve superioridade do cruzamento

LCP85-384 x MP para número de colmos.

PALAVRAS-CHAVE: cruzamento; diâmetro; oBrix, *Sacharum* sp.

1 | INTRODUCÃO

A cana-de-açúcar (*Sacharum* sp.) é considerada uma das principais culturas do Brasil. Além de se destacar na geração de empregos diretos e indiretos no país, a cana se destaca com uma das mais importantes culturas principalmente por alavancar o setor sucroalcooleiro, segundo a CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, a safra 2016/2017 foi de 657,18 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

O Brasil tem uma posição privilegiada no ranking de produção de cana-de-açúcar em nível mundial. Esse fato é decorrente da adoção de práticas agrícolas avançadas aliadas a eficientes Programas de Melhoramento Genético da referida cultura, tendo como consequência o surgimento de novos genótipos com elevados teores de açúcar, altamente produtivos, alocados em diferentes ambientes de produção, gerando assim maior sustentabilidade.

O melhoramento da cana-de açúcar ocorre em sua maioria, por processos de seleção de genótipos superiores, gerada a partir da hibridação de genitores previamente escolhidos. Após a seleção dos genótipos na população segregante, aplica-se às etapas posteriores do programa, o método de melhoramento denominado “seleção clonal”. Neste caso, à medida que ocorre o avanço das gerações, aumenta-se também a quantidade de colmos dos clones selecionados. Este fato possibilita aumentar a precisão experimental e a eficiência da seleção, uma vez que os clones passam a ser avaliados em experimentos com repetição em diversos ambientes (BARBOSA et al., 2005).

Os ganhos em produtividade em uma área agrícola são obtidos através do aumento de produção de colmos por unidade de área concomitantemente com o aumento do teor de açúcar nos colmos e a maior longevidade no canavial (SANTOS, 2008). Consideram-se como componentes da produtividade da cana-de-açúcar o diâmetro e comprimento dos colmos, o número de colmos por área (associado à capacidade de perfilhamento) e a densidade do colmo. Todos eles são caracteres governados geneticamente que, porém, estão sujeitos à influência ambiental (SKINNER, 1967).

O objetivo do presente estudo foi avaliar diferentes genótipos pertencentes ao programa de melhoramento de cana-de-açúcar da UEM, em solo argiloso.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Técnico de Irrigação – CTI no município de Maringá, região Noroeste do Paraná, coordenadas geográficas latitude 23° 11' S e longitude 52° 03' W, e altitude 380 m. O clima da região é do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área experimental é classificado como um Latossolo

Vermelho distroférreo (EMBRAPA, 1999). Durante o ano agrícola 2018/2019, em quatro etapas consecutivas com a mesma população amostrada: a) cruzamentos genéticos; b) Semeio da cariopse (semente verdadeira) em caixas; c) seleção antecipada de seedlings aos 90 dias após o semeio e transplante para bandejas de isopor; d) seleção nas bandejas, clonagem e plantio em campo.

Os tratamentos testados constaram de 10 materiais selecionados provenientes de diferentes cruzamentos. As plantas foram colocadas a campo com espaçamento entre linhas de 1,5 metros, totalizando 10 indivíduos por progênies. O experimento foi conduzido em Delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. A parcela constituiu-se de cana planta com 5 linhas de 5 metros de comprimento, totalizando uma área útil de 37,5 m².

Foram avaliados os seguintes componentes de produção em plantas individuais: (1) Diâmetro do colmo principal (DC), tomado por meio de paquímetro no quarto internódio; (2) Número de colmos (NC) o qual será obtido por meio de contagem de todos os colmos por planta; (3) Sólidos solúveis totais (°Brix) do colmo principal, tomado por meio de um refratômetro de campo no quarto internódio.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferenças significativas entre os genótipos nas três características avaliadas (Tabela 1).

Tratamentos	GL	Quadrado médio		
		Diâmetro	Nº de colmos/planta	°Brix
Genótipos	9	13,22*	5,38*	3,09*
CV (%)		12,19	19,44	7,93
Media geral		29,82	11,93	22,17

*Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.

Tabela 1: Análise de variância do diâmetro do colmo, número de colmos/planta e °Brix de 10 genótipos de cana-de-açúcar, Maringá, Estado do Paraná. Cana planta, Safra 2018/19

Para o diâmetro do colmo as médias entre os tratamentos oscilaram entre 17,23 e 35,53 mm, sendo que o menor valor foi obtido pelo cruzamento LCP85-384 x MP (Tabela 2). Por outro lado, os maiores diâmetros foram obtidos pelos cruzamentos RB036122 x RB03611, RB036152 x RB036088, SP80-1842 x SP80-3280. De acordo com Morais et al. (2017), as características diâmetro dos colmos e perfilhamento são os principais componentes que mais se correlacionam com a produtividade de colmos, fato afirmado

por Silva et al. (2014) sobretudo quando está associada a uma condição adequada de disponibilidade hídrica no solo, a qual capacita as variedades responsivas para melhor manifestarem seu potencial genético.

Genótipos	Diâmetro do colmo (mm)	Número de colmos/planta	°Brix
RB036088 x TUC74-15	30,53 b	11,25 b	22,83 a
LCP85-384 x MP	17,23 c	26,25 a	22,83 a
RB036152 x TUC71-7	29,10 b	9,75 c	20,50 b
RB036122 x RB03611	34,38 a	12,75 b	21,65 b
RB855511 x RB931003	28,08 b	11,75 b	21,20 b
TUC71-7 x RB036152	30,38 b	8,50 c	21,15 b
RB036152 x RB036088	35,53 a	8,00 c	19,35 b
CTC-9 x RB946903	29,78 b	13,25 b	24,20 a
RB036088 x RB036152	28,83 b	9,50 c	23,75 a
SP80-1842 x SP80-3280	34,35 a	8,25 c	24,25 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2: Resultados médios de 10 genótipos de cana-de-açúcar, Maringá, Estado do Paraná. Cana planta, Safra 2018/19

Em relação ao número de colmos/planta, constata-se que o cruzamento LCP85-384 x MP foi o que mais perfilhou, diferindo significativamente dos demais. Em seguida, destacam-se, em perfilhamento, os genótipos obtidos pelos cruzamentos RB036088 x TUC74-15, 56-62, RB036122 x RB03611, RB855511 x RB931003 e CTC-9 x RB946903.

Por esses dados foi possível notar que o genótipo que apresentou maior número de colmos (LCP85-384 x MP) apresentou colmos com diâmetro menor. Essa constatação é divergente da verificada por Oliveira et al. (2004).

Na avaliação de °Brix houve a formação de dois grupos de médias. Houve divergência entre os genótipos testados em relação as demais características avaliadas. Os genótipos oriundos dos cruzamentos LCP85-384 x MP e SP80-1842 x SP80-3280 se destacaram tanto para °Brix como para número de colmos como para diâmetro, respectivamente.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O genótipo oriundo do cruzamento SP80-1842 x SP80-3280 apresentou maior diâmetro do colmo, com destaque também para °Brix.

Houve superioridade do cruzamento LCP85-384 x MP para número de colmos.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, M. H. P. et al. Selection of sugarcane families and parents by Reml/Blup. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, n. 4, p. 443-450, 2005.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira - grãos, safra 2017/18 décimo levantamento.** Julho/2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/>, Acesso em: 25 nov 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, 1999. p. 412.
- MORAIS, K. P. et al. Produtividade de colmos em clones de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 64, n. 3, p. 291-297, 2017.
- OLIVEIRA, R. A. et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de- açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agrária**, v.5, n.1-2, p.87-94, 2004.
- SANTOS, A. C. A. **Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar para as condições edafoclimáticas de Aparecida do Taboado – MS. 2008.** 90 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira, 2008. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98917/santos_aca_me_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 jul. 2019.
- SILVA, M.A. et al. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 241-249, 2014.
- SKINNER, J.C. Grading varieties for selection. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12, 1967, Santurce. **Proceedings....** Santurce, 1967. p. 938-949.

CAPÍTULO 3

IMPROVING THE PALATABILITY OF A *Bacillus thuringiensis*-BASED INSECTICIDE TO INCREASE TOXIC ACTIVITY IN *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) LARVAE

Data de submissão: 2024

Data de aceite: 02/12/2024

Ninfa M. Rosas-García

Laboratorio de Biotecnología Ambiental del Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional, Blvd. Del maestro s/n. Col. Narciso Mendoza. CP.88710, Reynosa, Tamaulipas, México.

Jorge A. Torres-Ortega

Laboratorio de Biotecnología Ambiental del Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional, Blvd. Del maestro s/n. Col. Narciso Mendoza. CP.88710, Reynosa, Tamaulipas, México.

Jesús M. Villegas-Mendoza

Laboratorio de Biotecnología Ambiental del Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional, Blvd. Del maestro s/n. Col. Narciso Mendoza. CP.88710, Reynosa, Tamaulipas, México.

sowing, harvesting, drying, and grinding maize, sorghum, alfalfa, tomato, soybean, and pinto bean plants in fine powder and commercial safflower oil. The *Bacillus thuringiensis*-based insecticide was mixed with the corresponding feeding stimulant. The insecticide applications were carried out at the greenhouse level on maize plants with artificial infestation. The results indicated that the lowest percentage of leaf damage was observed with insecticides containing the safflower oil and pinto bean as feeding stimulants. The highest percentages of leaf damage were observed in those insecticides without feeding stimulants.

KEYWORDS: Feeding stimulant, insecticidal activity, fall armyworm, palatability, toxic activity

INTRODUCTION

ABSTRACT: The colony of *Spodoptera frugiperda* was established on an artificial diet based on soy flour. The insects were maintained in controlled humidity, temperature, and photoperiod conditions. The average number of valuable larvae for bioassay was approximately 2000 individuals for each generation. The feeding stimulants were obtained by

Insects of the genus *Spodoptera* are native to tropical regions of the Western Hemisphere, from the United States to Argentina. In the case of *S. frugiperda*, its life cycle lasts approximately 30 days. The eggs are dome-shaped and flattened; the total egg production per female is 1500 to 2000, deposited in a monolayer on the

foliage. The larva has six instars and measures up to 34 mm, forming a hard brown pupa that lasts 8 to 9 days. The adult is a moth with a wingspan of up to 40 mm; they are nocturnal and very active during the summer (Capinera, 2014). This pest is resistant to many chemical insecticides, as reported elsewhere, so one of the best options for controlling it is the application of biological insecticides.

A biological insecticide is a formulation designed explicitly against a particular pest, considering the host crop and other factors such as feeding habits and the biological cycle of the insect, making it highly effective (Rosas-García et al., 2009). The fundamental part of a biological insecticide made with the *Bacillus thuringiensis* bacteria is that the larva must ingest it to be effective. The spore-crystal complex of *B. thuringiensis*, which acts as the active ingredient, must be ingested by the larva, thus allowing these crystalline proteins to bind to the receptor molecules of the midgut through solubilization and proteolysis processes, forming pores and causing emptying of the intestinal contents, which ultimately induces the insect to death (Schnepp et al., 1998). Due to the mode of action of these insecticides, adjuvants, such as feeding stimulants, certainly play a significant role in the insecticidal activity of formulations. Therefore, their careful selection gives an essential advantage to the ingested formulations, with broad preference by the insect and, in some cases, with greater preference over its natural substrate (Rosas-García et al., 2009). Feeding stimulants are especially important in *Spodoptera* species, mainly foliage-eating pests because they can detect non-volatile compounds through their sense of taste (Kasubuchi et al., 2018; Zhou et al., 2009). The gustatory or contact chemosensory system of insects plays a crucial role in immediate responses to food (Zhou et al., 2009). In lepidopteran insects, taste neurons are located mainly on the ventral side of the labrum, maxillary palps, and galea (Schoonhoven & van Loon, 2002). The specificity of taste neurons observed as a response to certain plant compounds is genetically determined, but food selection behavior can be modified by diet (Bernays & Singer, 2005; Renwick & Huang, 1995)). For this reason, the feeding stimulants used in the development process of an insecticidal formulation must be carefully selected since they must favor the insect's taste, making it palatable and ingestible to be effective. This work aimed to improve the palatability of a biological insecticide to ensure ingestion by the insect and its toxic activity.

MATERIALS AND METHODS

Establishment of the insect colony: The insect colony was established from *Spodoptera frugiperda* pupae in a room with a controlled temperature of $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, photoperiod of 14:10 L:D, and relative humidity of $60\% \pm 5\%$. The pupae were placed in emergency chambers for adult emergence, made up of 4-liter plastic buckets lined on the inside with absorbent paper towels. Inside, a 30 ml plastic cup with cotton impregnated with a 10% sucrose solution was placed for adult feeding, and the bucket was covered

with a 30 x 30 cm cheesecloth secured with a rubber band. The adults laid their eggs on the cheesecloth and absorbent paper for seven days. Cheesecloth and absorbent paper were withdrawn from the bucket, carefully folded, and placed inside a brown paper bag for the egg incubation. A 120 ml plastic cup containing an artificial diet was also placed inside the brown paper bag to allow newborn larvae to feed once the eggs hatched. Then, these larvae were taken with a camel hair brush and placed individually in 30 ml plastic cups with a fresh diet to continue their development (Fig. 1). The artificial diet was prepared according to (Rosas-García et al., 2009).

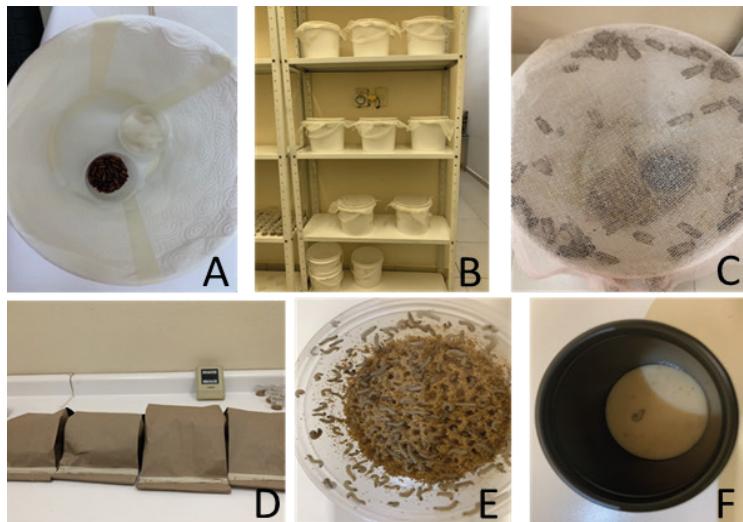


Fig. 1. Rearing method for *Spodoptera frugiperda* colony. A), B) and C) emergence chambers for pupae and adult development, D) egg incubation, E) newly hatched larvae feeding on an artificial diet, F) individual larvae on an artificial diet.

Cultivation of plants for feeding stimulant production: Maize, sorghum, alfalfa, tomato, soybean, and pinto bean seeds were sown in 30 x 30 cm black plastic bags with garden soil in a greenhouse. For each type of plant, 100 bags were planted, and watering was carried out twice a week until the plants reached approximately 30 to 40 cm in height. Grown plants were cut from the root base and placed in the aeration beds covered with chicken wire netting mesh for the drying process for 7 to 10 days (Fig. 2). For complete dehydration; the dried plants were placed on trays in a forced flow drying oven at 40°C for 3 to 5 days. The fully dehydrated plants were first ground manually, wearing gloves, and then placed in a blender (Black+Decker, Crushmaster Pro). The resulting powder was weighed on a grain scale and stored in plastic containers at room temperature.

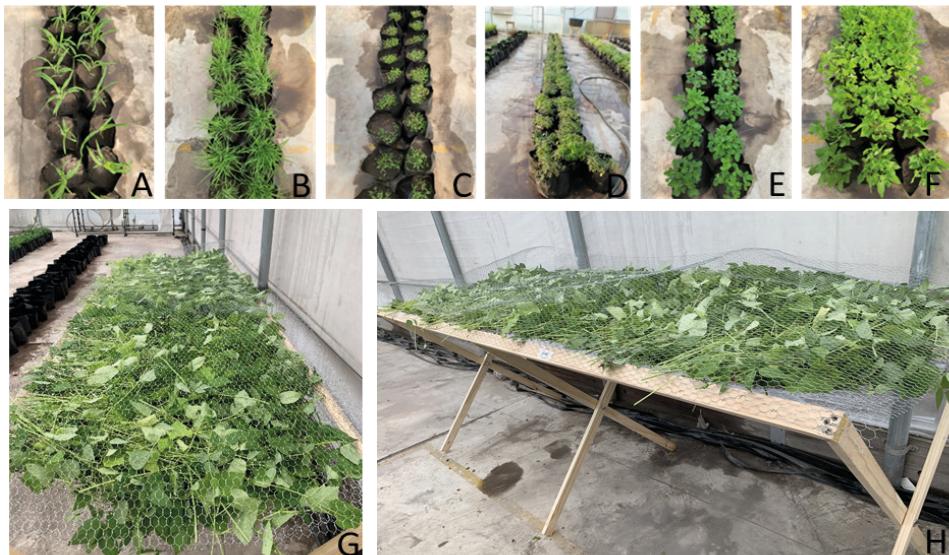


Fig. 2. Growing and drying plants. A) maize, B) sorghum, C) alfalfa, D) tomato, E) soybean, F) pinto bean, G), and H) aeration beds.

Granular feeding stimulant preparation: The feeding stimulants in the form of granules were prepared with 25 g of Capsul™, 25 g of bovine gelatin, 2 g of the feeding stimulant, and 25 ml of distilled water. The ingredients were mixed manually with a spatula until crumbs were formed. Each mixture was placed in an aluminum tray inside a forced flow drying oven at 40-45°C temperature for 48 h until dehydration. Once dried, the mixtures were ground with a mortar to obtain the granular feeding stimulants (FE): sorghum (SFE); maize (MFE), tomato (TFE), alfalfa (AFE), pinto bean (PBFE), soybean (SBFE), safflower oil (SOFE), and control (C). The granules were stored in airtight plastic containers at room temperature for later use.

Feeding preference bioassays: Two-choice bioassays were conducted in disposable 5 cm diameter Petri dishes with the bottom covered with a mixture of plaster of Paris™ and activated charcoal in a 15:1 ratio. Twenty-eight combinations of granular feeding stimulants were tested. In each dish, 0.2 g of granules to be compared were deposited as piles in opposite places. As controls, fresh leaves of the plant or Capsul™ were used. Five repetitions were performed for each confrontation. In each repetition, ten two-day-old larvae of *S. frugiperda* were placed in the center of the dish and allowed to feed for 16 h at 28°C in complete darkness. After this, the Petri dishes were frozen at -20°C for one or two days, then the number of larvae on each pile was recorded. The data obtained were subjected to the non-parametric Mann-Whitney *U* test.

Toxic activity bioassays: The artificial infestation was conducted in 30 cm height maize plants with ten neonate larvae per plant and ten repetitions under greenhouse

conditions. Each larva was placed in the plant with a camel hair brush and allowed to adapt for 24 h. Subsequently, the various mixtures of the *Bacillus thuringiensis*-based insecticide were prepared with the corresponding feeding stimulant at 4%. Immediately after, the mixture was applied with a spray pump (Fig. 3). The seven treatments tested were: control C, an insecticide with MFE, an insecticide with TFE, an insecticide with PBFE, an insecticide with SOFE, an insecticide with all FE, and insecticide without FE. The trial lasted seven days, and leaf damage was visually evaluated. The results were analyzed by ANOVA and Tukey's test for mean comparison with $P \leq 0.05$ using SPSS 18.0 (SPSS, Inc. Chicago, IL).



Fig. 3. Production and application of the *B. thuringiensis*-based insecticide with each feeding stimulant. 1) and 2) insecticide production, 3) filling spray pump, 4) maize plants infested, 5) insecticide applied to maize leaves.

RESULTS

The insect colony produced an average of 2000 larvae per generation. One hundred grown plants of each different seed yielded the following yields in the dehydrated form: maize 325.94 g, sorghum 676.94 g, tomato 435.54 g, soybean 500.74 g, alfalfa 388.94 g, and pinto bean 786.94 g. The results indicated that *S. frugiperda* larvae accepted all the tested feeding stimulants. However, the most accepted feeding stimulants were maize, tomato, pinto beans, and safflower oil ($F = 12,483$, $df = 6/243$, $P \leq 0.05$) (Table 1).

Comparison	Treatment										Larvae total number*	
	SFE	MFE	TFE	AFE	PBFE	SBFE	SOFE	C	P≤ 0.05	R	NR	
1	25	17							NS	42	8	
2	25		21						NS	46	4	
3	27			17					**	44	6	
4	21				26				NS	47	3	
5	23					24			NS	47	3	
6	29						18		**	47	3	
7	21							26	NS	47	3	
8		33	14						**	47	3	
9		28		16					**	44	6	
10		12			34				**	46	4	
11		20				29			**	49	1	
12		31					17		**	48	2	
13		26						20	NS	46	4	
14			32	16					**	48	2	
15			11		35				**	46	4	
16			32			12			**	44	6	
17			11				35		**	46	4	
18			34					16	**	50	0	
19				22	18				NS	40	10	
20				13		3			**	16	34	
21				14			23		NS	37	13	
22				14				20	**	34	16	
23					22	7			**	29	21	
24					16		13		NS	29	21	
25					20			15	NS	35	15	
26						11	27		**	38	12	
27						20		13	NS	33	17	
28							28	14	**	42	8	

A two-choice bioassay was conducted for each part of the treatment (granular feeding stimulants) to determine the most palatable to larvae. The total number of larvae in each comparison = 50. P values obtained from Mann-Whitney *U* test. NS, no significance, ** high significance. *Larvae total number R= responders, NR= non responders.

Table 1. Two-choice bioassays to determine feeding preference in *Spodoptera frugiperda* larvae.

These four feeding stimulants were used to improve the insecticide palatability. The insecticide was more efficient when it contained pinto beans or safflower as feeding

stimulants (Table 2). Additionally, there is a significant difference between the activity of the insecticide containing all of the feeding stimulants and the insecticide without feeding stimulants. According to these results, the presence of pinto beans and safflower oil as feeding stimulants favored ingestion by larvae since less leaf damage was observed.

Treatment	N	Media percentage of damaged leaves \pm SE*
Insecticide + TFE	42	16.74 \pm 3.545 c
Insecticide + PBFE	31	5.00 \pm 1.435 a
Insecticide + SOFE	34	3.71 \pm 1.480 a
Insecticide + MFE	32	21.56 \pm 3.401 d
Insecticide with all FE	39	7.23 \pm 2.088 ab
Insecticide without FE	41	10.39 \pm 2.438 b
Control	31	37.74 \pm 6.332 e

N: number of samples. * Means with the same letter in a column are not significantly different, Tukey Test, $P < 0.01$.

Table 2. Average value of the percentage of damage caused in maize leaves by *S. frugiperda* larvae after insecticide application with feeding stimulants.

DISCUSSION

The use of feeding stimulants in insecticidal formulations has been studied for many years to increase insecticidal activity (Barry & Polavarapu, 2004; Bartelt et al., 1990; Bernklau & Bjostad, 2008; Bernklau et al., 2018; Farrar & Ridgway, 1995; Ji-Hong et al., 2000; Navon et al., 1987). In the case of insecticides that must be ingested to be effective, such as those based on *B. thuringiensis*, the use of feeding stimulants plays a fundamental role since the insecticide itself is not palatable to the insect as has been reported (Rosas-García et al., 2004; Rosas-García & de Luna-Santillana, 2006), and for the control of a pest the insecticide must be ingested even more preferably than its natural substrate. *Spodoptera frugiperda* is a generalist pest whose larvae feed on various plants. With this idea in mind, these palatable plants can be used as feeding stimulants to help increase the toxic activity of an insecticidal formulation. Results indicate interestingly that some plants can act as feeding stimulants, offering an essential effect in the insecticidal activity of insecticides that work against *S. frugiperda*. As a generalist, *S. frugiperda* feeds on any of the plants tested; however, the insect does not prefer them equally. Some of the plants used in this study are not the primary target for *S. frugiperda*. Larvae preferred to ingest insecticidal mixtures containing pinto bean and safflower oil, which is assumed by the low percentage of maize-damaged leaves observed with these treatments. Also, there is a difference in the rate of damaged leaves between insecticides containing all the feeding stimulants and insecticides without any feeding stimulant. Combining several feeding stimulants in one insecticidal formulation may favor ingestion by the larva. However, compared with the other

individual feeding stimulants, the result could indicate a confusing effect of smell and taste in the larvae.

This study demonstrated that some of these plants, used as feeding stimulants, help increase insecticide ingestion, causing death to the larva and less damage to the crop. Pinto beans and soybeans were preferred over maize and other powdered plants. Pinto bean and safflower oil were more preferred than tomato. However, tomato was preferred over alfalfa, soybean, and the control. The safflower oil and pinto beans outperformed soybean preference.

Since insecticides based on the spore-crystal complex of *Bacillus thuringiensis* have an avoidance or deterrent effect on *S. frugiperda* larvae, the addition of dehydrated plant powder helps improve the insecticide's taste and smell so that the larva ingests it more easily, causing less damage to the plant. In addition, including feeding stimulants not only ensures that the insect eats the insecticide, but in some cases, this extensive ingestion has reduced the active ingredient content in these products, thus offering the same efficacy in control.

Over time, many products have been tested as feeding stimulants, some with greater success than others. However, they are still considered a fundamental element in the development of biological insecticides that must be ingested by insect pests.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors express their gratitude to SIP-IPN for financial support of the projects 20212033, 20221080.

REFERENCES

- Barry, J. D., and S. Polavarapu. 2004. Feeding activity and attraction of blueberry maggot (Diptera: Tephritidae) to protein baits, ammonium acetate, and sucrose. *J. Econ. Entomol.* 97:1269-1277.
- Bartelt, R. J., M. R. McGuire, and D. A. Black. 1990. Feeding stimulants for the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae): additives to a starch-based formulation for *Bacillus thuringiensis*. *Environ. Entomol.* 19: 182-189.
- Bernays, E. A., and M. S. Singer. 2005. Taste alteration and endoparasites. *Nature*. 436: 476-476.
- Bernklau, E. J., and L. B. Bjostad. 2008. Identification of feeding stimulants in corn roots for western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae. *J. Econ. Entomol.* 101: 341-351.
- Bernklau, E. J., B. E. Hibbard, and L. B. Bjostad. 2018. Sugar preferences of western corn rootworm larvae in a feeding stimulant blend. *J. Appl. Entomol.* 142: 947-958.
- Capinera, J. L. 2014. Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). University of Florida. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall_armyworm.htm Accessed: 05/jun/17.

Farrar, R. R., and R. L. Ridgway. 1995. Feeding behavior of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) larvae on artificial diet containing *Bacillus thuringiensis*. Environ. Entomol. 24: 755-761.

Ji-Hong, Z., W. Chen-Zhu, and Q. Jun-De. 2000. Effect of feeding stimulant on the feeding behavior and mortality of *Helicoverpa armigera* on diets with *Bacillus thuringiensis*. Insect Sci. 7: 155-160.

Kasubuchi, M., F. Shii, K. Tsuneto, T. Yamagishi, S. Adegawa, H. Endo, and R. Sato. 2018. Insect taste receptors relevant to host identification by recognition of secondary metabolite patterns of non-host plants. Biochem. Biophys. Res. Commun. 499: 901-906.

Navon, A., J. Meisner, and K. R. S. Ascher. 1987. Feeding stimulant mixtures for *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 80: 990-993.

Renwick, J. A. A., and X. P. Huang. 1995. Rejection of host plant by larvae of cabbage butterfly: Diet-dependent sensitivity to an antifeedant. J. Chem. Ecol. 21: 465-475.

Rosas-García, N. M., K. Arévalo-Niño, L. J. Galán-Wong, and L. H. Morales-Ramos. 2004. Evaluation of feeding stimulants combined with polymers to develop formulations against *Diatraea saccharalis* (F.). Southwest. Entomol. 29: 153-158.

Rosas-García, N. M., and E. d. J. de Luna-Santillana. 2006. Diseño de una matriz microencapsulante a partir de compuestos biodegradables para la elaboración de un bioinsecticida. RICA. 22: 135-142.

Rosas-García, N. M., J. M. Villegas-Mendoza, and J. A. Torres-Ortega. 2009. Design of a *Bacillus thuringiensis*-based formulation that increases feeding preference on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. J. Econ. Entomol. 102: 58-63.

Schnepf, E., N. Crickmore, J. Van Rie, D. Lereclus, J. Baum, J. Feitelson, D. R. Zeigler, and D. H. Dean. 1998. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 62: 775-806.

Schoonhoven, L. M., and J. J. A. van Loon. 2002. An inventory of taste in caterpillars: each species its own key. Acta Zool. Acad. Sci. Hungaricae. 48: 215-263.

Zhou, D. S., C. Z. Wang, and J. J. A. Van Loon. 2009. Chemosensory basis of behavioural plasticity in response to deterrent plant chemicals in the larva of the small cabbage white butterfly *Pieris rapae*. J. Insect Physiol. 55: 788-792.

CAPÍTULO 4

POTENCIAL BIOATIVO DO COMPOSTO FENÓLICOS EM *Pereskia aculeata* Miller

Data de submissão: 01/12/2024

Data de aceite: 02/12/2024

Eliena da Silva Gomes

Doutoranda em Ciências de Alimentos-
UEM

Lucas Soares da Silva

Mestrando em Zootecnia

Ana Caroline Raimundini Aranha

Doutora em Engenharia Química - PEQ
UEM

Pither Jhoel Javier Sucari

Doutorando em Ciências de Alimentos-
UEM

Deise Molinari

Doutorado em engenharia química.

Vinícius dos Santos Cardoso

Doutorando em Zootecnia

Carmen Torres Guedes

Mestranda em engenharia de alimentos

Yesenia Milagros Turpo Mamani

Engenheira agroindustrial – UNAP

Emerson Barrios Mogollon

Doutorando em engenharia química

Francielle Friedrichsen Sgorlon Modesto

Mestranda em Sustentabilidade - UEM

Julie Suzan da Silva

Mestranda em Engenharia de Alimentos
-UEM

Lainy Waleska de Brito Sodré

Doutoranda em Ciências de Alimentos-
UEM

Luana Moraes Antonini

Doutoranda em Ciências de Alimentos-
UEM

RESUMO: Os compostos fenólicos são metabólitos secundários amplamente distribuídos no reino vegetal, reconhecidos pelas suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e outros benefícios à saúde humana . e são encontrados em *Pereskia aculeata* Miller. Nesse estudo realizado com extratos das folhas de *Pereskia aculeata* Miller revelam que essa espécie possui grandes quantidades de compostos fenólicos sendo que do ponto de vista nutricional, os compostos fenólicos dessa espécie também podem ser que é amplamente explorada por pesquisadores e pode ser usada como conservantes naturais em alimentos, prolongando a vida útil dos produtos ao

inibir a oxidação lipídica. Tal aplicação reforça a relevância da *Pereskia aculeata Miller*, pois os compostos fenólicos da planta oferecem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e antidiabéticas, com potencial para aplicação em alimentos funcionais, suplementos e cosméticos. Esse estudo apresenta a quantidade de composto fenólicos presente nas folhas de *Pereskia aculeata*. Essa planta apresenta grande potencial bioativos como os compostos fenólicos, antioxidantes, nutrientes, proteínas e é muito importante para o desenvolvimento de alimentos funcionais e ser amplamente utilizada em indústria farmacêutica.

PALAVRAS-CHAVE: *Pereskia aculeata Miller*, ora pro nobis, compostos fenólicos; ora pro nobis, Planta alimentícia não convencional .

1 | INTRODUÇÃO

Pereskia aculeata Miller é uma planta rico em nutrientes nativo de países da América Latina que oferece características interessantes para aplicações alimentares e farmacológicas (LEUENBERGER ,1986) também é conhecida como 'ora-pro-nóbis' (OPN), cacto-maçã-lâmina, groselha-de-Barbados, cacto-folha, videira-limão e cacto-rosa. Suas folhas se distinguem por sua não toxicidade e riqueza nutricional, incluindo, em base seca, 23% de proteínas, 31% de carboidratos, 14% de minerais, 8% de lipídios e 4% de fibras alimentares solúveis, além de conteúdo significativo de vitaminas A, C e E e entre as diversas substâncias encontradas estão os carotenoides , flavonoides e compostos fenólicos (DA SILVA PORTO,2021).

Os compostos fenólicos representam uma das classes mais relevantes de metabólitos secundários encontrados nas plantas, devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e diversos outros benefícios para a saúde humana. Tem atraído crescente interesse científico devido pelos elevados teores de compostos fenólicos presentes nas suas folhas, que são reduzidos para o seu potencial antioxidante e funcional. Estes compostos desempenham um papel importante na prevenção de doenças crônicas, como as cardiovasculares e neurodegenerativas, além de contribuir para a modulação de processos inflamatórios no organismo.(CRUZ *et al.*,2021)

Neste estudo apresentamos a composição fenólica de *Pereskia aculeata Miller* .Novas pesquisas podem ser abordadas nessa área pois essa planta possui grande potencial bioativos e pode ser usada em indústria alimentícia pois é uma fonte promissora de compostos bioativos.

2 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• Ora pro nobis

A *Pereskia aculeata Miller*, popularmente conhecida como arbusto de Barbados ou ora-pro-nóbis, , é um tipo de cacto trepador brasileiro. Pertence à família *Cactaceae* e subfamília *Pereskioideae*, é nativa da América do Sul e adaptada apenas a baixas altitudes.

A espécie é facilmente cultivada e, além do uso alimentar, as folhas também são emolientes e possuem propriedades cicatrizantes e anti-inflamatórias (HOFF *et al.*,2022).

Os cactos típicos são plantas suculentas, de caule verde e sem folhas, cobertas por numerosos espinhos. No entanto, os membros do gênero *Pereskia* são árvores e arbustos de folhas largas. Eles são claramente membros da família dos cactos, devido à presença de areolas com espinhos, cálices florais com nós com folhas e numerosos segmentos de perianto (DAYRELL,1977).

Além disso, exibe flores alegres que atraem muitas abelhas, o que por sua vez as recomenda como produtoras de mel. O teor de proteína das folhas foi relatado como alto quando comparado com outros vegetais, como milho comum (7–10% p/p) ou feijão (18–20% p/p) (DAYRELL,1977).

Os níveis de aminoácidos essenciais, exceto metionina, foram encontrados acima da quantidade mínima recomendada pela FAO como necessária para consumo humano adulto e também apresentaram um excelente perfil de aminoácidos, a lisina constitui 5–6% p/p do conteúdo total de proteína e, considerando sua essencialidade na nutrição animal e limitação no grão de cereal, essa proteína poderia complementar alimentos à base de cereais com deficiência de lisina. Esta planta é caracterizada pelo desenvolvimento indígena e não sazonal. Muitas pessoas consomem as folhas verde-escuras da OPN como um vegetal em áreas subdesenvolvidas (DAYRELL,1977)

Suas folhas são uma ótima fonte de proteínas e também apresenta importantes teores de minerais, fibras alimentares, vitaminas A e C, além de ácido fólico e carboidratos e minerais (cálcio, magnésio, manganês e zinco (SILVA *et al.*, 2019).

Devido ao alto teor proteico, e sua versatilidade para ser utilizada em diversas preparações alimentícias (Takeiti, Antonio, Motta, Collares-Queiroz, & Park, 2009).

• **Características nutricionais das folhas de *Pereskia aculeata Miller***

Os carboidratos representam aproximadamente um terço da matéria seca das folhas de *Pereskia aculeata Miller*. Eles estão presentes como polissacarídeos estruturais e altamente ramificados formados por galactopiranose, arabinofuranose, arabinopiranose, ramnopiranose, ácido urônico e fucose, esses polissacarídeos complexos são conhecidos como mucilagem (não tóxicos) e podem ser usados como hidrocolóides no processamento de alimentos devido à sua alta capacidade de absorção de água(LIMA JÚNIOR *et al.*, 2013).

As folhas possuem têm um alto teor de arabinogalactana, caracterizada como um biopolímero composto principalmente por uma estrutura principal de β -D-galactopiranose com ramificações de galactose, arabinose, ramnose e ácido galacturônico(NOGUEIRA *et al.*, 2023.).

• Propriedades bioativas das folhas de OPN

P. aculeata também é popularmente usado para fins farmacológicos na medicina popular brasileira, o que é atribuído às suas propriedades metabólicas, anti-inflamatórias, antioxidantes e antimicrobianas, entre outras (DA SILVEIRA AGOSTINI-COSTA, 2021).

Uma das principais alegações populares das folhas de *P. aculeata* diz respeito às suas propriedades antioxidantes. Na verdade, as folhas de OPN contêm altas concentrações de várias classes de antioxidantes, incluindo carotenoides (α e β -caroteno, luteína, zeaxantina e violaxantina) (AGOSTINI-COSTA, 2014).

Os compostos fenólicos como derivados de ácido cafeico, chicórico e cumárico, flavonoides (quercetina, kaempferol e derivados de glicosídeo de isorhamnetina) e terpenoides (fitol, γ -tocoferol, vitamina E, esqualeno e lupeol) , entre outros. Em geral, os procedimentos de extração de moléculas antioxidantes das folhas de OPN são obtidos misturando-as com solventes orgânicos, como etanol, acetona, metanol e hexano. Entretanto, também é possível melhorar a extração antioxidante usando tecnologia de fluido supercrítico com CO₂ (Cruz et al .,2021).

• Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos interagem com a membrana celular, aumentando o interesse em analisar bioatividades em células isoladas, incluindo hemácias humanas e células tumorais .Alterações na forma e função dos eritrócitos são potenciais causas de anemia , doença que em 2005 afetou quase 25% da população do planeta. As folhas de *Pereskia aculeata Miller* apresentam hordenina , di- terc -butilfenol, petunidina, quercetina , ácido cis -cafeico, ácido trans -cafeico, ácido cafeico , rutina , isorhamnetina , kaempferol e alguns derivados glicosilados desses compostos (GARCIA et al ., 2019)

Daí a importância de maximizar a extração da classe supracitada de substâncias antioxidantes ter aumentado recentemente. Relatos denotam que misturas de solventes são mais eficientes na extração desses compostos do que solventes puros .Dado seu alto valor nutricional e atividade antioxidante, as folhas de *Pereskia aculeata Miller* têm grande potencial como ingrediente alimentar. Fontes naturais de compostos antioxidantes são uma alternativa viável aos aditivos sintéticos, oferecendo vantagens como baixa toxicidade e alta biodisponibilidade. Ácidos fenólicos e flavonoides são antioxidantes bem conhecidos encontrados em altas concentrações nas suas folhas (Garcia et al ., 2019).

3 I MATERIAIS E MÉTODOS

As folhas de *Pereskia aculeata Miller* (cerca de 1 kg) foram coletadas e obtidas em uma chácara na região de São João do Ivaí - P.R, Brasil em julho de 2024, em seguida transportadas ao laboratório de Química do Departamento de Química da Universidade

Estadual de Maringá.

As folhas previamente selecionadas e foram sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio 5% (v:v) e enxaguadas em água corrente.

Após foram submetidas a secagem em estufa com circulação de ar à 55 °C, moídas e peneiradas a 60 mesh. O pó resultante foi mantido acondicionado ao abrigo da luz, sob temperatura ambiente, após foram direcionadas as análises de compostos fenólicos.

Os extratos para ambas as determinações foram obtidos por meio da medida de massa em balança analítica de 2 g de folhas frescas trituradas em 20 mL de etanol, água pura.

Os compostos fenólicos totais foram determinados utilizando o reagente Folin Ciocateau de acordo com Swain e Hills (1959), utilizando-se ácido gálico como padrão.

Todas as análises foram realizadas em triplicata, e os resultados obtidos foram expressos em média e desvio-padrão para a comparação das médias aritméticas.

Empregaram-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey.,realizado através do software SISVAR.

Adotou-se o nível de significância de 5% de probabilidade ($p<0,05$).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teor de compostos fenólicos *Pereskia aculeata Miller* estão dispostos na tabela 1.

Compostos Fenólicos	
Amostras	µg EAG/ mg amostra
1	295,08 ^b
2	681,44 ^a
3	605,08 ^a

Letras iguais na coluna indicam que não há diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 1 – Teores de compostos fenólicos.

Fonte: Os autores

Através das análises realizadas, pode-se verificar com os dados obtidos e com a aplicação do teste Tukey que a segunda e a terceira amostra apresentaram a maior quantidade de compostos fenólicos, expressos em termos de µg EAG/ mg amostra, sem apresentar diferenças significativas pelo teste de Tukey. Entretanto, a primeira condição foi a que apresentou menor quantidade de compostos fenólicos em sua composição.

Tendo em vista dos resultados obtidos , considerando que os resultados apresentam boa quantidade de compostos fenólicos em relação a quantidade adquirida na análise realizada e em comparação com outros trabalhos de análises de compostos fenólicos com *Pereskia aculeata Miller*, este estudo apresentou maior quantidade de compostos

fenólicos que Torres et al., 2022, com resultados nas suas análises com valores variando de 78,25 a 129,11 mg EAG .g e também foram maiores do que os encontrados por Sim et al., 2010 com resultados de 19,08–45,99 mg GAE .g $^{-1}$, e semelhante ao resultado de Hassanbaglou et al., 2012 com 109,43 mg EAG .g e os resultados de 108,2–139,4 mg GAE .g $^{-1}$ (CARVALHO et al., 2014).

5 | CONCLUSÃO

Os compostos fenólicos presentes em *Pereskia aculeata Miller*, destacam-se como elementos de grande relevância bioativa, com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e aplicações potenciais em diversas áreas. A riqueza em fenóis, como flavonoides e ácidos fenólicos, confere a esta planta não apenas benefícios nutricionais, mas também oportunidades de uso em setores como a indústria alimentícia e farmacêutica, contribuindo para a saúde humana e a preservação ambiental.

Nesse estudo pode -se concluir que com os resultados obtidos a planta possui grande quantidade de compostos fenólicos, isso permite dizer que são muito relevante , contudo, há espaço para realização de novas pesquisas científicas e suas aplicações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Ao Laboratório de Química do departamento de química- UEM.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI-COSTA, TS; PÊSSOA, GKA; SILVA, DB; GOMES, IS; SILVA, JP Composição de carotenoides de bagas e folhas de uma cactácea — *Pereskia* sp. *J. Funct. Foods* 11 , 178–184.2014).

Carvalho, E.G., Soares, C.P., Blau, L., Menegon, R.F., Joaquim, W.M., 2014. Wound healing properties and mucilage content of *Pereskia aculeata* from diferente substrates. *Brazilian J. Pharmacogn.* 24, 677–682.

CRUZ, Thiago Mendanha et al. Otimização da extração de compostos bioativos de folhas de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata Miller*) e suas atividades antioxidante e anti-hemolítica in vitro. *Química de alimentos* , v. 361, p. 130078, 2021.

Cruz, TM; Santos, JS; do Carmo, MAV; Hellström, J.; Pihlava, JM; Azevedo, L.; Granato, D.; Marques, MB Otimização da extração de compostos bioativos das folhas de Ora-pro-Nobis (*Pereskia aculeata Miller*) e suas atividades antioxidante e anti-hemolítica in vitro. *Food Chem.* 2021 , 361 , 130078.

DA SILVA PORTO, Fabiane Grecco et al. *Pereskia aculeata* leaves: properties and potentialities for the development of new products. *Natural Product Research*, v. 36, n. 18, p. 4821-4832, 2021.

DAYRELL MS, VIEIRA EC. Leaf protein concentrate of the cactacea, *Pereskia aculeata* Mill. I. Extraction and composition. *Nutr Rep Int* 1977; 15: 529–537

DA SILVEIRA AGOSTINI-COSTA, T. Compostos bioativos e benefícios para a saúde de Pereskioideae e Cactoideae: uma revisão. *Food Chem* , 327 , 126961,2020.

GARCIA, Jéssica AA et al. Perfil fitoquímico e atividades biológicas das folhas de 'Ora-pro-nobis' (*Pereskia aculeata* Miller), um superalimento pouco explorado da Mata Atlântica brasileira. *Food chemistry* , v. 294, p. 302-308, 2019.

HOFF, Rodrigo et al. Perfil de compostos fenólicos e principais parâmetros de nutrientes de duas plantas comestíveis não convencionais subestimadas: frutos de *Pereskia aculeata* Mill.(ora-pro-nóbis) e *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke (tarumã). *Food Research International* , v. 162, p. 112042, 2022.

Hassanbaglou, B., Hamid, A.A., Roheeyati, A.M., Saleh, N.M., Abdulamir, A., Khatib, A., Sabu, M.C., 2012. Antioxidant activity of different extracts from leaves of *Pereskia bleo*. *Cactaceae* 6, 2932–2937.

LEUENBERGER, Beat Ernst. *Preskia (Cactaceae)*. Mem. New York Bot. Gard., v. 41, p. 1-141, 1986.

LIMA JÚNIOR, FA; CONCEIÇÃO, MC; VILELA DE RESENDE, J.; JUNQUEIRA, LA; PEREIRA, CG; TORRES PRADO, ME Metodologia de Superfície de Resposta para Otimização do Processo de Extração de Mucilagem de *Pereskia aculeata* Miller. *Hidrocolagem Alimentar*. 2013

NOGUEIRA SILVA, Naaman Francisco et al. *Pereskia aculeata* Miller as a novel food source: a review. *Foods*, v. 12, n. 11, p. 2092, 2023.

SILVA, Dayane Lilian Gallani et al. Avaliação das condições de secagem ao ar quente de folhas de ora-pro-nóbis: Efeitos sobre compostos bioativos e propriedades do pó. *Alimentação e Humanidade* , v. 3, p. 100359, 2024.

SILVA, Sérgio Henrique et al. Processos de extração e caracterização da mucilagem obtida de frutos verdes de *Pereskia aculeata* Miller. *Culturas e produtos industriais* , v. 140, p. 111716, 2019.

SIM, K. S.; SRI NURESTRI, A. M.; NORHANOM, A. W. Phenolic content and antioxidant activity of crude and fractionated extracts of *Pereskia bleo* (Kunth) DC.(Cactaceae). *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, v. 4, n. 5,

SWAIN T, HILLS WE. The phenolic constituents of *Punnus doméstica*. I-quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric.* 1959; 10(1): 63-8.p. 193-201, 2010.

TAKEITI, Cristina Y. et al. Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 60, n. sup1, p. 148-160, 2009.

TORRES, Talyta Mayara Silva et al. Compostos fenólicos recuperados de folhas de ora-pro-nóbis por extração assistida por micro-ondas. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* , v. 39, p. 102238, 2022.

CAPÍTULO 5

PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSAMENTO DE PRODUTOS PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Data de submissão: 09/10/2024

Data de aceite: 02/12/2024

Luiz Henrique de Souza

Doutor em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Minas Gerais –
UFMG

Montes Claros - MG, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-3939-4871>

Victor Lucas Fernandes

Mestre em Modelagem Computacional e
Sistemas
Universidade Federal de Minas Gerais –
UFMG

Montes Claros - MG, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-2623-7087>

como os padrões de qualidade do mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Produção animal.
Implementos. Grãos. Trilhadoras.

1 | INTRODUÇÃO

A produção de ração animal é uma fase essencial na cadeia de suprimentos alimentares, necessitando de eficiência e qualidade para assegurar a saúde e o desenvolvimento dos animais. Diversos equipamentos são empregados nesse processo, cada um com uma função específica que visa otimizar a produção. Neste trabalho, vamos explorar os principais equipamentos utilizados no processamento de produtos para a alimentação animal e suas respectivas funções.

1.1 Trilhadoras de grãos

A trilha de grãos refere-se ao processo de remoção da casca, palha ou envoltório de grãos como trigo, arroz, feijão e soja. A trilhagem é importante para

RESUMO: O processamento de alimentos para a produção animal requer uma variedade de equipamentos que quando usados de maneira adequada podem garantir a qualidade e eficiência. A produção de ração animal é uma fase essencial na cadeia de suprimentos alimentares, necessitando de eficiência e qualidade para assegurar a saúde e o desenvolvimento dos animais. A escolha do correto equipamento depende do tipo de alimentação a ser produzida. Estes equipamentos são fundamentais para garantir que o alimento produzido atenda às exigências nutricionais dos animais, bem

garantir a qualidade dos grãos, removendo impurezas, facilitando o consumo, reduzindo o acúmulo de água (o que contribui para evitar a deterioração do produto) e diminuindo o peso e o volume para transporte e armazenamento.

Os métodos de trilhagem podem ser realizados de forma mecânica, por meio de pilões ou pisoteio. Nos métodos mecânicos, são utilizadas máquinas acionadas por motores elétricos ou a combustão. O pilão, por sua vez, é utilizado em pequenas propriedades, consistindo em um recipiente que contém o material a ser trilhado, geralmente de madeira ou pedra, e um socador. O pisoteamento é uma técnica antiga em que o material é espalhado sobre o solo e pisoteado por pessoas ou animais, separando os grãos das cascas.

O método mecânico, utilizado por trilhadoras, envolve equipamentos dotados de cilindros, discos, correntes, correias e engrenagens que, em conjunto, removem as cascas dos grãos. Os grãos podem ser separados das cascas por cilindros que giram em altas velocidades, como é o caso das trilhadoras estacionárias. Essas trilhadoras podem ser acionadas por tratores ou motores elétricos ou a combustão.

As trilhadoras variam em tamanho, capacidade de processamento, tecnologia e forma de acionamento. A utilização de trilhadoras permite realizar o processo de separação em grandes quantidades em um curto período. A escolha da trilhadora envolve o tipo de grão, a capacidade de produção, o custo, a mão de obra, a manutenção e a eficiência energética.

Uma das partes de uma trilhadora é o mecanismo de alimentação, que pode ser abastecido de forma manual (no caso das trilhadoras estacionárias) ou automaticamente (no caso de recolhedoras trilhadoras utilizadas para feijão). O segundo mecanismo é o de trilha, composto por um cilindro que gira, envolvido por um côncavo.

A rotação do cilindro e a distância em relação ao côncavo dependem do tipo de cultura, como o tamanho e a sensibilidade dos grãos. O mecanismo de separação, formado pelo despalhador, localizado logo após o cilindro, impulsionando a palha para o saca-palhas que é uma bandeja inclinada com diversas aberturas, tendo movimento de vaivém, servindo para separar o restante dos grãos que permanecem nas palhas (SILVEIRA, 1997).

Já o mecanismo de limpeza é composto por um jogo de peneiras inclinada com movimentos oscilantes. Em modelos existe um ventilador que auxilia no processo.

Na Figura 01 podemos observar uma trilhadora estacionária acionada por um trator.



Figura 01 - Trilhadora estacionária

Fonte: Industrias Colombo, 2024

Estas máquinas trilham, limpam, ensacam arroz, feijão, soja e milho. São compostas por cilindros de trilha, peneiras, turbinas.

Possuem potência de acionamento em torno de 50 cv. Durante o processamento são acopladas aos braços do sistema de 3 pontos do trator. A TDP do trator gira o cardã da máquina a 540 rpm gerando uma rotação de 880 rpm no cilindro (deste modelo). O diâmetro do cilindro é de 400 mm e a rotação da turbina de succão de 1675 rpm.

Na Figura 2 podemos observar o interior de uma trilhadora estacionária acionada pelo trator com o cilindro de trilha e o côncavo.



Figura 2- Interior de uma Trilhadora estacionária

Fonte: Autor próprio (2024)

1.2 Desintegradores

O processo de desintegração dos grãos consiste em triturar ou moer os produtos para diversas aplicações como na alimentação animal, produção de alimentos, bebidas e processos industriais.

A desintegração facilita o aproveitamento do alimento evitando que este passe diretamente pelo aparelho digestivo, expondo os alimentos nutritivos para serem atacados pelos sucos digestivos do estômago e facilita a mastigação (SILVEIRA, 1997). Além disso aumenta a eficiência em processos industriais como a produção de etanol ou outros biocombustíveis.

Existem diferentes tipos de desintegradores, cada um projetado para atender a necessidades específicas. Aqui estão os principais tipos:

Desintegrador de martelo: O desintegrador/Moedor de martelos é o equipamento utilizado para realizar o processo de desintegração do grão. Pode ser utilizado na fabricação de ração animal, produção de farinhas, processos industriais, cervejarias, entre outros.

Estes são compostos por um rotor, onde é preso um conjunto de martelos, que gira dentro de uma câmara fechada. Os grãos são triturados pelos martelos contra um jogo de peneiras tornando-se finos o suficiente para passar por entre os furos das peneiras. O material triturado é então classificado conforme a granulometria do jogo de peneiras que vem junto com o equipamento.

Possuem como vantagens o trabalho com variados tamanhos de partículas, grandes variedades de grãos, baixo custo inicial, baixo custo de manutenção, fácil operação. Como desvantagens, a baixa eficiência energética quando comparado com moinho de rolos e alta poluição sonora.

Desintegrador de rolo (Cilindros): Possuem cilindros que giram em direções opostas na horizontal triturando os grãos pela compressão destes com os rolos ou cilindros. Possuem como vantagens boa eficiência energética, menor nível ruído. Como desvantagem podem apresentar maior custo inicial e de manutenção.

Desintegrador/Picador/Moedor: Permitem a moagem de grãos e picagem de material verde. Possuem um jogo de martelos e um jogo de facas responsáveis pelo corte do material verde presas em um disco.

Os grãos são introduzidos por uma moega na parte superior da máquina e o material verde por uma bica na lateral.

Podem ser acionados por motores elétricos, a gasolina ou a diesel nas potências de 4 a 15 cv nas rotações de 3300 a 4100 rom conforme o modelo e a capacidade de cada máquina.

Na figura 3 podemos observar um sistema de corte de um desintegrador.



Figura 3- sistema de corte de um desintegrador

Fonte: Autor próprio (2024)

1.3 Ensiladoras

As ensiladoras ou picadoras são máquinas alimentadas manualmente através de uma bica acoplada no corpo da máquina. Utiliza-se nos procedimentos de ensilagem que é o processo de conservação da forragem que se encontra em estado fresco aplicando um processo de fermentação anaeróbica, com ausência de oxigênio, utilizada para alimentar o gado no período de seca, onde a pastagem se torna escassa.

A ensilagem envolve as etapas de corte da planta (capim, milho, sorgo, entre outras), picagem para facilitar o processo de compactação e fermentação, compactação em um silo para remover o ar, fechamento e vedação e fermentação.

Existem diversos sistemas de alimentador automático: roletes reguláveis, um dentado e um liso, que pressionam e puxam a carga para dentro da máquina, dois rolos alimentadores, cilíndricos, acionados por uma caixa e redução e comandados por engrenagens; dois rolos superiores dentados, um liso auxiliar, além de dois rolos na correia alimentadora (SILVEIRA, 1997).

As ensiladoras cortam o material em partículas por intermédio de um conjunto de facas girantes contra uma contrafaca.

Os tamanhos das partículas são controlados através da rotação das facas presas ao rotor e controladas através da variação do jogo de polias e correias ou por engrenagens (em alguns modelos).

O acionamento é feito por motores estacionários, elétricos ou a combustão, sendo alguns modelos acionados pela TDP dos tratores.

Pela figura 4 abaixo podemos observar uma ensiladora estacionária com sistema de engrenagens com um rotor de 3 facas disponível com acionamento por motor elétrico,

motor diesel, motor gasolina ou pela TDP do trator.



Figura 4 – Ensiladora estacionária

Fonte: Nogueira (2024)

Dependendo da série, estas máquinas podem produzir de 1500 a 11500 kg/h com uma potência de 5 a 13 cv dependendo do tipo do motor.

Os modelos acionados pela TDP do trator demandam uma potência do trator próxima de 35 cv.

Nas figuras 5 e 6 abaixo, observa-se o rolo puxador e um conjunto de facas e contra facas de uma ensiladora.



Figura 5- Rolo puxador

Fonte: Autor próprio (2024)



Figura 6- Facas e contra facas

Fonte: Autor próprio (2024)

1.4 Colhedoras de Forragem

As colhedoras de forragem são equipamentos fundamentais na agricultura, especialmente na produção de silagem e forragem para alimentação animal. Elas são projetadas para colher, picar e, em alguns casos, ensilar forragens como milho, sorgo, capins e outras plantas forrageiras. São responsáveis por colher e processar o milho, sorgo e cana. Quando acopladas em um trator são acionadas pela TDP do trator.

Em colhedoras de disco vertical o produto é alimentado por intermédio de dois rolos que giram em sentido contrário (puxando o produto para dentro da máquina). O produto é picado por um conjunto de facas presas em um disco vertical, sendo o material picado impulsionado por uma espécie de ventilador fazendo-o passar por um tubo de descarga saindo por uma bica em direção à carreta.

A colhedora é acionada pela TDP do trator e em seu interior por um eixo cardã ou conjunto polias correias.

Na figura 7 e 8 abaixo podemos verificar um rolo puxador e um conjunto de facas de uma colhedora de forragem.



Figura 7 – Rolo puxador de uma colhedora de forragem

Fonte: Autor próprio (2024)



Figura 8 – Conjunto de facas de uma colhedora de forragem

Fonte: Autor próprio (2024)

2 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processamento de produtos para a alimentação animal é uma etapa essencial na cadeia produtiva, e a escolha adequada dos equipamentos utilizados tem um impacto significativo na qualidade da ração, na eficiência produtiva e na saúde dos animais.

Ao longo deste trabalho, foram abordados os principais equipamentos, incluindo trilhadoras de grãos, desintegradores, ensiladoras e colhedoras de forragem, destacando

suas funções e contribuições para o processo.

Em suma, os principais equipamentos para o processamento de produtos na alimentação animal desempenham um papel vital na produtividade e qualidade do setor. À medida que a indústria avança, a integração de novas tecnologias e práticas sustentáveis se tornará cada vez mais importante. Para os produtores, a escolha consciente e informada dos equipamentos, aliada a uma gestão eficiente, será crucial para o sucesso a longo prazo na produção de alimentos para animais.

REFERÊNCIAS

INDUSTRIA COLOMBO. Trilhadora de grãos. Disponível em: <<https://industriascolombo.com.br/td-max-trilhadora-de-graos>>

NOGUEIRA. Ensiladora. Disponível em: <https://nogueira.com.br/produto.php?produto=30&serie_6000>

SILVEIRA, G. M. Máquinas para a pecuária. São Paulo: Nobel, 1997.

JESSICA MANSUR SIQUEIRA CRUSOÉ - Zootecnista pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre e Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Atua como professora substituta da Universidade Federal de Viçosa (UFV- Campus Florestal). Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Nutrição e Alimentação Animal, atuando principalmente nos seguintes temas: Produção e nutrição de aves e suínos, bioclimatologia, avicultura com foco em avicultura de postura, produção de ovos em sistemas caipiras, nutrição e alimentação de poedeiras, desenvolvimento sustentável da avicultura familiar.

LEONARDO FRANÇA DA SILVA - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG). Engenheiro Segurança do Trabalho, especialista em Engenharia de Produção. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Doutor em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa. Pós Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade da Grande Dourados. Atua como membro como membro colaborador dos grupos de pesquisa vinculado ao CNPq: Núcleo em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO- UFV, Ergonomia e segurança industrial, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Segurança e Saúde do Trabalho, Ergonomia Florestal - LABOERGO - UFV . Atuou como Professor Substituto de Magistério Superior na Universidade Federal de Viçosa, campus Florestal, lecionando as disciplinas de Desenho Técnico e Construções Rurais. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenho técnico e Assistido por computador, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia, Desenvolvimento rural, Energia renováveis na agricultura.

JOSIANE ROSA SILVA DE OLIVEIRA - Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa - UFV, mestrado e doutorado em Engenharia Agrícola - Recursos Hídricos e Ambientais pela UFV. Membro do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. Tem experiência na área de planejamento e gestão de recursos hídricos e ambientais e manejo de bacias hidrográficas, com ênfase em estudos hidrológicos e conservação de solo e água. Atualmente é professora da Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal.

A

Água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 32, 34, 38, 46

C

Compostos fenólicos 30, 31, 33, 34, 35, 36

Cruzamento 16, 17, 18, 19

D

Diâmetro 16, 17, 18, 19, 39

Distribuição 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 12, 14

F

Fall armyworm 21, 28

Feeding stimulant 21, 23, 24, 25, 27, 28, 29

G

Grãos 12, 13, 20, 37, 38, 40, 44, 45

I

Implementos 37

Insecticidal activity 21, 22, 27

Interpolação 2, 7, 9, 10, 11, 12, 14

Irrigação 1, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20

N

Não convencional 31

NDVI 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14

O

oBrix 16, 17, 18, 19

Ora pro nobis 31

P

Palatability 21, 22, 26

Pereskia aculeata Miller 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36

Planta alimentícia 31

Produção animal 37

ÍNDICE REMISSIVO

S

Sacharum sp. 17

T

Toxic activity 21, 22, 24, 27

Trilhadoras 37, 38, 44

O FUTURO DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INOVAÇÕES E DESAFIOS 5

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉️ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- FACEBOOK www.facebook.com/atenaeditora.com.br

O FUTURO DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INOVAÇÕES E DESAFIOS 5

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉️ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- FACEBOOK www.facebook.com/atenaeditora.com.br