

BIOSSISTEMAS E INOVAÇÃO

**Edna Maria Bonfim-Silva
Annaiza Braga Bignardi
Salomão Lima Guimarães
Jepherson Correia Sales
Carlos Henrique Beuter
Alessana Franciele Schlichting**



Edna Maria Bonfim-Silva
Annaiza Braga Bignardi
Salomão Lima Guimarães
Jepherson Correia Sales
Carlos Henrique Beuter
Alessana Franciele Schlichting
(Organizadores)

Biossistemas e Inovação





Ministério da Educação
Universidade Federal de Rondonópolis

Reitora

Analy Castilho Polizel de Souza

Vice-Reitor

Renato Nataniel Wasques

Diretora de Biblioteca e Editora Universitária

Renata Bezerra Valeriano

Gerente de Editora Universitária

Mateus Rebouças Nascimento

Supervisão Técnica

Carlos Henrique Beuter

Conselho Editorial (membros titulares)



Mateus Rebouças Nascimento (Presidente)

Aires José Pereira

Danilo de Oliveira Nascimento

Debora Aparecida da Silva Santos

Everaldo Lima de Araujo

Francisco de Salles Almeida Mafra Filho

Luis Otavio Bau Macedo

Luciano Carneiro Alves

Mauricio Alves

Rodrigues Pugas

Monica do Amparo Silva

Viviane Cassol Marques

Biosistemas e Inovação

Rondonópolis
2025



Copyright © Edna Maria Bonfim-Silva, Salomão Lima Guimarães, Annaiza Braga Bignardi, Jepherson Correia Sales, Carlos Henrique Beuter, 2025.

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte. A reprodução não autorizada desta publicação, por qualquer meio, seja total ou parcial, constitui violação da Lei nº9.610/98.

A EdUFR segue o acordo ortográfico da língua portuguesa de 1990, em vigor no Brasil, desde 2009.

A aceitação das alterações textuais e de normalização bibliográfica sugeridas pelo revisor é uma decisão do autor/organizador.

Dados internacionais de Catalogação na Fonte

B616 Biossistemas e inovação [recurso eletrônico] / Edna Maria Bonfim-Silva ... [et al.] (organizadores). – Dados eletrônicos (1 arquivo : 109 p., il. color., pdf). – Rondonópolis: EdUFR, 2025.

ISBN 978-65-85162-44-9

1. Engenharia de biossistemas. 2. Agricultura sustentável.
3. Gestão ambiental. I. Bonfim-Silva, Edna Maria. II. Título.

CDU 631.6

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Renata Valeriano - CRB1/2368.



Editora da Universidade Federal de Rondonópolis Av.
dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária
Rondonópolis, MT - CEP: 78.736-900
Contato: editora@ufr.edu.br
Fone: (66) 3410-4127
www.ufr.edu.br/editora

Realização

Universidade Federal de Rondonópolis
Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa

Comissão Organizadora

Pró-Reitora de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa

Edna Maria Bonfim-Silva
propgp@ufr.edu.br

Diretor de Pesquisa

Salomão Lima Guimarães

Diretora de Ensino de Pós-Graduação

Annaiza Braga Bignardi

Gerência de Convênios, Planejamento e Infraestrutura em Pesquisa

Jepherson Correia Sales

Gerência de Iniciação Científica e Tecnológica

Carlos Henrique Beuter

Gerência de Apoio Administrativo

Regina Amaral Silva

Assistente de Gabinete

Josimara Aparecida Magnani

Apoio

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
UFR - Universidade Federal de Rondonópolis
Fundação Uniselva

Comissão Científica

Alessana Franciele Schlichting

Carlos Henrique Beuter

Denise Rocha Ayres

Helen Fernanda Barros Gomes

Jepherson Correia Sales

Maria Aparecida Peres de Oliveira

Salomão Lima Guimarães



APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que a Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa (PROPGP) da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR) apresenta a obra “Biossistemas e Inovação”, resultado da aprovação no Edital 22/2024 da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) para auxílio a Programa de Apoio a Eventos no País - PAEP (Processo nº 88887.0112782/2024-00).

Esta publicação reafirma o compromisso institucional da UFR em se consolidar como centro de excelência na divulgação das atividades de pesquisa científica, tecnológica e de inovação, na interação com a sociedade, além de ampliar a visibilidade da pesquisa institucional, que são metas estabelecidas pela Política Institucional de Pesquisa (Resolução CONSEPE/UFR nº 67/2024).

O e-book Biossistemas e Inovação reuniu 24 (vinte e quatro) capítulos de livros de caráter científico, tecnológico e aplicado, proporcionando um espaço de integração entre pesquisadores, estudantes e profissionais voltados à busca de soluções na área de Engenharia de Biossistemas com soluções sustentáveis para o bioma Cerrado. Essa ação reforça o compromisso da UFR em promover a popularização da pesquisa e o diálogo entre ciência, tecnologia e a sociedade.

As pesquisas apresentadas nesta obra abrangem temáticas relacionadas à conservação do solo e da água, inovação em biossistemas agrícolas, gestão ambiental, monitoramento territorial, e aplicações de novas tecnologias na agricultura sustentável. Esses estudos contribuem diretamente para o avanço do conhecimento científico e para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, especialmente nas áreas de produção responsável, inovação, ação climática e vida terrestre.

A publicação científica marca um passo importante na consolidação da Universidade Federal de Rondonópolis como polo regional de difusão científica e tecnológica, estimulando a formação de redes colaborativas e o fortalecimento da pesquisa aplicada ao desenvolvimento sustentável.

Prof. Dra. Edna Maria Bonfim-Silva
Pró-reitora de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa
Universidade Federal de Rondonópolis

Sumário

Seção 1 - Inovação em Biosistemas Agrícolas 13

Capítulo 01

ESTUDO E ELABORAÇÃO DE BIODIGESTOR PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS COMO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO 14

Ruan Xavier Santos, Ricardo Eugenio Bazan

Capítulo 02

AVALIAÇÃO FENOTÍPICA DO ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS HOLANDESA E GIR UTILIZANDO DADOS DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E DA PLATAFORMA NASA POWER 18

Magno Pereira das Neves, Annaiza Braga Bignardi, Amanda Beatriz Silva Souza, Claudio Napolis Costa, Mário Luiz Santana

Capítulo 03

VISÃO COMPUTACIONAL E ALGORITMOS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS NA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES 22

Thiago Henrique da Cruz Salina, Leandro Pereira Pacheco

Capítulo 04

PROJEÇÕES DE TEMPERATURAS DO AR NO ESTADO DO ACRE. 26

Mariza Noberto da Silva, Jefferson Vieira José, Tonny José Araujo da Silva, Lucas da Costa Santos

Capítulo 05

SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO UTILIZANDO A PLATAFORMA DSSAT/CROPGRO- Cotton EM CULTIVO IRRIGADO E SEQUEIRO 30

Alisson Silva Costa Custódio, Tonny José Araújo da Silva, Edna Maria Bonfim-Silva, Sérgio Plens Andrade

Capítulo 06

CRESCIMENTO INICIAL DE PIMENTA DE CHEIRO EM FUNÇÃO DE ESPAÇAMENTO DE PLANTIO 34

Gabriel Pantoja Lima, Aquila Araújo Amaral, Erik Vinicius Pinto Pegoretti, Vinicius Rafael Carvalho Souto, Jailson Paiva Santos, Gabriel Oliveira dos Santos, Muana Montrêzz Freitas Silva, Shelda França das Neves, Leonardo Jackson Santos Souza, Adriano Bicioni Pacheco

Capítulo 07

OMISSÃO DE NITROGÊNIO NO ESTABELECIMENTO DE HÍBRIDOS DE BRAQUIÁRIA 37

Anna Cláudia Cardoso Paimel, Carlos Eduardo Avelino Cabral

Capítulo 08

ÍNDICE DE CLOROFILA EM SOJA (*Glycine max*) INOCULADA COM *Rhizobium tropici*..... 41

Éder Henrique Nepomuceno Franco, Salomão Lima Guimarães

Capítulo 09

POTENCIALIDADES E DESAFIOS DOS VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) NA AGRICULTURA: EFICIÊNCIA, MONITORAMENTO E SUSTENTABILIDADE SOB REVISÃO..... 45

Maria Aparecida Peres-Oliveira, Daniely Vitória Bastos Ramos

Seção 2 – Manejo e Conservação da Água e do Solo 49

Capítulo 10

DESENVOLVIMENTO INICIAL DO RABANETE SOB NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NO SOLO 50

Letícia Alves dos Reis, Marcio Koetz, Alécia Gabriélly Fermiano Rezende, Ryan Souza Torres

Capítulo 11

PRODUTIVIDADE DA RÚCULA SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO 54

Alécia Gabriélly Fermiano Rezende, Marcio Koetz, Letícia Alves dos Reis, Ryan Souza Torres

Capítulo 12

PRODUÇÃO DE RABANETE SOB NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO EM CASA DE VEGETAÇÃO 57

Ryan Souza Torres, Marcio Koetz, Letícia Alves dos Reis, Alécia Gabriélly Fermiano Rezende

Capítulo 13

APLICAÇÃO DO ÍNDICE COMPOSTO DE QUALIDADE AMBIENTAL (ICQA) NO ENTORNO DO PARQUE ESTADUAL DOM OSÓRIO STOFFEL (MT)..... 61

Amanda Freitas Silva Garcia, Normandes Matos da Silva

Capítulo 14

ÂNGULO FOLIAR DO CAPIM-PAIAGUÁS SUBMETIDO A COMPACTAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO COM CINZA VEGETAL 65

Rosana Andreia da Silva Rocha, Tonny José Araújo da Silva, Edna Maria Bonfim-Silva, Niclene Ponce Rodrigues de Oliveira, Alisson Silva Costa Custódio, Bruna Elusa Kroth

Capítulo 15

ADUBAÇÃO COM CINZA DE BIOMASSA E RECOMENDAÇÕES DE CALAGEM NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE LATOSSOLO VERMELHO 70

Niclene Ponce Rodrigues de Oliveira, Edna Maria Bonfim-Silva, Tonny José Araújo da Silva, Rosana Andréia da Silva Rocha, Luana Aparecida Menegaz Meneghetti, Alisson Silva Costa Custódio

Capítulo 16

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO DESENVOLVIMENTO DO CAPIM- MOMBACA (*PANICUM MAXIMUM* JACQ.) 74

Rafael de Almeida Resende Jorcelino, Riandra Tenório do Carmo, Valéria Lima da Silva, Rafael Ferreira Batista, Adão Wagner Pêgo Evangelista, Jholian Maicon Ribeiro-Santos

Capítulo 17

pH E CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO NO SOLO SOB APLICAÇÃO DE CINZA DE BIOMASSA VEGETAL 78

Letícia Melo Silva Marques, Edna Maria Bonfim-Silva, Tonny José Araújo da Silva, Luana Aparecida Menegaz Meneghetti

Capítulo 18

TEORES DE BORO E COBRE DO SOLO CULTIVADO COM CRISÂNTEMO SOB DIFERENTES ADUBAÇÕES E CALAGEM 82

Luana Aparecida Menegaz Meneghetti, Edna Maria Bonfim-Silva, Tonny José Araújo da Silva, Ivis Andrei Campos e Silva, Niclene Ponce Rodrigues de Oliveira, Alessana Franciele Schlichting

Capítulo 19

DISPONIBILIDADE DE FERRO E MANGANÊS NO SOLO EM FUNÇÃO DE PRÁTICAS DE ADUBAÇÃO E

CALAGEM NO CULTIVO DE CRISÂNTEMO.....	86
---------------------------------------	----

Luana Aparecida Menegaz Meneghetti, Edna Maria Bonfim-Silva, Tonny José Araújo da Silva, Ivis Andrei Campos e Silva, Niclene Ponce Rodrigues de Oliveira, Alisson Silva Costa Custódio

Capítulo 20

PRODUTIVIDADE DO <i>Arachis hypogaea</i> SOB INTERAÇÃO ENTRE DOSES DE CINZA VEGETAL E DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	90
--	----

Renata Vilalba Reis, Edna Maria Bonfim-Silva, Daniel Manfredini Aquino Campos, Tonny José Araújo da Silva, Victor H. Tavares do Espírito Santo, Daniel Douglas de Souza Alves

Capítulo 21

SIMULAÇÃO AGRO-HIDROLÓGICA DA PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO IRRIGADO NO CERRADO BRASILEIRO	94
--	----

Jéssica Marques Santos, Everton Alves Rodrigues Pinheiro, Tonny José Araújo da Silva

Capítulo 22

AVALIAÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO EM ALGODÃO COM IMAGENS DE DRONES, ÍNDICES ESPECTRAIS E K-MEANS	97
--	----

Andrea Beatriz Kroich Scheffer, Jepherson Correia Sales

Capítulo 23

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO EM MACROAMBIENTES DE TRANSIÇÃO NA REGIÃO DE COCALINHO-MT	101
--	-----

Leonardo Smolli Lima Júnior, Lorenzo Miguel Pavine Oliveira, Webert de Sá Alves Vasiluk, Anna Alice Lima Miguel, João Carlos de Sousa Maia

Capítulo 24

SIMULAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM LATOSSOLO VERMELHO UTILIZANDO O MODELO DE ARYA-PARIS	105
--	-----

Sâmia Rodrigues Barbosa, Thiago Franco Duarte

Seção 1 - Inovação em Biossistemas Agrícolas



Capítulo 01

ESTUDO E ELABORAÇÃO DE BIODIGESTOR PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS COMO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO

Eng. Mec. Ruan Xavier Santos – Universidade Federal de Rondonópolis – ruan.xavier@aluno.ufr.edu.br

Prof. Dr. Ricardo Eugenio Bazan – Universidade Federal de Rondonópolis – bazan.ricardo@ufr.edu.br

RESUMO

O trabalho aborda a produção de biogás a partir de resíduos orgânicos, com foco nas propriedades do metano, nos processos de biodigestão e na preparação do gás para uso energético. Analisa a renovabilidade e o impacto ambiental e destaca a aplicabilidade do biogás em diversos setores. Classifica e avalia biodigestores conforme parâmetros operacionais e apresenta a construção e funcionamento de um modelo de biodigestor.

Palavras-chave: Biogás, Metano, Digestão, Anaeróbico(a) e Metanogênico(a).

INTRODUÇÃO

Este trabalho analisa a produção de biogás como fonte renovável de energia, destaca as propriedades físicas e químicas do metano, principal componente, e os processos de biodigestão. O estudo considera a viabilidade técnica, econômica e ambiental do uso do biogás em setores como geração elétrica, centrais térmicas, uso doméstico e transporte, e ressalta seu papel na mitigação das mudanças climáticas. A pesquisa avalia também a renovabilidade do gás, a ciclagem de nutrientes e os impactos sociais, econômicos e ecológicos, de modo a reforçar sua importância para a sustentabilidade.

A metodologia envolve revisão bibliográfica, análises laboratoriais e a construção de um modelo de biodigestor de funcionamento misto, que utiliza excrementos bovinos e resíduos alimentares como substratos. Serão monitorados parâmetros como temperatura, composição da matéria-prima e eficiência de produção, além da impermeabilização, filtros químicos e manutenção do sistema. O estudo inclui ainda a produção do biofertilizante, como produto secundário do processo.

Como resultado, esperou-se demonstrar a viabilidade técnica e ambiental da produção de biogás e biofertilizante, bem como identificar fatores que influenciam sua eficiência. O trabalho contribui com o avanço do conhecimento técnico sobre biodigestores e fornece bases práticas para futuras implementações.

METODOLOGIA

A construção do biodigestor foi baseada no cenário de uma propriedade rural em Mato Grosso, região com grande produção de grãos e pecuária. O biodigestor tem função de tratar resíduos orgânicos, como esterco e restos agrícolas, gerar biogás e biofertilizante, e reduzir custos com energia e fertilizantes químicos.

O modelo utilizado foi baseado no biodigestor por batelada para pequenos volumes. O

sistema inclui filtragem de partículas sólidas, separação de condensado e absorção química para remoção de H_2S com palha de aço, dado que a oxidação do H_2S em contato com ferro e oxigênio gera sulfetos e enxofre elementar, intensificando a corrosão do material (ZHANG et al., 2017). Há um ponto de separação de subprodutos que permite armazenar o biofertilizante e realizar análises químicas de densidade, acidez e composição.

O esboço final incorporou essas modificações, destacando-se o funil móvel de alimentação, novo filtro de palha de aço com $Ca(OH)_2$, válvulas de controle, reator de biodigestão, região de descarga, filtro adicional para partículas e absorção química, e local de armazenagem do gás.

Os materiais utilizados incluíram uma bombona de 160 L, tubulação PVC de 50 mm, registros e acopladores, balde de 20 L, espigões de aço e latão, potes de vidro, ferramentas como serra, esmerilhadeira e solda, tintas, PU40, silicone, compressores e suportes metálicos reutilizados de sucata. Os critérios de seleção consideraram disponibilidade, praticidade e sustentabilidade. O modelo pronto é apresentado na figura 1.

Figura 1 – Biodigestor completamente montado e abastecido



Fonte: O Autor.

O processo de montagem envolveu furações e pintura da bombona e balde, instalação de acopladores de PVC, cortes e soldagem das tubulações de PVC e metais, com distâncias mínimas definidas e fabricação de suportes com sucata de aço inox para garantir estabilidade e durabilidade. A altura e posição de alimentação e descarga foram definidas em 600 mm e 350 mm, respectivamente, com nível de substrato ocupando 70% do tambor. Os filtros foram instalados com palha de aço vertical em suportes desmontáveis e filtro com $Ca(OH)_2$ em três estágios para purificação do biogás, removendo H_2S através da reação $Ca(OH)_2 + H_2S \rightarrow CaS + H_2O$. Manômetro e registro de gás foram instalados para controle de pressão, com vedação realizada com PU40. Foram realizados, também, teste de impermeabilidade do reator.

O experimento iniciou-se com a coleta de excrementos bovinos e resíduos alimentares, selecionados conforme pesquisa prévia e obtidos de maneira cuidadosa para garantir pureza e qualidade. As fezes foram coletadas em 13/07/2024 na propriedade Rondon Haras, conforme figura 2, em Rondonópolis, no total de 78,5 kg, com densidade média calculada em 1038,36 kg/m³. A dieta dos bovinos foi considerada para avaliar a composição orgânica. Resíduos alimentares foram coletados no restaurante universitário em 13/07/2024, com autorização formal, no total de 25,65 kg e densidade aproximada de 916,07 kg/m³, incluiu-se vegetais, arroz, proteínas e carboidratos, que contribuem para a biodigestão.

Figura 2 – Coleta de fezes bovinas



Fonte: O Autor.

A preparação do substrato envolveu a mistura das fezes com água e resíduos alimentares, de acordo com proporções baseadas em literatura (PORTES, 2005). A proporção da referência tratava esterco individualmente, neste trabalho esterco foi tratado como parte líquida e sólida (esterco), dado a mistura com alimentos para formação do substrato. A tabela 1 elucida os valores das substâncias.

Tabela 1 – Frações de massa e volume na composição inicial de substrato detalhada

	Volume [L]	Massa [kg]	Densidade [kg/m ³]	%VOLUME	%PESO
Alimento	28,0000	25,65	916,0714	23,01	21,06
Água Pura	30,7016	30,64	998,0000	25,23	25,16
Fluido	30,9708	32,25	960,3349	25,45	26,48
Esterco	32,0292	33,25	1038,11522	26,32	27,30

Fonte: O Autor.

O processo considerou a umidade das fezes e dos alimentos, o que resultou em uma densidade relativa alimento-fezes de 0,8822, com mistura manual para homogeneização. O biodigestor foi alimentado progressivamente, com adições de água e resíduos, e fechado com tampa e aro metálico, para completar o volume total de substrato.

O acompanhamento do experimento incluiu monitoramento da temperatura interna e externa, pressão do biodigestor e análise de propriedades físico-químicas do substrato. As primeiras medições indicaram produção de biogás, confirmada pelo odor de H₂S e pelo teste de borbulhamento. Vazamentos iniciais foram detectados, selados e testados com saco plástico, a fim de garantir a retenção do gás. A partir de 20/08/2024, iniciou-se a continuidade do experimento com montagem completa do biodigestor, impermeabilização com silicone e instalação de válvulas de alimentação e descarga, que permitiu coleta de biofertilizante e verificação da passagem de gás pelo filtro de Ca(OH)₂.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O biofertilizante foi coletado em quatro garrafas, com análise de densidade, consistência e cor, a fim de mostrar variações ao longo do tempo. A temperatura do galpão atuou como isolante térmico, o que influenciou a taxa de produção de biogás. O método de dispersão

polinomial permitiu correlacionar temperatura interna e ambiente, e indicar horários ideais para alimentação do biodigestor. Testes de combustão controlada confirmaram a presença de metano, embora a armazenagem tenha sido limitada pelas ferramentas disponíveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o experimento, observou-se que a fração de ar de 30% foi suficiente para retardar o aumento da pressão dentro do biodigestor, o que indica que, em sistemas voltados para a pressurização, o volume de ar deve ser reduzido. Também ficou evidente que bombonas com tampa removível apresentam alto risco de vazamento, sendo mais indicado o uso de tambores com tampa fixa, vedados com silicone ou poliuretano, pela praticidade e baixo custo. A temperatura mostrou grande influência na produção: o digestato registrou média de 24 °C, o galpão 25 °C e o ambiente 31,7 °C, valores abaixo da faixa apropriada para mesofílicas, 30–40 °C (SAWAZAKI; TEIXEIRA; MORAES, 1985), o que resultou em desaceleração da geração de gás entre os dias 09 e 12 de agosto. Esses achados são coerentes com Soares (2016), que também destacou a influência da temperatura sobre a produção de biogás em biodigestores Bioköhler de 20 m³, mas obteve maior estabilidade, maior temperatura do ambiente interno (até 35 °C) e rendimentos médios de 10 a 12 m³/dia devido à proteção por estufa plástica. O odor só foi percebido no 22º dia, com atraso em relação ao esperado, e as diferenças de temperatura dentro e fora do galpão confirmaram o efeito de isolamento térmico. Verificou-se também que o período da manhã, entre 06h e 08h, foi o mais adequado para alimentar o sistema, já que o material adicionado ainda quente aumentava a temperatura interna do reator e a produção. Também, O teste hidrostático feito antes da primeira operação foi fundamental para identificar falhas de vedação, que, uma vez corrigidas, evitaram contaminações e fugas. A filtragem com Ca(OH)₂ e palha de aço se mostrou eficiente desde o início, comprovada pela mudança de cor e desgaste da palha.

REFERÊNCIAS

- PORTES, Zara Aparecida. Aplicativo computacional para projetos de biodigestores rurais. 2005. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, Botucatu, 2005.
- SAWAZAKI, Haiko Enok; TEIXEIRA, João Paulo Feijão; MORAES, Roberto Machado de. O pH e a temperatura na produção de biogás a partir de casca de arroz. **Bragantia**, v. 44, n. 2, p. 715–721, 1985. DOI: 10.1590/S0006-87051985000200019.
- SOARES, Caroline Monique Tietz. Influência das variações da temperatura na produção de biogás em biodigestores modelo Bioköhler protegido com estufa plástica. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 8, n. 4, p. 121-131, 2019. ISSN 2316-4093 (versão eletrônica).
- VISSER, A. Anaerobic treatment of sulfate-containing wastewater. In: International course on anaerobic treatment. Wageningen Agricultural University / IHE Delft. **Wageningen**, 17-28 jul. 1995 *apud* CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 380 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.5).
- ZHANG, Z.; LI, J.; YANG, L.; LIU, G.; LIU, Y. Oxidation of hydrogen sulfide and corrosion of stainless steel in gas mixtures containing H₂S, O₂, H₂O, and CO₂. **Journal of Engineering Thermophysics**, v. 26, n. 3, p. 391-398, 2017. DOI: 10.1134/S181023281703002X.



Capítulo 02

AVALIAÇÃO FENOTÍPICA DO ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS HOLANDESAS E GIR UTILIZANDO DADOS DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E DA PLATAFORMA NASA POWER

Magno Pereira das Neves – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis – magno@aluno.ufr.edu.br

Prof.^a Dr.^a Annaiza Braga Bignardi – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis – bignardi@ufr.edu.br

Amanda Beatriz Silva Souza – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis – amandabeatrizsilva@outlook.com.br

Claudio Napolis Costa – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora – claudio.napolis@embrapa.br

Prof. Dr. Mário Luiz Santana – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola / Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis – santana@ufr.edu.br

RESUMO

O estudo avaliou o efeito do estresse térmico na produção de leite de vacas Holandesas e Gir, utilizando dados meteorológicos de estações terrestres e da plataforma NASA POWER. Aplicaram-se modelos de regressão aleatória e segmentada para estimar perdas e identificar limiares críticos de ITU. Observou-se redução significativa na produção com aumento do calor, especialmente em Holandesas, confirmando a confiabilidade e aplicabilidade dos dados da NASA em avaliações genéticas.

Palavras-chave: regressão aleatória; índice de temperatura umidade; ambiente tropical.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas impõem desafios significativos à pecuária leiteira, exigindo avanços na seleção de animais mais tolerantes ao estresse térmico (RAVAGNOLO; MISZTAL, 2000). Essa seleção depende de informações meteorológicas confiáveis, especialmente de temperatura e umidade relativa, utilizadas para o cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), indicador essencial para avaliar os efeitos do calor sobre o desempenho produtivo e genético dos bovinos.

Entretanto, os dados obtidos por estações meteorológicas terrestres podem apresentar falhas de cobertura e inconsistências temporais. Como alternativa, plataformas de dados climatológicos baseadas em satélite, como o Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER), desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) que oferece acesso gratuito à séries temporais e dados climatológicos globais desde a década de 1980, com alta resolução espacial quase que em tempo real (STACKHOUSE, 2018). Essa base tem se destacado em diferentes áreas, incluindo avaliações genéticas de bovinos leiteiros (MBUTHIA et al., 2021).

Assim, o presente estudo visa analisar o efeito do estresse térmico durante a primeira

lactação em vacas Gir e Holandesas, utilizando dados meteorológicos obtidos tanto de estações meteorológicas terrestres quanto da plataforma NASA POWER.

METODOLOGIA

Foram utilizados dados de vacas Holandesas (*Bos taurus*) e Gir (*Bos indicus*) de primeira lactação. Os registros de produção de leite no dia do controle (PLDC) das vacas Holandesas foram fornecidos pela ABCBRH, abrangendo partos entre 1993 e 2021, em 1.013 rebanhos de 383 municípios de 10 estados das regiões Sul e Sudeste. Os dados da raça Gir foram disponibilizados pela ABCZ, referentes a vacas puras com partos entre 1990 e 2021, pertencentes a 316 rebanhos de 205 municípios em 16 estados, concentrados em Minas Gerais, Goiás e São Paulo.

Após o controle de qualidade, consideraram registros entre 5 e 305 dias em lactação (DIM), com ao menos três registros por vaca e definiu grupos contemporâneos por rebanho–teste–data contendo no mínimo três animais. Registros com desvios superiores a $\pm 3,5$ desvios-padrão foram excluídos.

As variáveis temperatura do ar (T , °C) e umidade relativa (UR , %) foram obtidas de estações meteorológicas do INMET (até 150 km dos rebanhos) em horários padronizados e da plataforma NASA POWER, com base nas coordenadas dos municípios. O ITU foi calculado conforme a fórmula do National Research Council (1971).

$$ITU = (1.8 \times T + 32) - [0.55 - (0.0055 \times UR)] \times (1.8 \times T - 26)$$

Para cada teste de leite, o ITU foi calculado considerando o dia do teste e os dois dias anteriores, de modo a capturar efeitos fisiológicos retardados do calor (RAVAGNOLO; MISZTAL, 2000). A concordância entre as fontes foi avaliada por meio da correlação de Pearson.

As perdas de produção de leite decorrentes do estresse térmico foram estimadas por meio de um modelo de regressão aleatória, ajustados para cada lactação e conjunto de dados meteorológicos. Foram considerados os efeitos fixos de rebanho–data do controle, número de ordenhas, idade ao parto (como covariável linear e quadrática), dias em lactação (DIM) e ITU. Utilizaram-se polinômios ortogonais de Legendre cúbicos para modelar a variância genética aditiva, a variância do ambiente permanente e a trajetória média da população em função do DIM. Considerou-se ainda um resíduo homogêneo para representar a variação não explicada pelos demais efeitos. Essa abordagem possibilita estimar simultaneamente a influência de fatores genéticos, ambientais e do estresse térmico sobre a produção diária de leite de forma detalhada.

Na segunda etapa, utilizou nas soluções (BLUE), uma regressão linear segmentada para identificar o ponto em que o ITU começa a afetar significativamente a produção de leite, por meio do pacote “segmented” no R (MUGGEO, 2003). Este método detecta mudanças na inclinação da relação entre ITU e a produção leiteira sendo que, variável dependente será a PLDC ajustada pela média dos mínimos quadrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os registros de produção de leite das raças Holandesa e Gir foram analisados considerando o efeito do estresse térmico, utilizando dados meteorológicos de estações terrestres (WS) e da plataforma NASA POWER (NASAWS), para ambas as raças, verificou-se que a produção de leite diminui com o aumento do ITU conforme apresenta a Figura 1.

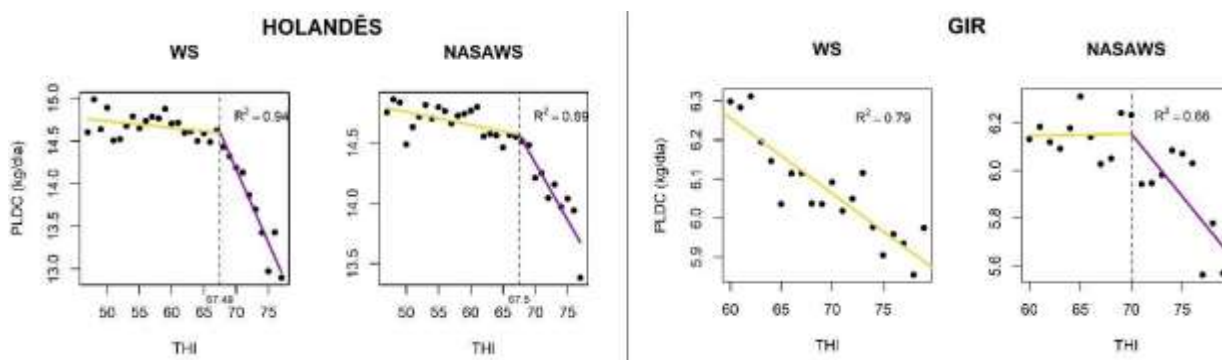


Figura 1 – Modelos de regressão linear segmentados e simples de produção de leite (PLCD) em função do índice temperatura umidade (ITU) para Holandês e Gir, usando dados de estações meteorológicas (WS) e NASA POWER limitados ao domínio WS (NASAWS).

Para a raça Holandesa, o modelo segmentado identificou limiares críticos de ITU de 67,49 (WS) e 67,5 (NASAWS), a partir dos quais a produção de leite começou a declinar de forma mais acentuada. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,94 e 0,89, respectivamente, indicando um bom ajuste do modelo aos dados.

Para a raça Gir, o comportamento foi distinto. O modelo ajustado com dados das estações locais (WS) apresentou uma relação linear negativa entre ITU e PLDC, com R^2 de 0,79, indicando sensibilidade térmica progressiva ao longo de todo o intervalo avaliado. Já no modelo com dados do NASAWS, observou-se um ponto de inflexão em 70 unidades de ITU, com R^2 de 0,66, sugerindo que, esse padrão reflete a maior tolerância ao calor característica da raça Gir, resultado de sua adaptação evolutiva a ambientes tropicais, o que possibilita manutenção da produção sob condições de maior carga térmica em comparação à raça Holandesa.

As perdas máximas médias de produção acima dos limiares identificados foram maiores na raça Holandesa com valores correspondentes de -1,562 e -0,794 kg/dia para WS, NASAWS respectivamente do que em Gir com valores de -0,367 e -0,482 kg/dia usando WS e NASAWS respectivamente. A correlação de ITU entre WS e NASAWS foi alta (0,920 para Holandês e 0,827 para Gir), demonstrando boa concordância entre as fontes de dados, embora algumas diferenças ocorram devido as características específicas dos microclimas locais.

CONCLUSÃO

Este estudo verificou que a plataforma NASA POWER é uma ferramenta confiável para estimar o ITU e realizar avaliações genéticas de tolerância ao estresse térmico em vacas Holandesas e Gir, apresentando resultados semelhantes aos obtidos com estações meteorológicas terrestres. Embora as estimativas fenotípicas de perdas de produção de leite variem entre as fontes de dados, ambas indicaram reduções significativas na produção em função do calor, com maior sensibilidade observada nas Holandesas. Esses achados evidenciam o potencial do uso dos dados da NASA em programas de melhoramento genético, especialmente em regiões tropicais com escassez de informações meteorológicas locais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pela concessão da bolsa de estudo que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- MBUTHIA, J. M.; MAYER, M.; REINSCH, N. Modeling heat stress effects on dairy cattle milk production in a tropical environment using test-day records and random regression models. **Animal**, v. 15, p. 100222, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100222>
- MUGGEO, V. M. R. Estimating regression models with unknown break-points. **Statistics in medicine**, v. 22, n. 19, p. 3055-3071, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/sim.1545>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **A guide to environmental research on animals**.
- RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I.; HOOGENBOOM, G. Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Development of Heat Index Function. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 9, p. 2120–2125, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75094-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75094-6)
- STACKHOUSE JR, Paul W. Supporting Solar Renewable Energy Applications through Provision of Specialized Long-term Surface Solar Energy and Meteorological Parameters Using NASA Data Products Via GIS-Enabled Web Services. In: **AGU Fall Meeting Abstracts**. 2018. p. GC21C-01B.
- Washington, D.C.: **National Academy of Sciences**, 1971.



Capítulo 03

VISÃO COMPUTACIONAL E ALGORITMOS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS NA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

Thiago Henrique da Cruz Salina – Universidade Federal de Rondonópolis – thiago.cruzrondon@gmail.com
Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco – Universidade Federal de Rondonópolis – leandro.pacheco@ufr.edu.br

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo automatizar a análise da qualidade de sementes de soja e milho utilizando algoritmos de aprendizado de máquina e visão computacional. Foi empregado teste de tetrazólio, com extração de características visuais e treinamento de modelos no software Weka. O algoritmo Random Forest apresentou o melhor desempenho, demonstrando potencial para reduzir a subjetividade e otimizar o processo de avaliação fisiológica de sementes.

Palavras-chave: visão computacional; machine learning; qualidade de sementes; tetrazólio; Random Forest.

INTRODUÇÃO

A qualidade das sementes constitui um fator determinante para o sucesso produtivo das culturas agrícolas e, consequentemente, para a segurança alimentar em escala global. Tradicionalmente, a avaliação da qualidade de sementes é realizada de forma manual, exigindo conhecimento técnico e julgamento humano, o que torna o processo suscetível a erros e à subjetividade (França-Neto e Krzyzanowski, 2022).

Diferenças de experiência, treinamento e interpretação entre avaliadores podem comprometer a padronização dos resultados, refletindo em inconsistências nas análises realizadas em laboratórios de sementes. Nesse contexto, a incorporação de ferramentas tecnológicas capazes de minimizar a influência humana e automatizar as etapas de avaliação torna-se essencial para garantir maior precisão e eficiência. A visão computacional, associada a algoritmos de aprendizado de máquina, tem se mostrado uma alternativa promissora, permitindo análises rápidas, reprodutíveis e de alta confiabilidade (Ali et al., 2020; França-Neto & Krzyzanowski, 2022; Silva et al., 2024).

Essas tecnologias podem revolucionar o processo de classificação de sementes ao reduzir a subjetividade, otimizar o tempo de análise e contribuir para a mitigação da insegurança alimentar. Assim, o estudo propõe explorar o potencial dessas abordagens na automatização da avaliação da qualidade fisiológica de sementes, especialmente em culturas de elevada importância econômica, como a soja e o milho.

METODOLOGIA

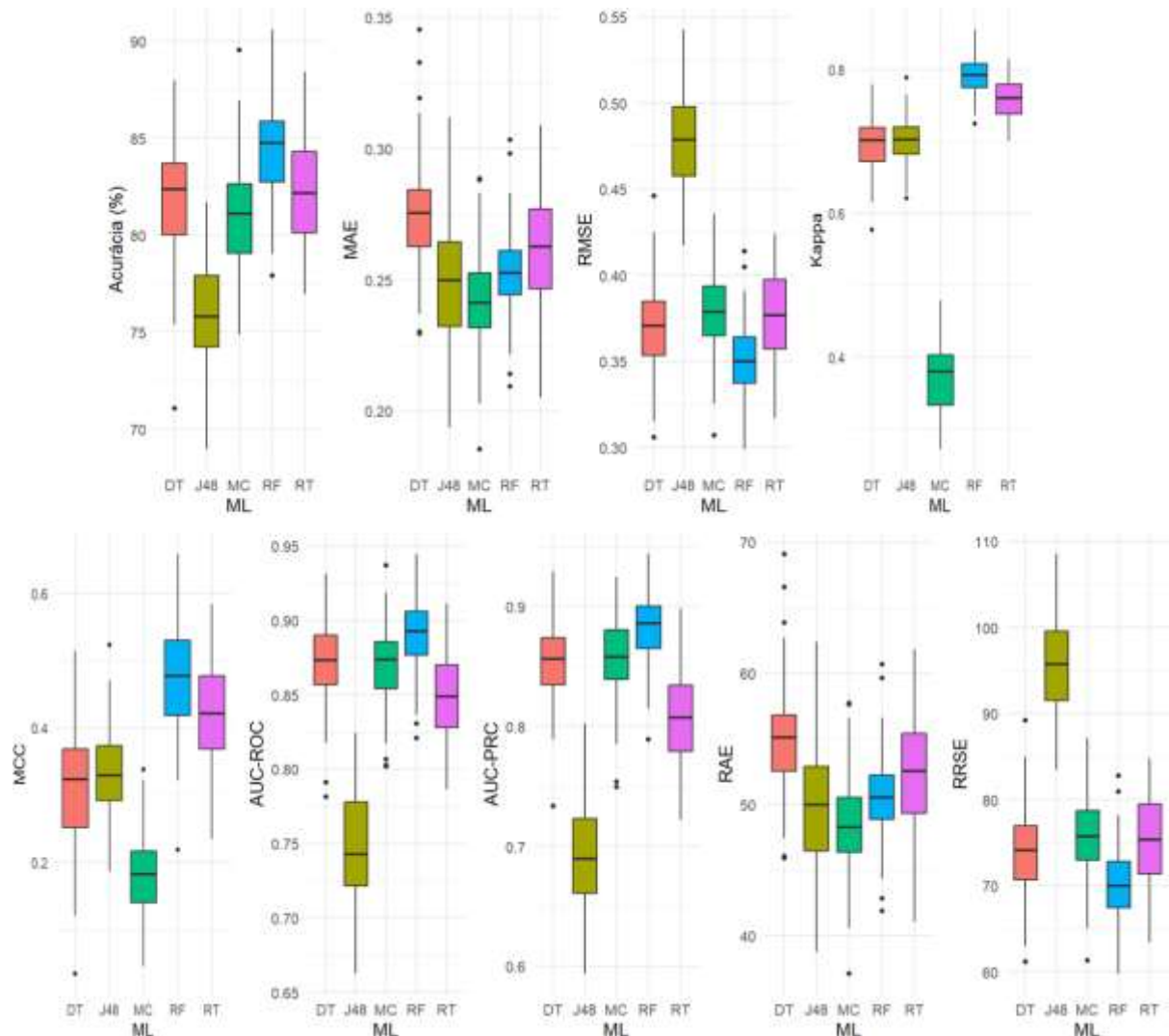
O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes do Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR). Foram utilizadas

sementes de soja, oriundas de uma amostra de 8 kg obtida de produtores da região. A qualidade fisiológica foi avaliada por meio do teste de tetrazólio, com quatro repetições de 50 sementes cada. As imagens foram obtidas por microscópio USB de 5 MP e câmera digital 12 MP, compondo um banco de 5 000 imagens. Após a extração de características visuais como cor, textura, bordas e forma utilizando filtros do pacote *ImageFilter* no software Weka 3.8.6, os dados foram empregados no treinamento de cinco algoritmos de aprendizado de máquina J48, Decision Table, Random Forest, MultiClassClassifier e RepTree. O desempenho dos modelos foi avaliado por métricas estatísticas Acurácia, MAE, RMSE, Kappa, MCC, AUC-ROC, AUC-PRC, RAE e RRSE e submetido à análise de variância não paramétrica pelo teste de Kruskal-Wallis e posterior comparação de médias pelo teste de Dunn (5% de significância), com o suporte dos pacotes FSA, ggplot2, dplyr e openxlsx na linguagem R (versão 4.5.1) e ambiente RStudio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados evidenciaram diferenças estatisticamente significativas entre os algoritmos de aprendizado de máquina aplicados à classificação das sementes ($p < 0,001$), indicando variabilidade no desempenho preditivo. O algoritmo Random Forest apresentou o melhor desempenho geral, com acurácia média de 84,4% e coeficientes Kappa e MCC de 0,68 e 0,69, respectivamente, superando os demais modelos testados. As métricas de erro (MAE, RMSE, RAE e RRSE) confirmaram sua maior precisão e estabilidade nas previsões. Além disso, o Random Forest destacou-se nas áreas sob as curvas AUC-ROC e AUC-PRC (0,88), evidenciando elevada capacidade discriminativa entre classes de sementes viáveis e não viáveis. Os resultados demonstram que a integração de visão computacional e aprendizado de máquina é eficiente na análise da qualidade fisiológica de sementes, reduzindo a subjetividade e o tempo de avaliação em relação aos métodos convencionais. Dessa forma, o uso de algoritmos supervisionados se apresenta como uma ferramenta promissora para a automatização de testes laboratoriais e o avanço da agricultura de precisão.

Figura 1 - Desempenho dos algoritmos de aprendizado de máquina na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja



Fonte: O autor.

A qualidade das sementes é apontada como determinante para a produtividade agrícola e para a segurança alimentar, sendo tema clássico na área (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A avaliação tradicional, baseada em inspeção humana, envolve julgamento subjetivo e depende de experiência e treinamento, o que introduz variabilidade e potenciais erros nos resultados (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 2022; SILVA et al., 2020). Nesse cenário, a adoção de abordagens que mitiguem a subjetividade é vista como estratégica para elevar a eficiência e apoiar ganhos de produtividade por área, com reflexos na mitigação da insegurança alimentar (FERRARI et al., 2023).

A literatura indica que visão computacional aliada a algoritmos de aprendizado de máquina tem se mostrado promissora para caracterização rápida e reprodutível de atributos morfológicos e fisiológicos de sementes, reduzindo o tempo de análise e padronizando decisões (BAO; BAMBIL, 2021; LONG et al., 2021). Há também relatos do uso de imagens por raios-X acopladas a softwares de classificação como via de automatização; contudo, a exposição ocupacional à radiação impõe cuidados e limitações de segurança, reforçando o interesse por soluções óticas não ionizantes e fluxos puramente computacionais (SILVA et al., 2024; ALI et al., 2020). Em síntese, os estudos convergem para o potencial das técnicas de machine learning e visão computacional em reduzir a variabilidade humana, acelerar rotinas laboratoriais e fornecer métricas objetivas de desempenho, elementos essenciais para a

automação com qualidade e rastreabilidade (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 2022; SILVA et al., 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina associada à visão computacional mostrou-se eficiente para automatizar a análise da qualidade fisiológica de sementes. O algoritmo Random Forest apresentou o melhor desempenho, destacando-se pela precisão e estabilidade. Essa abordagem reduz a subjetividade humana, otimiza o tempo de avaliação e contribui para o avanço tecnológico na análise de sementes.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de mestrado, essencial para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALI, M. M. et al. Machine learning applications in seed quality assessment: recent advances and future perspectives. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 169, p. 105–114, 2020.
- BAO, Y.; BAMBIL, L. Computer vision and image analysis for seed characterization. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 23, n. 4, p. 657–666, 2021.
- BRASIL. Regras para análise de sementes. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000.
- FERRARI, D. L. et al. Seed quality and productivity as drivers of food security: a review. **Agricultural Systems**, v. 205, p. 103–128, 2023.
- FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Tecnologia da produção de sementes de soja. 3. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2022.
- LONG, D. S. et al. Deep learning approaches for seed quality classification using multispectral imaging. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 189, p. 106–283, 2021.
- SILVA, R. S. et al. Application of X-ray imaging and machine learning in seed quality evaluation: opportunities and challenges. **Scientia Agricola**, v. 81, e20200412, 2024.
- SILVA, T. A. et al. Manual methods versus computational analysis for seed quality determination. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 8, p. 561–568, 2020.



Capítulo 04

PROJEÇÕES DE TEMPERATURAS DO AR NO ESTADO DO ACRE.

Mariza Noberto da Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – mariza02.noberto@gmail.com

Jefferson Vieira José – Universidade Federal do Acre – jfvieira@hotmail.com

Tonny José Araujo da Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – tonnyjasilva@gmail.com

Lucas da Costa Santos – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri –
lucas.santos@ufvjm.edu.br

RESUMO

O estudo analisou as mudanças de temperatura do ar no Acre, usando dados de projeções (2041–2060 e 2061–2080), nos modelos HadGEM3-GC31-LL e MIROC6, e cenários SSP2- 4.5 e SSP5-8.5. Estatísticas apontaram diferenças significativas, com destaque para as Zonas 2 Sena Madureira e 4 Cruzeiro do Sul, que apresentarão maiores projeções de temperaturas máximas e mínimas, podendo chegar à 38,5 °C e 26,9 °C, respectivamente. Expondo a vulnerabilidade da região, a necessidade de estratégias de adaptação.

Palavras-chave: Cenários climatológicos, microrregião, estresse térmico.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas vêm causando alterações significativas nas temperaturas globais, ocasionando intensificação nas ondas de calor e aumento na variabilidade térmica. Esses efeitos comprometem a estabilidade de diversos sistemas naturais e sociais, impactando diretamente a saúde humana e os ciclos das plantas. O aumento da variabilidade térmica representa uma ameaça especialmente para regiões tropicais, onde a população é mais vulnerável e estão mais expostas a riscos sanitários, insegurança alimentar e escassez hídrica.

Nas plantas, o estresse térmico afeta o processo fisiológico, como a fotossíntese, o que pode prejudicar o desenvolvimento das plantas podendo acarretar na perda da biodiversidade vegetal. Já nos humanos, a exposição prolongada a temperaturas elevadas pode desencadear doenças respiratórias, cardiovasculares e renais, além de aumentar a mortalidade associada a ondas de calor, especialmente entre crianças, pessoas com doenças pré-existentes e idosos. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), alerta que, a falta de ações eficazes de mitigação e adaptação, os impactos sobre a saúde pública e os ecossistemas tenderão a se intensificar nas próximas décadas, e assim, exigindo respostas integradas em níveis locais, regionais e globais.

Diante disso, o estudo teve o objetivo de analisar os impactos das mudanças de temperatura no Acre, considerando dados de projeções para os anos de 2041-2060 e 2061-2080, nos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5, nos modelos HadGEM3-GC32-LL e MIROC6.

METODOLOGIA

O Acre é um estado brasileiro localizado na região Norte do país, cujas coordenadas geográficas são 74,2 a 67,5°W e 0,7 a 11,2°N, subdividido em cinco microrregiões (Zonas), Tarauacá (Zona 1), Sena Madureira (Zona 2), Rio Branco (Zona 3), Cruzeiro do Sul (Zona 4)

e Brasília (Zona 5). Devido a localização suas características climáticas sofrem influência da Floresta Amazônica, assim de acordo com Koppen, o estado tem classificação climática Am (equatorial), tendo duas estações bem definidas, seca que vai de maio a outubro com episódios de friagens ocasionais, com variação de temperatura média anual entre 25°C e 27°C.

A pesquisa comparou dados de temperaturas mínimas e máximas mensais e anuais, analisando as projeções climáticas para os períodos de 2041-2060 (médio prazo) e 2061-2080 (longo prazo), retirados da base de dados do WorldClim versão 2.1, lançada em 2020, arquivos GeoTiff do Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6), com resolução espacial de 2,5 minutos e aproximadamente 20 km², para os cenários de temperaturas máximas e mínimas, com a implementação de dois modelos, o HadGEM3-GC31-LL e o MIROC6, combinados ao Cenário Socioeconômicos Compartilhados (SSP), sendo SSP2-4.5 de cenário intermediário e SSP5-8.5 com cenário mais pessimista (Tabela 1).

Tabela 1 – Combinações das projeções de temperaturas e precipitações, nos dois modelos climáticos globais, juntamente aos cenários socioeconômicos compartilhados (SSP's).

Modelos	Cenários			
	SSP2-4.5		SSP5-8.5	
HadGEM3-GC31-LL	2041-2060	2061-2080	2041-2060	2061-2080
MIROC6	2041-2060	2061-2080	2041-2060	2061-2080

Fonte: Elaboração própria (2025).

Para a análise estatística, os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, que é utilizado na comparação de três ou mais amostras independentes, nos indicando se há diferença significativa de $p < 0,05$ entre ao menos duas amostras, o teste faz uso de valores numéricos transformados em postos e agrupamentos através de médias. Se ocorrer do teste rejeitar a hipótese nula, foi realizado a análise do teste de Nemenyi.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estatisticamente, os resultados diferem entre si ao nível de significância de 5% entre os cenários, modelos e zonas estudadas. Pode-se observar que a Zona 2 (Tabela 2), a temperatura máxima varia de 34,2 °C a 35,7 °C no modelo HadGEM3-GC31-LL, no cenário SSP2-4.5, e pode chegar até 38,5 °C no SSP5-8.5, enquanto no modelo MIROC6 apresentam máximas de 31,9 °C a 32,2 °C.

Tabela 2 – Temperatura máxima e comparação estatística pelo teste de Kruskal-Wallis e Nemenyi nas microrregiões do Estado do Acre, sob diferentes cenários climáticos (SSP2-4.5 e SSP5-8.5), nos períodos futuros de 2041-2060 e 2061-2080.

Zona	SSP2-4.5			
	HadGEM3-GC31-LL		MIROC6	
	2041-2060	2061-2080	2041-2060	2061-2080
1	34±0,181 d	35,4±0,227 b	31,5±0,230 d	31,8±0,246 e
2	34,2±0,197 a	35,7±0,242 a	31,9±0,182 a	32,2±0,178 a
3	34±0,177 c	35,4±0,169 b	31,8±0,185 b	32,1±0,185 c
4	34±0,155 b	35,4±0,143 c	31,7±0,274 c	31,9±0,265 d
5	33,9±0,163 e	35,2±0,167 d	31,8±0,161 b	32,1±0,163 b
Média	34±0,13	35,4±0,18	31,7±0,14	32±0,17

Zona	SSP5-8.5			
	HadGEM3-GC31-LL		MIROC6	
	2041-2060	2061-2080	2041-2060	2061-2080
1	35,5±0,183 b	38,2±0,170 c	31,9±0,242 d	33±0,295 e
2	35,7±0,181 a	38,5±0,137 a	32,3±0,174 a	33,4±0,178 a
3	35,4±0,157 c	38,1±0,149 d	32,2±0,186 c	33,2±0,170 d
4	35,5±0,158 b	38,2±0,172 c	32,2±0,280 b	33,3±0,310 c
5	35,4±0,166 d	38,2±0,169 b	32,2±0,172 b	33,3±0,219 b
Média	35,4±0,14	38,2±0,15	32,1±0,13	33,2±0,15

CD (distância crítica) = 0,101. Teste de Kruskal-Wallis e Nemenyi ao nível de significância de 5%, resultados diferem estatisticamente entre si quando apresentem letras diferentes. Zona 1 – Tarauacá; Zona 2 – Sena Madureira; Zona 3 – Rio Branco; Zona 4 – Cruzeiro do Sul; Zona 5 – Brasiléia.

Na observação da Tabela 3, é possível notar a Zona 4 se diferenciando estatisticamente das outras. No cenário SSP2-4.5 as temperaturas mínimas variam de 24 °C a 25 °C (HadGEM3- GC31-LL), e no modelo MIROC6, as mínimas poderão variar de 22,4 °C a 22,6 °C, enquanto que no cenário pessimista SSP5-8.5, as temperaturas mínimas alcançarão até 26,9 °C no modelo HadGEM3-GC31-LL e podem chegar à 23,7 °C no modelo MIROC6.

Tabela 3 - Temperatura mínima e comparação estatística pelo teste de Kruskal-Wallis e Nemenyi nas microrregiões do Estado do Acre, sob diferentes cenários climáticos (SSP2-4.5 e SSP5-8.5), nos períodos futuros de 2041-2060 e 2061-2080.

Zona	SSP2-4.5			
	HadGEM3-GC31-LL		MIROC6	
	2041-2060	2061-2080	2041-2060	2061-2080
1	23,4±0,246 d	24,4±0,245 d	21,8±0,233 c	22,1±0,231 d
2	23±0,243 e	24±0,232 e	21,4±0,248 e	21,6±0,255 e
3	23,9±0,498 b	24,9±0,483 b	22,3±0,499 b	22,6±0,500 b
4	24±0,190 a	25±0,220 a	22,4±0,183 e	22,6±0,168 a
5	23,7±0,473 c	24,6±0,476 c	22,1±0,477 c	22,4±0,471 c
Médi	23,6±0,40	24,5±0,39	21,9±0,42	22,3±0,41

Zona	SSP5-8.5			
	HadGEM3-GC31-LL		MIROC6	
	2041-2060	2061-2080	2041-2060	2061-2080

1	24,4±0,252 d	26,2±0,250 d	22,2±0,244 c	23,0±0,276 d
2	24±0,257 e	25,8±0,256 e	21,7±0,266 e	22,5±0,302 e
3	24,9±0,490 b	26,7±0,480 b	22,6±0,499 b	23,4±0,497 b
4	25±0,220 a	26,9±0,243 a	22,8±0,170 a	23,7±0,171 a
5	24,7±0,462 c	26,5±0,426 c	22,5±0,467 c	23,3±0,448 c
Média	24,6±0,39	26,4±0,40	22,3±0,42	23,2±0,45

CD (distância crítica) = 0,101. Teste de Kruskal-Wallis e Nemenyi ao nível de significância de 5%, resultados diferem estatisticamente entre si quando apresentem letras diferentes. Zona 1 – Tarauacá; Zona 2 – Sena Madureira; Zona 3 – Rio Branco; Zona 4 – Cruzeiro do Sul; Zona 5 – Brasiléia.

A elevação das temperaturas no estado do Acre, impacta diretamente a agricultura local, com o aumento do estresse térmico as culturas agrícolas estarão susceptíveis a pragas e doenças comprometendo a produtividade, e consequentemente a população rural (Melo et al., 2024). Além disso, o aumento da frequência de eventos climáticos extremos prejudica os ciclos agrícolas e aumenta a vulnerabilidade dos sistemas de produção familiar e comercial. Esses impactos evidenciam a urgência na adoção de estratégias adaptativas para garantir a resiliência da agricultura local diante das mudanças climáticas (Fleischer et al., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As elevações das temperaturas do ar no Estado do Acre, especialmente nas Zonas 2 (Sena Madureira) e 4 (Cruzeiro do Sul), indicando maior vulnerabilidade da região aos efeitos das mudanças de temperaturas, aumentando os riscos à saúde humana, à biodiversidade e afetando o desenvolvimento agrícola, assim, fazendo-se necessário a busca por medidas de adaptação e mitigação juntamente às condições locais.

AGRADECIMENTOS

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEAgri Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq

REFERÊNCIAS

- MELO, K. S.; DELGADO, R. C.; PEREIRA, M. G.; ORTEGA, G. P. The consequences of climate change in the Brazilian Western Amazon: a new proposal for a fire risk model in Rio Branco, Acre. **Forests**, Basel, v. 15, n. 1, p. 211, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/f15010211>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/1/211>. Acesso em: 02 out. 2025.
- FLEISCHER, A. L.; SILVA, D. P.; SOUSA, M. R. Impactos das mudanças climáticas na agricultura familiar da Amazônia brasileira. In: COSTA, M. H.; SILVA, E. P. (Org.). **Agricultura e mudanças climáticas na Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2021. p. 45-68.



Capítulo 05

SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO UTILIZANDO A PLATAFORMA DSSAT/CROPGRO- Cotton EM CULTIVO IRRIGADO E SEQUEIRO

Alisson Silva Costa Custódio – Universidade Federal de Mato Grosso – alissonsilvadk@gmail.com

Tonny José Araújo da Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – tonnyjasilva@gmail.com

Edna Maria Bonfim-Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – embonfim@hotmail.com

Sérgio Plens Andrade – Universidade Federal de Rondonópolis – splensandrade@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo avaliar o desempenho o DSSAT-CSM-CROPGRO-Cotton na determinação dos coeficientes genéticos do algodoeiro e simulações da produtividade de cultivares sob irrigação deficitária. Foram utilizadas áreas de produção do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMA-MT) localizado no município de Rondonópolis – MT e a área Experimental da Universidade Federal de Rondonópolis - UFR.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L.; Modelos climáticos; impacto em culturas; modelagem de cultivos; déficit hídrico.

INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa), relata que a produção do algodão em pluma para 2025 está prevista em 3,90 milhões de toneladas. Nesse mesmo ano, as exportações estão previstas para atingirem 2,6 milhão de toneladas da pluma e um faturamento de US\$ 2,8 bilhões.

As conduções dos experimentos a campo a fim de testar diferentes manejos agrícolas para ao algodoeiro nas diferentes regiões do globo terrestre é onerosa, diante disso têm-se buscado a utilização de modelos de simulação de produtividade com a finalidade de determinar as perdas de produtividade (yield gap) em diversas culturas no Brasil, sendo os mais empregados nesses estudos são: Zona Agroecológica da FAO; DSSAT; APSIM; MONICA, CROPGRO e AquaCrop (Rodrigues, 2021). Os modelos de simulação também podem ser utilizados para avaliar possíveis ganhos de produtividade por meio de modificações de manejos culturais específicos (Lobell; Cassman; Field, 2009; Moncada et al., 2024), como testar os efeitos da irrigação, tipos de cobertura do solo, épocas de semeadura, duração do ciclo da cultura e até mesmo de características genéticas das cultivares (BATTISTI et al., 2017).

Diante desse cenário, objetivou-se com o presente estudo avaliar o desempenho o DSSAT-CSM-CROPGRO-Cotton na determinação dos coeficientes genéticos do algodoeiro e simulações da produtividade de cultivares sob irrigação deficitária.

METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados em duas áreas de produção, a primeira localizada no Instituto Mato-grossense do Algodão (IMA-MT) no município de Rondonópolis, conduzida em cultivo sequeiro. A segunda localidade de produção foi na área Experimental da Universidade Federal de Rondonópolis – UFR, conduzida em cultivo irrigado, com estratégias de irrigação deficitárias baseadas na Evapotranspiração da cultura (ETc).

O modelo experimental utilizado para obtenção dos parâmetros ecofisiológicos das cultivares de algodão foram de acordo com a metodologia proposta pela plataforma DSSAT-CSM-CROPGRO-Cotton (HOOGENBOOM et al., 2021).

Foram coletadas informações de manejo da cultura, tais como: método de plantio, data de plantio, densidade de plantas, espaçamento entre linhas, aplicação de fertilizantes, dados de irrigação, data de colheita, método de colheita, duração dos estádios de desenvolvimento da cultura, produtividade de algodão em caroço e índice de área foliar, foram coletadas e utilizadas para realizar a calibração dos parâmetros de simulação na plataforma DSSAT, conforme a tabela 1.

Tabela 1. Dados ecofisiológicos da cultura do algodão com seus respectivos códigos de inserção fornecido pela plataforma DSSAT e unidades de medida.

Coefficiente	Código de inserção DSSAT	Unidade de medida
Semeadura	PDAT	Dia Juliano
Emergência	EDAT	Dia Juliano
Início da floração	ADAT	Dia Juliano
Primeira maçã	PDIT	Dia Juliano
Primeira semente	PDFT	Dia Juliano
Maturação do capulho	MDAT	Dia Juliano
Massa seca total de planta	CWAD	kg ha ⁻¹
Massa seca de folha	LWAD	kg ha ⁻¹
Massa seca de ramos e caule	SWAD	kg ha ⁻¹
Massa seca de estrutura reprodutiva	PWTD	kg ha ⁻¹
Índice de área foliar	LAID	m ² m ⁻²
Índice de área foliar máximo	LAIX	m ² m ⁻²
Produtividade do algodão em caroço	HWAM	kg ha ⁻¹
Número de folhas por área	L#SX	n m ⁻²
Índice de colheita	HIAD	kg kg ⁻¹
Área foliar específica por planta	SLAD	cm ² g ⁻¹

Para fins de validação e calibração do modelo com os dados reais obtidos em condições de campo utilizou-se os indicadores estatísticos Raiz quadrada do erro médio (RMSE), Coeficiente de determinação (R²) e o Índice “d” de concordância de Willmontt; CORRELAÇÃO E INDICE DE CONFIANÇA OU INDICE (c).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações dos parâmetros de produtividade e de desenvolvimento do algodoeiro irrigado, para a lâmina de 100% da ETc, relacionados a área foliar específica, conforme ilustrado na Figura 1, geradas pela própria plataforma DSSAT.

Nas primeiras semanas, até os 20 DAP, todas as cultivares (TMG 44, IMA 5801, FM 944 e FM 985) apresentaram área foliar específica entre 120-160 cm² g⁻¹, estabilizando depois em 140-160 cm² g⁻¹ na fase vegetativa, conforme a figura 1.

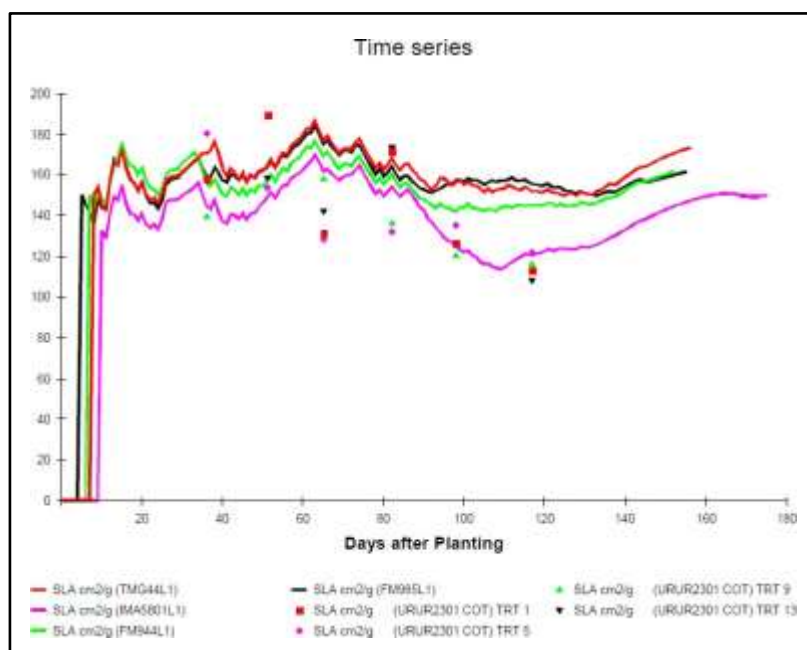


Figura 1. Área foliar específica gerado pela plataforma DSSAT, módulo PlantGro, para a cultura do algodão cultivada na safra de 2023 na Universidade Federal de Rondonópolis – MT. SLA: Specific Leaf Area (Área Foliar Específica). TRT 1: TMG 44; TRT 5: IMA 5801; TRT 9: FM 944; TRT 13: FM 985.

O TRT 1 (TMG 44) exibiu os maiores valores de área foliar específica entre as simulações, com desempenho semelhante ao desempenho observado para a cultivar TMG 44 no período de maior crescimento vegetativo (40–80 DAP). O TRT 13 (FM 985) e TRT 5 (IMA 5801) mostraram padrões intermediários, enquanto o TRT 9 (FM 944) apresentou uma leve queda acentuada da área foliar específica entre 90 e 110 DAP, seguido de estabilização, com valores próximos a 140 cm² g⁻¹ no final do ciclo.

Os indicadores estatísticos utilizados para validação do modelo com base nos dados obtidos em condições de campo para a área experimental localizada dentro da Universidade Federal de Rondonópolis encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Valores dos indicativos estatísticos utilizados na comparação dos valores simulados e observados para área específica foliar.

Variável	Média Obs.	Média Sim.	r	RMSE	d
TMG 44 L1	148.30	164.80	0.15	29.86	0.50
IMA 5801 L1	142.10	142.50	0.03	22.37	0.48
FM 944 L1	137.10	155.10	0.78	19.75	0.63
FM 985 L1	144.30	162.50	0.16	27.18	0.48

O índice de concordância de Willmott (d) demonstra que não houve muita concordância entre os dados observados e simulados, com d médio variando de 0.48 a 0.63 de concordância, sendo a FM 944 GL com melhor dados mais ajustados. O RMSE apresentou valores elevados, com classificação variando de médio para ruim. Um valor de RMSE elevado significa alto desvio entre os valores simulados e reais obtidos em campo, indicando baixo desempenho dos modelos em termos de área foliar específica.

CONCLUSÃO

Através da coleta de dados de crescimento e rendimento de algodão em duas localidades do estado de Mato Grosso foi possível inserir os dados necessários para a parametrização da cultura do algodão na plataforma DSSAT-CSM-CropGro-Cotton e realizar as simulações desejáveis sobre o desenvolvimento de diversas cultivares de algodão para o estado.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Universidade Federal de Rondonópolis (UFR) e ao Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA-MT) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; BOOTE, K. J.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; BASSO, C. J. 2017. Assessment of soybean yield with altered water-related genetic improvement traits under climate change in Southern Brazil. **European Journal of Agronomy**, Elsevier. v.83, p.1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.11.004>
- HOOGENBOOM, G.; PORTER, C. H.; SHELIA, V.; BOOTE, K. J.; SINGH, U.; WHITE, J. W.; PAVAN, W.; OLIVEIRA, F. A. A.; MORENO-CADENA, L. P.; LIZASO, J. I.; ASSENG, S.; PEQUENO, D. N. L.; KIMBALL, B. A.; ALDERMAN, P. D.; THORP, K. R.; JONES, M. R.; CUADRA, S. V.; VIANNA, M. S.; VILLALOBOS, F. J.; FERREIRA, T. B.; BATCHELOR, W. D.; KOO, J.; HUNT, L. A.; JONES, J. W. 2021. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.8** (www.DSSAT.net). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA. Disponível em: <https://dssat.net/training/key-publications/>, acessado em 14 de outubro de 2025.
- LOBELL, D. B.; CASSMAN, K. G.; FIELD, C. B. 2009. Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and causes. **Annual Review of Environment and Resources**, v.34, n.1, p.179–204. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.enviro.041008.093740>
- MONCADA, J.V.L., DE OLIVEIRA, N.P.R., FREITAG, L.V. *et al.* Simulation of the soybean yield as a function of water sensitivity in rainfed cultivation using the CROPWAT model. **Model. Earth Syst. Environ.** 10, 6715–6730 (2024). <https://doi.org/10.1007/s40808-024-02141-w>
- RODRIGUES, J. C. 2021. Abordagem multi-modelos para a simulação da produtividade da cultura do algodoeiro e seu uso na definição do yield gap em diferentes regiões brasileiras.



BIOSSISTEMAS E INOVAÇÃO



Capítulo 06

CRESCIMENTO INICIAL DE PIMENTA DE CHEIRO EM FUNÇÃO DE ESPAÇAMENTO DE PLANTIO

Gabriel Pantoja Lima – Universidade Federal Rural da Amazônia – gabrielpantojaa2024@gmail.com

Aquila Araújo Amaral – Universidade Federal Rural da Amazônia – amaralaquila17@gmail.com

Erik Vinicius Pinto Pegoretti – Universidade Federal Rural da Amazônia – erikpegoretti@gmail.com

Vinicius Rafael Carvalho Souto – Universidade Federal Rural da Amazônia –
2006viniciuscarvalho2006@gmail.com

Jailson Paiva Santos – Universidade Federal Rural da Amazônia – jailsonenem04@gmail.com

Gabriel Oliveira dos Santos – Universidade Federal Rural da Amazônia – gabrieltrabalho377@gmail.com

Muana Montrêzz Freitas Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia – muanamontrezz@gmail.com

Shelda França das Neves – Universidade Federal Rural da Amazônia – francashelda264@gmail.com

Leonardo Jackson Santos Souza – Universidade Federal Rural da Amazônia – leonardojackson26@gmail.com

Adriano Bicioni Pacheco – Universidade Federal Rural da Amazônia – adriano.pacheco@ufra.edu.br
(Orientador)

RESUMO

O cultivo da pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) tem grande valor socioeconômico para a agricultura familiar e entender de que forma o espaçamento entre as plantas pode afetar o crescimento inicial da cultura é fundamental para aprimorar o aproveitamento do solo e potencializar a produção. Com base nisso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento inicial da pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) sob diferentes tipos de espaçamento. Sendo realizado em campo com delineamento em quadrado latino, com três tratamentos de espaçamentos de plantio (0,8 x 1,1 m; 1,1 x 1,1 m; 1,4 x 1,1 m), perfazendo-se nove parcelas. No preparo do solo, fizemos uma calagem e deixamos agir por volta de 1 mês, após isso, fizemos o plantio onde fizemos as covas com cerca de 30cm de profundidade, realizamos separadamente uma adubação química e adubação orgânica. Além disso, foram realizadas coletas de dados aos 30, 60 e 90 dias após o plantio da altura de plantas e diâmetro de caule, com auxílio de trena métrica e paquímetro digital. Aos dados, aplicou-se análise de variância pelo Teste F; e foi determinado as taxas de crescimento entre as avaliações para as médias de cada tratamento. Não apresentaram diferenças significativas para as variáveis analisadas. Para as taxas de crescimento, observou-se maiores e mais estáveis o tratamento de 1,4 x 1,1 m. Portanto, o crescimento inicial das pimentas de cheiro não foi influenciado pelos espaçamentos.

Palavras-chave: *Capsicum chinense*, adubação, diferença.

INTRODUÇÃO

A *Capsicum chinense* também conhecida com pimenta-de-cheiro, destaca-se por possuir um alto consumo local in natura, sendo consumido preferencialmente na culinária ou em molhos. O cultivo de pimentas ocorre praticamente em todas as regiões do país e é um dos melhores exemplos de agricultura familiar e de integração pequeno agricultor-agroindústria. As pimentas (doces e picantes), além de serem consumidas frescas, podem ser processadas e

utilizadas em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos (EMBRAPA, 2022).

No cultivo da pimenta de cheiro, o espaçamento adequado entre as plantas é fundamental para garantir uma boa ventilação, o que contribui para a redução da umidade excessiva e, consequentemente, para o controle de doenças fúngicas (EMBRAPA, 2012)

Por meio da alta demanda da pimenta de cheiro buscou-se uma alternativa de um manejo mais eficiente com o propósito de explorar diferentes espaçamentos de cultivo na região, para um uso mais eficaz, econômico e produtivo, beneficiando não só o produtor, mas também, os consumidores em geral, suprimindo suas necessidades, garantido um produto de alta qualidade.

Diante disso, o objetivo desse trabalho é comparar o crescimento inicial da pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense*) sob diferentes espaçamentos de plantio, analisando a evolução da altura das plantas e do diâmetro do caule durante o início da cultura.

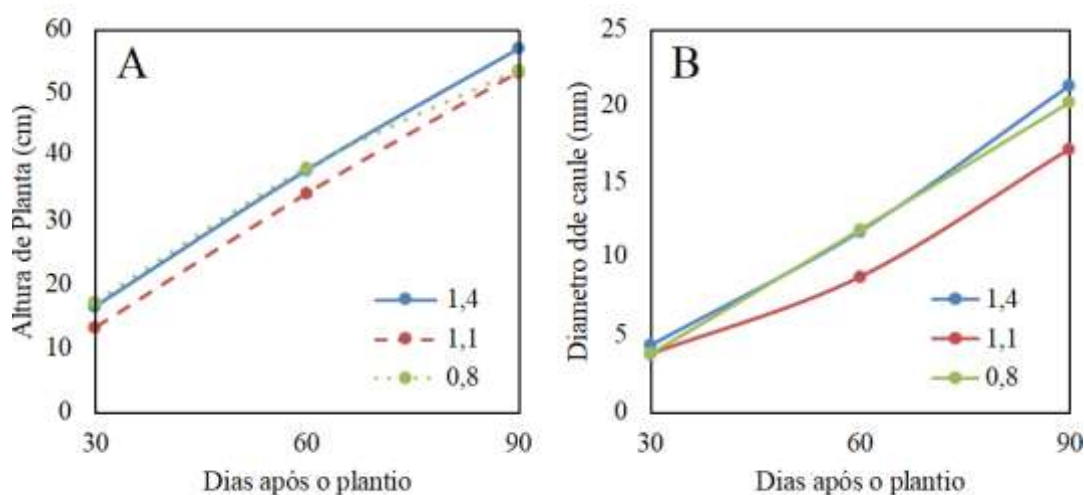
METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Tomé-Açu no estado do Pará, na AAVA (Associação Agropecuária do Vale do Acará) no Projeto Dinâmica Agrícola iniciando no mês de maio com uma calagem e preparo do solo, onde deixamos reagir por volta de 1 mês e no dia 9 de junho no ano de 2025 foi feito o plantio das mudas já preparadas com cerca de 60 dias, as covas foram feitas tanto manual com draga e outras com a utilização de uma perfuratriz com cerca de 30cm de profundidade, no fundo da cova foi inserido uma adubação de cova com NPK seguindo uma recomendação para 10.000m², foram eles a ureia como fonte de nitrogênio, o yorin como fonte de fosforo e o cloreto de potassio como fonte de potassio, a dosagem variou conforme o tratamento, também foi realizado uma adubação orgânica com caroço de açaí e terra preta, bucha de dendê e esterco de galinha, o método definido foi o DLC (Delineamento em quadrado Latino), as variáveis de estudo foram a AP (Altura da Planta) em cm e DC (Diâmetro de Caule) em mm, em que foram feitas coletas a cada 30,60 e 90 dias após o plantio por meio de trena e paquímetro digital respectivamente, todos os dados foram anotados e posteriormente inseridos e analisados no software SISVAR, a fim de observar se apresentaram ou não uma diferença entre os espaçamentos determinados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados de AP (Altura de plantas) e DC (Diâmetro de Caule), nas avaliações aos 30, 60 e 90 dias após o plantio (DAP), não apresentaram diferença significativa. Quanto se observa a evolução do crescimento, para a altura de plantas observou-se maior taxa entre 30 e 60 DAP de cerca de 21 cm para todos os espaçamentos; enquanto que, entre 60 e 90 DAP, a taxa foi de cerca de 19 cm de altura para os espaçamentos de 1,4 e 1,1 m e de 15 cm para o espaçamento de 0,8 m (Figura 1A). Em espaçamentos muito reduzidos, ocorre maior sombreamento e competição entre plantas por luz, água e nutrientes, o que pode prejudicar o desenvolvimento vegetativo e a frutificação. Além disso, a ventilação insuficiente no dossel pode favorecer a incidência de doenças fúngicas (EMBRAPA, 2011).

Figura 1 – Evolução do crescimento pelas variáveis altura de planta (A) e diâmetro de caule (B) em função do espaçamento entre plantas.



Fonte: Autores (2025).

Em relação a evolução do diâmetro de caule, observou-se que entre 30 e 60 DAP, uma taxa de crescimento de cerca de 7,4; 5,0 e 8,1 mm de diâmetro, e para o período de 60 a 90 DAP, foi de 9,5; 8,3 e 8,3 mm; para os espaçamentos de 1,4; 1,1 e 0,8 m, respectivamente (Figura 1B). Nesse segundo período, demonstrou-se que o espaçamento de 1,4 m apresentou maior taxa, indicando a menor competição entre as plantas, que favorece o desenvolvimento para a absorção de nutrientes, luz e água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as variáveis de crescimento, altura da planta e diâmetro de caule, não constatou-se diferença significativa entre os espaçamentos de plantio no início do cultivo.

AGRADECIMENTOS

À Associação Agropecuarista do Vale do Acaraú (AAVA), pelo espaço experimental cedido a Universidade Federal Rural de Tomé-Açu, incluindo o período da Expofeira.

REFERÊNCIAS

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Pimenta: importância. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/pre-producao/socioeconomia/importancia>>. Acesso em: 1 out. 2025.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA. Pimentas – Capsicum: cultivo, manejo e principais recomendações técnicas. Circular Técnica 84. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/781198/1/Pimentas-Capsicum.pdf>. Acesso em 10 out. 2025.



Capítulo 07

OMISSÃO DE NITROGÊNIO NO ESTABELECIMENTO DE HÍBRIDOS DE BRAQUIÁRIA

Anna Cláudia Cardoso Paimel – Universidade Federal de Rondonópolis – anna.cardoso@aluno.ufr.edu.br
Carlos Eduardo Avelino Cabral – Universidade Federal de Rondonópolis – carlos.cabral@ufr.edu.br

RESUMO

O nitrogênio é um importante nutriente e, por isso, objetivou-se verificar se os híbridos de braquiária distinguem quanto a omissão de nitrogênio no estabelecimento. Testou-se oito tratamentos, em esquema fatorial 2x4, sendo duas estratégias de adubação (com e sem nitrogênio) e quatro híbridos de *Brachiaria* (Camello, Cayman, Mulato II e Sabiá). A ausência de nitrogênio compromete todos os híbridos e não há diferença na demanda em nitrogênio.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, *Urochloa* spp., exigência nutricional

INTRODUÇÃO

A adoção de práticas sustentáveis de manejo do solo tem se mostrado essencial para garantir a produtividade agropecuária e a conservação dos recursos naturais, especialmente no bioma Cerrado. Nesse contexto, a adubação surge como uma importante estratégia de manejo, capaz de melhorar a fertilidade do solo, otimizar o uso de nutrientes e aumentar a eficiência produtiva das pastagens. Em conjunto, o desenvolvimento e o uso de híbridos de forrageiras representam inovações significativas nos sistemas de produção, promovendo maior resistência a estresses bióticos e abióticos, além de favorecer o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade das áreas de cultivo (Peixoto, 2023). A integração dessas práticas contribui para o diálogo entre pesquisadores, produtores e instituições, fortalecendo ações voltadas à conservação da água e do solo e impulsionando o avanço da ciência, tecnologia e inovação aplicadas à preservação e ao uso racional dos recursos naturais no Cerrado. Diante disso, o objetivo deste estudo é identificar se há variações nas exigências de nitrogênio entre híbridos de *Urochloa* spp., bem como verificar o capim menos afetados pela omissão de nitrogênio.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Rondonópolis, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4×2 , com quatro repetições. Foram avaliados quatro híbridos de *Brachiaria* spp. (Camello, Cayman, Mulato II e Sabiá) sob duas estratégias de adubação: com e sem nitrogênio. Após o preparo do solo e adubação fosfatada com superfosfato simples (100 mg dm^{-3}), realizou-se a semeadura (20 sementes por vaso a 1 cm de profundidade). Sete dias após a emergência fez-se o desbaste e a adubação nitrogenada (100 mg dm^{-3}) somente nos tratamentos com nitrogênio. As avaliações foram realizadas 30 dias após a emergência, o que incluiu a índice de clorofila, por meio da leitura em três folhas recentemente expandidas por parcela experimental por meio do clorofilômetro

Falker, número de perfilhos, folhas e massa de forragem. O material colhido foi seco a 55 ± 5 °C por 72 h para determinação da matéria seca. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

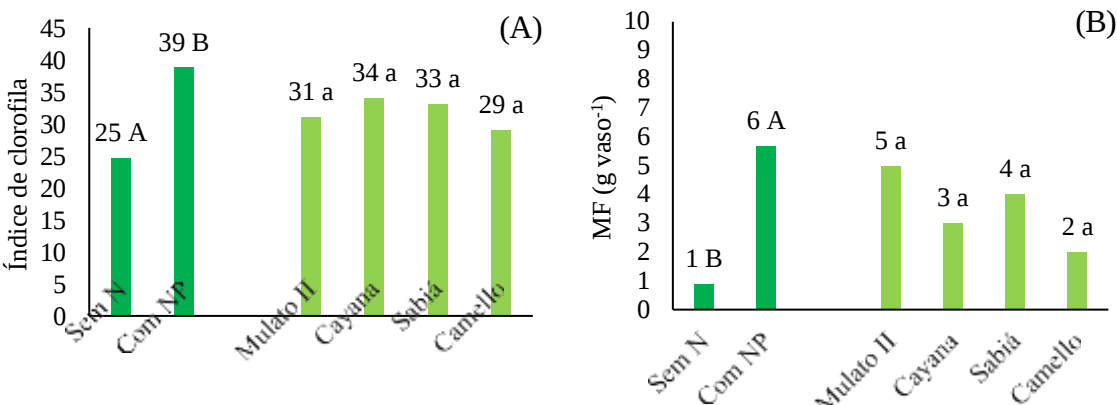
Foi observado efeito significativo da adubação em todas as variáveis analisadas, o que destaca a importância do fornecimento deste nutriente no estabelecimento de híbridos de braquiária. Houve efeito dos híbridos somente para o número de perfilhos e não houve interação significativa entre híbridos e adubação, indicando que todos responderam de maneira semelhante ao manejo nutricional adotado (Tabela 1).

Tabela 1. Síntese da análise de variância para efeito de capim, adubação, interação entre os fatores.

Variável	Híbrido	Adubação	Híbrido*Adubação	EPM
Índice de clorofila	0,0967	>0,0001	0,567	1,5359
Perfilhos	0,0018	0,0006	0,4850	1,3218
Folhas	0,1313	>0,0001	0,3846	4,0165
Massa de Forragem	0,1693	0,0002	0,7933	1,0771

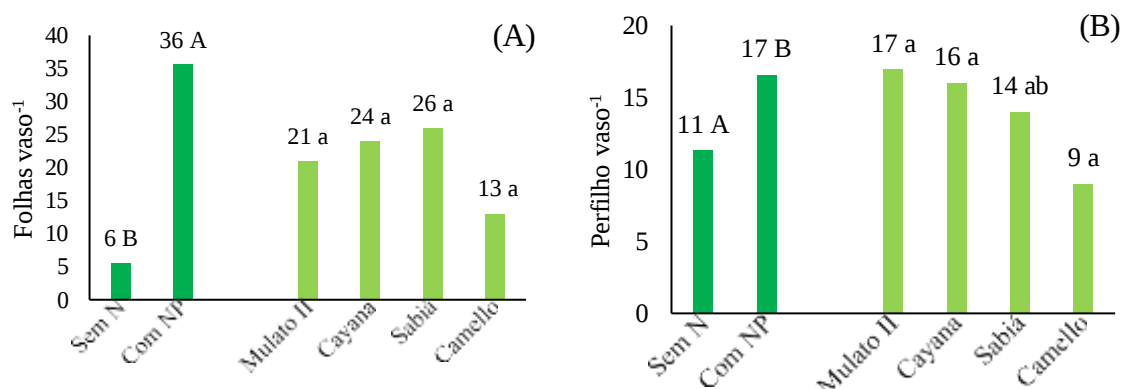
Os capins não adubados com nitrogênio tiveram menor índice de clorofila (Figura 1A), o que demonstra que a omissão de nitrogênio resulta em cloroso nos híbridos de braquiária. Esse resultado reforça o papel essencial do nitrogênio na síntese de clorofila, uma vez que esse nutriente compõe a estrutura da molécula e está diretamente relacionado à atividade fotossintética (Silva et al., 2024). A deficiência de nitrogênio, portanto, reduz a síntese de pigmentos e proteínas, ocasionando clorose foliar e menor eficiência no aproveitamento da luz.

Figura 1 – Índice de clorofila (A) e massa de forragem (B) de híbridos de *Brachiaria* spp. submetidos a omissão de nitrogênio na implantação



Médias seguidas de mesma letra maiúscula (adubação) e minúscula (cultivares) não diferem pelo teste Tukey (p>0,05). A ausência de nitrogênio resultou em menor massa de forragem (Figura 1B), o que compromete a capacidade de suporte. A redução na massa de forragem foi consequência do menor número de folhas e perfilhos (Figura 2). Esse resultado destaca o papel do nitrogênio no crescimento vegetativo e na emissão foliar, uma vez que o suprimento adequado de nutrientes estimula o desenvolvimento de novos perfilhos e, consequentemente, eleva a quantidade total de folhas por área (Oliveira et al., 2020).

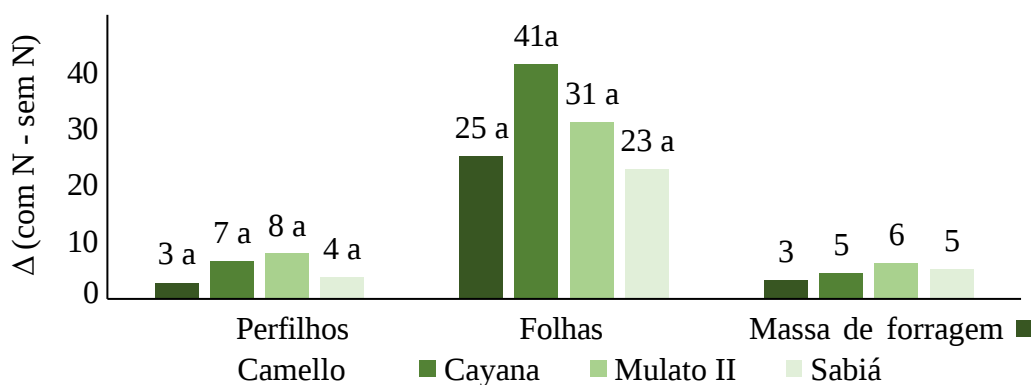
Figura 2 – Número de folhas (A) e perfilhos (B) de híbridos de *Brachiaria* spp. submetidos a omissão de nitrogênio na implantação



Médias seguidas de mesma letra maiúscula (adubação) e minúscula (cultivares) não diferem pelo teste Tukey ($p>0,05$).

A omissão de nitrogênio comprometeu igualmente todos os híbridos (Figura 3), o que demonstra que não há diferença na necessidade em nitrogênio do estabelecimento. Esse efeito pode ser atribuído a importância do nitrogênio no desenvolvimento inicial, uma vez que favorece a expansão foliar, a síntese de proteínas e o incremento da taxa fotossintética, resultando em maior acúmulo de biomassa (Wasselai et al., 2020).

Figura 3 – Variação no número de perfilhos, folhas e massa de forragem de híbridos de *Brachiaria* spp. submetidos a omissão de nitrogênio na implantação 50



Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Dessa forma, mesmo que parte do nitrogênio seja suprido por meio da mineralização da matéria-orgânica (Cabral et al., 2021), a adubação nitrogenada para os híbridos de braquiária deste estudo é importante para aumentar o número de folhas e perfilhos, o que reduz os problemas com a emergência de planta infestantes, além de aumentar a massa de forragem, que é o principal alimento de animais em pastejo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação com nitrogênio no estabelecimento promove expressivo incremento no desenvolvimento dos híbridos de braquiária. Não há diferença entre a demanda de nitrogênio dos capins Camello, Cayana, Mulato II e Sabia.

REFERÊNCIAS

- CABRAL, Carlos Eduardo Avelino; CABRAL, Carla Heloisa Avelino; SANTOS, Alyce Raiana Monteiro; MOTTA, Aline Müller; MOTA, Lucas Gimenes. **Nativa**, v. 9, n. 2, p. 173-181, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i2.12047>
- GONÇALVES, Juliano Rodrigues; CARVALHO, Carla Aparecida Brandão de; COSTA, Kevin dos Santos; OLIVEIRA, Keven Gomes de; SOARES, Jéssica Fernanda; TEIXEIRA, Vitor Augusto; SILVA, Luís Gustavo Martins da. Produção de forragem e eficiência no uso do nitrogênio em capim-corrente. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 21, n. 2, p. 185–193, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811712122022185>.
- OLIVEIRA, Danilo Diogo de; FERNANDES, Flávio Henrique de Oliveira; NOGUEIRA, Henrique Cesar Rodrigues; CARVALHO, Angélica Nunes de; SANTOS, Manoel Eduardo Rozalino; BORGES, Gustavo Segatto; BORGES, Bruno Gomes. Tillering and characterisation of tillers on marandu palisadegrass deferred and fertilised with nitrogen. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 41, n. 2, p. 621-632, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n2p621>.
- PEIXOTO, Igor Farias. **Perfilhamento de híbridos de Brachiaria durante o inverno, primavera e verão**. 2023. 31 f. Monografia (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.
- SILVA, Matheus Hashimoto da; SILVA, Marcos Augusto Alves da; DUARTE, Erich dos Reis; BONETTI, Rafael Aparecido Torue; PALUDETTO, Alexandre; MIYASHIRO, Camila Ferreira. A relação do nitrogênio com o desenvolvimento das plantas e suas formas de disponibilidade. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 5, n. 1, p. 1–9, jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i1.4762>
- WASSELAI, João Hilário Tavares; VENDRUSCOLO, Marice Cristine; DALBIANCO, Alessandro Bandeira; DANIEL, Diego Fernando; CORRÊA, Sávio Vinicius. Produção de forragem e características agronômicas de capim-piatã sob doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**, v. 77, p. 1–14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1473>.



Capítulo 08

ÍNDICE DE CLOROFILA EM SOJA (*Glycine max*) INOCULADA COM *Rhizobium tropici*

Éder Henrique Nepomuceno Franco – Universidade Federal de Rondonópolis – eder.henrique@aluno.ufr.edu.br
Salomão Lima Guimarães – Universidade Federal de Rondonópolis – salomao@ufr.edu.br

RESUMO

Objetivou-se por este trabalho avaliar o índice de clorofila Falker em soja inoculada com *Rhizobium tropici* em Latossolo Vermelho do Cerrado brasileiro. Para isso, foi conduzido um experimento em Primavera do Leste, MT. A variável analisada foi o índice de clorofila, no qual a combinação de estirpes de *R. tropici* proporcionou maior índice de clorofila nas condições edafoclimáticas do experimento.

Palavras-chave: Cerrado, bioinsumos, fome zero.

INTRODUÇÃO

O Estado do Mato Grosso destaca-se na agricultura brasileira, especialmente no cultivo da soja, que apresenta crescimento tanto em área produzida quanto em produção nos últimos anos. Este sucesso é favorecido por diversos fatores, que vão desde a utilização de maquinários avançados até a mão de obra qualificada (MIYATA, 2012).

O crescimento do setor está diretamente relacionado à demanda global por proteína vegetal, tanto para consumo humano quanto para formulação de rações. Conforme apontado por Hungria e Nogueira (2022), a capacidade da soja de suprir proteínas e óleo vegetal de alta qualidade a torna insumo fundamental para cadeias produtivas que abastecem mercados em diferentes continentes, com destaque para China e União Europeia como principais destinos das exportações brasileiras.

Porém, um dos principais obstáculos na atividade agrícola, consiste no aumento da produtividade com o menor custo e menor impacto ambiental possível, ou seja, ampliar a produção de maneira mais sustentável e com um viés ecológico. Os fertilizantes minerais são amplamente utilizados, para a obtenção de altas produtividades, o que promove, em longo prazo, um esgotamento dos recursos naturais e desequilíbrios ao meio ambiente (PATHY; RAY; PARAMASIVAN, 2020).

Visto que a recomendação de adubação para a cultura da soja baseia-se na fertilidade atual do solo, que identifica o potencial de resposta aos nutrientes para cada ecossistema, por um sistema de classes de interpretação da disponibilidade. Assim, os nutrientes são aplicados de maneira variável, de acordo com o grau de limitação de sua disponibilidade no solo. Nos solos com teores baixos e muito baixos, é necessária a adubação de correção para elevar a disponibilidade, enquanto que nos solos com teores médios a altos, devem ser aplicadas apenas as quantidades suficientes para repor as perdas com a exportação dos grãos (EDIYAMA, 2016).

Neste sentido, o nitrogênio é um dos elementos mais demandados pela soja (*Glycine max*), desempenhando papel fundamental no crescimento e na produtividade da cultura. Ele

participa de processos bioquímicos essenciais, como a síntese de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e clorofila, influenciando diretamente a fotossíntese e o enchimento de grãos (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2022).

Assim, a soja se mantém como cultura estratégica no contexto global e nacional, e a adoção de práticas inovadoras, como a inoculação biológica de novas espécies fixadoras de nitrogênio, integrada ao manejo nutricional, representa um caminho promissor para assegurar a competitividade da produção brasileira, atender às crescentes demandas de mercado e garantir a sustentabilidade a longo prazo.

A soja, no entanto, possui uma vantagem singular sobre culturas não leguminosas: sua capacidade de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, como as do gênero *Rhizobium*. Essa interação permite que o nitrogênio atmosférico (N_2), abundante e inerte, seja convertido em formas assimiláveis pelas plantas, reduzindo ou eliminando a necessidade de adubação nitrogenada mineral. Hungria e Nogueira (2022) destacam que a fixação biológica de nitrogênio (FBN) na soja brasileira é capaz de fornecer praticamente todo o nitrogênio necessário para a formação da biomassa e dos grãos, representando não apenas um ganho econômico expressivo, mas também um diferencial competitivo no cenário mundial.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o índice de clorofila Falker em plantas de soja inoculadas com *Rhizobium tropici* nas condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Estação de Pesquisa Agronômica Agromax, na safra 2024/2025 no município de Primavera do Leste - Mato Grosso. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho de textura argilosa, típicos do Cerrado.

Para a semeadura, utilizou-se a cultivar NS 7676 IPRO com tratamento industrial de sementes (TS) com Fortenza® Elite 60 FS na peneira 5,5. Foi adotado o espaçamento de 0,50 m entre linhas, em que cada parcela foi demarcada com dimensões de 8 m², com manejo padrão para a cultura e região, sendo conduzido em regime de sequeiro, adotando-se práticas fitossanitárias conforme recomendações agronômicas.

Para correção da acidez e suporte nutricional, aplicou-se calcário dolomítico e 230 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples (SSP 23%) no sulco de semeadura. O manejo de adubação foi realizado conforme análise de solo. No entanto, para o nitrogênio foi adotado a combinação dos tratamentos, descritos na Tabela 1. Os tratamentos incluíram o controle absoluto (sem inoculação e sem adubação nitrogenada), inoculante comercial de *Bradyrhizobium* spp. e, as estirpes MT 8 e MT 15.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições e 11 tratamentos (Tabela 1), totalizando 44 parcelas experimentais.

As estirpes MT 8 e MT 15 de *Rhizobium tropici*, bem como as de *Azospirillum brasilense* contidas no produto comercial, MBIO PHOS, foram multiplicadas em meios de cultura específicos até atingirem densidade bacteriana adequada ($2,0 \times 10^8$ UFC/mL). A inoculação das sementes foi realizada imediatamente antes da semeadura, garantindo viabilidade máxima dos micro-organismos, com o auxílio de seringas novas de 3 mL, uma para cada tratamento, garantindo a individualização e prevenção de contaminação cruzada. Para coinoculações, os micro-organismos foram misturados em proporções padronizadas de 1,5 mL.ha⁻¹ enquanto o inoculante comercial foi aplicado conforme as instruções do fabricante.

Tabela 1 - Combinação dos tratamentos testados.

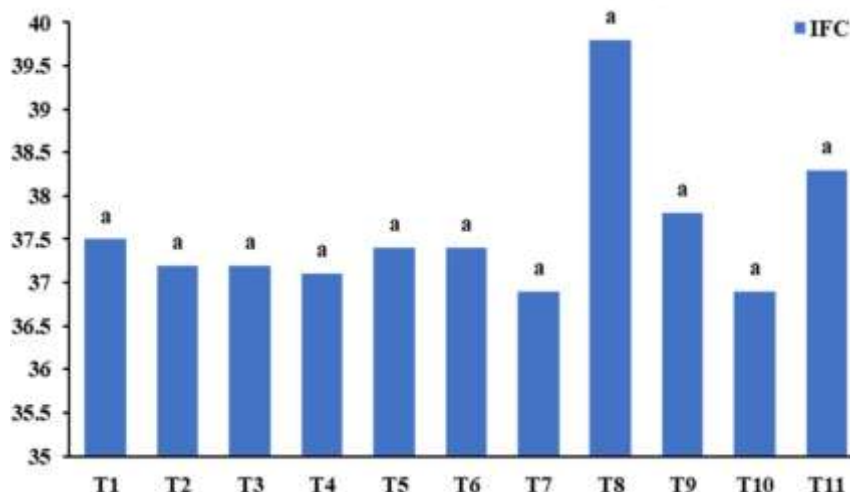
	Tratamentos	Etapa	Dose	Etapa	Dose
T1	Testemunha	-	-	-	-
T2	Ureia 46% (200 kg/ha N)	Plantio	52,0 kg.ha ⁻¹	Floração	52,0 kg.ha ⁻¹
T3	MT 8	TS	1,5 mL.ha ⁻¹	-	-
T4	MBIO BRAD	TS	1,5 mL.ha ⁻¹	-	-
T5	MBIO PHOS	TS	1,5 mL.ha ⁻¹	-	-
T6	MT15	TS	1,5 mL.ha ⁻¹	-	-
T7	MT 8 (50%) + MBIO BRAD (50%)	TS	1,5 mL.ha ⁻¹	-	-
T8	MT 8 (50%) + MBIO PHOS (50%)	TS	1,5 mL.ha ⁻¹	-	-
T9	MT 15 (50%) + MBIO BRAD (50%)	TS	1,5 mL.ha ⁻¹	-	-
T10	MT 15 (50%) + MBIO PHOS (50%)	TS	1,5 mL.ha ⁻¹	-	-
T11	MT8 (50%) + MT15 (50%)	TS	1,5 mL.ha ⁻¹	-	-

Aos 36 DAS, foi realizada a avaliação do índice de clorofila utilizando o equipamento Falker CFL 1030, aferindo-se 16 plantas por tratamento. Após a coleta e tabulação dos dados, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e quando significativos, efetivada a comparação das médias, através do teste de Scott-Knott ao nível de significância de $p < 0.05$, realizado pelo software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode observar no presente trabalho que não houve diferença entre os tratamentos, quando avaliados os índices de clorofila foliar (Tabela 2). Observa-se ainda na tabela 2, que o coeficiente de variação encontrado no experimento é considerado baixo, mostrando a homogeneidade dos dados. Corroborando com Rocha (2013) que também encontrou baixos coeficiente de variação avaliando índice Falker de clorofila (IFC) nas culturas de milho e soja.

Tabela 2 – ANOVA referente ao índice Falker de clorofila (IFC) em relação aos tratamentos.



*Letra minúscula em linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a $p > 0.05$.

A soja é uma cultura amplamente cultivada nas regiões brasileiras, com grande importância econômica para o agronegócio brasileiro e mundial (COSTA et al., 2019). Dentre os fatores inerentes à produção agrícola, o clima aparece como aquele de mais difícil controle e maior ação sobre a limitação às máximas produtividades. A cultura da soja necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, a precipitação pluviométrica e o

fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo. Para tanto, a clorofila é responsável pela captação de radiação solar e está diretamente associada com o potencial de atividade fotossintética, do mesmo modo que o estado nutricional das plantas, geralmente, está associado com a quantidade de clorofila.

CONCLUSÃO

A inoculação com as estirpes MT8 e MT15 de *Rhizobium tropici* foram eficientes no parâmetro índice foliar de clorofila, tendo como melhor tratamento o T11.

REFERÊNCIAS

- COSTA, L. C. et al. Benefícios da coinoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio na soja. Boletim Técnico n. 10. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural do RS, 2023.
- HUNGRIA, M. A.; NOGUEIRA, M. A. Fixação biológica do nitrogênio. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (org.). Bioinsumos na cultura da soja. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 141-162.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 811- 817, 2015.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. **Anais da XXXIII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Londrina. - PR, 2013.



Capítulo 09

POTENCIALIDADES E DESAFIOS DOS VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) NA AGRICULTURA: EFICIÊNCIA, MONITORAMENTO E SUSTENTABILIDADE SOB REVISÃO.

Profa. Dra. Maria Aparecida Peres-Oliveira – Universidade Federal de Rondonópolis – mapeoli@gmail.com
Daniely Vitória Bastos Ramos – Universidade Federal de Rondonópolis

RESUMO

Este estudo analisa e mostra, via revisão bibliográfica, as potencialidades e impactos dos drones (Veículos Aéreos Não Tripulados/VANTS) na agricultura de precisão. A tecnologia permite monitoramento detalhado e aplicação precisa de insumos, aumentando a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade agrícola. Apesar de desafios como custo, capacitação e regulamentação, os drones representam inovação promissora para otimizar processos e promover a sustentabilidade agrícola, consolidando-se como ferramenta versátil.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão; Drones; VANT; Monitoramento Agrícola; Tecnologia Agrícola.

INTRODUÇÃO

Os drones têm se tornado uma grande ferramenta no mercado atual quando se fala de tempo e produção, seja ela na agricultura, logística, segurança, dentre outros usos. Com o intuito de monitorar e pulverizar insumos, tem se usado cada vez mais esses equipamentos na agricultura (SILVA et al., 2023; ALARCÃO JÚNIOR; NUÑEZ, 2024).

A agricultura contemporânea atravessa um período de intensa modernização, impulsionado pela Agricultura 4.0 e pelos princípios da Agricultura de Precisão (ALARCÃO JÚNIOR; NUÑEZ, 2024; RAMIN; LIMA; BARBOSA, 2021). A Agricultura de Precisão configura-se como um sistema de gestão agrícola que emprega tecnologias avançadas para considerar a variabilidade espacial e temporal das lavouras, objetivando a otimização do uso de insumos, a maximização da produtividade e da rentabilidade, e a minimização dos impactos ambientais promovendo a sustentabilidade agrícola (ALMEIDA, 2023; RAMIN; LIMA; BARBOSA, 2021). Neste cenário de transformação digital, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS), comumente designados como drones, consolidaram-se como ferramentas tecnológicas essenciais (ALMEIDA, 2023; SILVA et al., 2023).

Os VANTS, aeronaves que operam sem piloto embarcado (NUNES; GEDANKEN, 2018; ALMEIDA, 2023), evoluíram de suas origens militares (RAMIN; LIMA; BARBOSA, 2021) para encontrar ampla aplicabilidade em setores civis, notadamente na agricultura (JESUS; PERES, 2023). Sua relevância no agronegócio deriva da capacidade de coletar dados geoespaciais e imagens de alta resolução em tempo real, por meio de sensores e câmeras embarcadas (NUNES; GEDANKEN, 2018; FRANCHINI et al., 2018; ALARCÃO JÚNIOR; NUÑEZ, 2024). Esta capacidade viabiliza o monitoramento acurado das condições da lavoura, o mapeamento detalhado de áreas e a aplicação localizada e precisa de insumos, como

agrotóxicos e fertilizantes.

A adoção de VANTs na agricultura contribui para a tomada de decisões mais informadas e assertivas por parte dos produtores (ALMEIDA, 2023) resultando em aumento da eficiência operacional, potencial redução de custos e desperdícios, e ainda, promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis. O objetivo desta revisão é analisar e sintetizar, com base na literatura recente, as potencialidades, aplicações e desafios inerentes à utilização de VANTs na agricultura de precisão (JESUS; PERES, 2023; SILVA et al., 2023; ALARCÃO JÚNIOR; NÚÑEZ, 2024).

METODOLOGIA

Este trabalho foi conduzido por meio de uma revisão bibliográfica, baseada na análise de artigos científicos e documentos técnicos recentes que abordam a aplicação de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na agricultura. A seleção do material concentrou-se em publicações que exploram as possibilidades de aplicação, o desempenho, os benefícios e os desafios do uso de drones em diferentes contextos agrícolas, incluindo a agricultura de precisão, o mapeamento de culturas, a detecção de estresses bióticos e abióticos, e a aplicação de insumos. As informações relevantes foram compiladas, analisadas criticamente e sintetizadas para apresentar um panorama atualizado sobre as perspectivas da utilização desta tecnologia no setor agrícola.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A literatura revisada converge ao apontar os VANTs como uma tecnologia de impacto significativo na agricultura de precisão, oferecendo vantagens substanciais em relação a métodos tradicionais e outras tecnologias de sensoriamento remoto, como satélites por exemplo. A capacidade de gerar imagens de alta resolução espacial (centimétrica) e temporal, com maior flexibilidade operacional e custo potencialmente inferior, destaca-se como um diferencial chave.

Principais Aplicações e Benefícios Identificados:

- **Monitoramento e Diagnóstico Detalhado:** Os VANTs, equipados com diversos sensores (RGB, multiespectrais, termais), possibilitam a avaliação precisa da lavoura. Identificam falhas de plantio, permitem a contagem de plantas, monitoram o desenvolvimento vegetativo e estimam a biomassa e a produtividade. A detecção precoce de estresses bióticos (pragas, doenças e plantas daninhas) e abióticos (deficiência nutricional, estresse hídrico, dentre outros) é facilitada pelo uso de índices de vegetação (e.g., NDVI, MPRI), permitindo intervenções rápidas e localizadas.
- **Mapeamento e Gestão Territorial:** Drones são eficazes na geração de mapas georreferenciados, mapeamento topográfico (gerando MDS e MDT), demarcação de áreas, identificação de zonas de manejo e monitoramento de processos erosivos, auxiliando no planejamento agrícola e na adoção de práticas conservacionistas.
- **Aplicação Precisa de Insumos:** A pulverização de agrotóxicos e fertilizantes por VANTs é uma aplicação crescente e promissora. Permite a aplicação localizada, reduzindo significativamente o volume de produtos utilizados, minimizando a deriva, os custos e o impacto ambiental. Drones multirotores são especialmente úteis em terrenos irregulares ou de difícil acesso.
- **Aumento da Eficiência e Produtividade:** A agilidade na coleta de dados e a precisão das informações possibilitam uma gestão mais eficiente e decisões mais rápidas e assertivas. Isso se traduz em potencial aumento da produtividade e da rentabilidade. O retorno sobre o investimento é frequentemente citado como rápido.

Desafios:

- A literatura analisada demonstra um forte consenso sobre os benefícios multifacetados dos VANTs, consolidando-os como uma tecnologia versátil e de alto potencial para a agricultura de precisão. A capacidade de fornecer um diagnóstico detalhado e em tempo real da lavoura permite uma transição de um manejo reativo para um manejo proativo e preditivo, alinhado aos princípios da Agricultura 4.0. A economia de insumos e a redução do impacto ambiental são particularmente relevantes no contexto atual de busca por sustentabilidade na produção agrícola.
- Não obstante o potencial, a adoção generalizada dos VANTs enfrenta barreiras significativas. O custo inicial de aquisição dos equipamentos e softwares associados, bem como os custos de manutenção, ainda são considerados elevados por parte dos produtores. A necessidade de conhecimento técnico especializado para operar as aeronaves, planejar voos, processar as imagens e, crucialmente, interpretar os dados agronomicamente é um desafio. Limitações técnicas intrínsecas aos VANTs, como a autonomia de voo restrita pela duração da bateria, a capacidade de carga limitada (payload) e a suscetibilidade a condições climáticas adversas (vento forte, chuva), restringem a operacionalidade e a escala de algumas aplicações, como a pulverização em grandes áreas.
- Podemos considerar ainda o arcabouço regulatório complexo, envolvendo múltiplos órgãos (ANATEL, ANAC, DECEA, Ministério da Defesa), exige homologação de equipamentos, registro de operadores e aeronaves, contratação de seguro obrigatório (RETA) e solicitação de autorização para cada voo, representando um ônus burocrático. Questões relacionadas à privacidade e à infraestrutura de conectividade em áreas rurais também são apontadas como desafios relevantes. A presente revisão, baseada nos documentos fornecidos, não aprofundou a comparação com um espectro mais amplo da literatura internacional, o que poderia constituir um passo subsequente para validar a generalidade dos achados, uma vez que foram consideradas as condições no Brasil. Em diversos casos, os obstáculos envolvem logística, condições ambientais e processamento de dados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura recente confirma que os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) representam uma inovação tecnológica promissora e impactante para a agricultura de precisão. Sua capacidade de fornecer dados detalhados e geoespacializados em tempo hábil possibilita um monitoramento acurado e uma gestão mais eficiente e localizada das lavouras. A aplicação precisa de insumos, a otimização de processos e o potencial aumento da produtividade e sustentabilidade são benefícios consistentemente destacados. Entende-se que a tecnologia dos drones representa uma inovação promissora, com potencial para otimizar processos e promover a sustentabilidade em diversos setores. A pesquisa demonstra que, seja para mapeamento ou para agricultura de precisão, os drones se consolidam como uma ferramenta versátil, cujos desafios principais agora se concentram na logística de operação e no processamento e interpretação dos dados coletados.

Contudo, a consolidação dos VANTs como ferramenta padrão no agronegócio depende da superação de desafios importantes, notadamente os custos associados, a necessidade de capacitação técnica, as limitações operacionais dos equipamentos e a complexidade do ambiente regulatório.

Em suma, os VANTs oferecem um potencial significativo para tornar a agricultura mais eficiente, produtiva e sustentável. A continuidade da pesquisa, o desenvolvimento de sensores mais avançados, a melhoria na autonomia e capacidade de carga, a simplificação do processamento de dados e a adequação das políticas regulatórias serão cruciais para maximizar o impacto positivo dessa tecnologia no futuro da produção agrícola.

REFERÊNCIAS

- ALARCÃO JÚNIOR, J. C. de; NUÑEZ, D. N. C. O uso de drones na agricultura 4.0. **Brazilian Journal of Science**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2024. DOI: 10.14295/bjs.v3i1.438.
- ALMEIDA, É. C. de. **Potencialidades da utilização dos drones na agricultura de precisão**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Administração) – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Naviraí, Naviraí, 2023. Orientadora: Profa. Dra. Paula da Silva Santos.
- ANTUNES, F. M.; JUNIOR, J. R.; CARVALHO, J. H.; PEDROSO, E. J. Diagnostico do uso de drones na agricultura moderna. **Revista Científico Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT**, Itapeva, [20--?]. ISSN 1806-6933.
- FRANCHINI, J. C. *et al.* **Uso de imagens aéreas obtidas com drones em sistemas de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 39 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 408).
- JESUS, L. C. de; PERES, W. L. R. Os impactos da utilização de drones na agricultura. **Contemporânea - Contemporary Journal**, v. 3, n. 11, p. 22713-22736, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N11-137. Disponível em: . Acesso em: 19 out. 2025.
- NUNES, M. de S.; GEDANKEN, V. **Agricultura de precisão: drones**. Brasília: Senar, 2018. 84 p. (Coleção SENAR, 249). ISBN: 978-85-7664-198-8.
- RAMIN, A. C.; LIMA, E. C. de; BARBOSA, K. V. F. da S. **Agricultura de precisão: uso de drones**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Agropecuária) – ETEC Frei Arnaldo Maria de Itaporanga, Votuporanga, 2021.
- SILVA, J. M. P. da; SILVA, A. M. da; SILVA, V. L. B. da. Utilização de drone na potencialização da produtividade agrícola. *In: Pesquisas e Inovações em Ciências Agrárias: Produções Científicas Multidisciplinares no Século XXI*. [S.l.]: Poisson, 2023. v. 1, cap. 20. DOI: 10.55232/1083003.20.

Seção 2 – Manejo e Conservação da Água e do Solo



Capítulo 10

DESENVOLVIMENTO INICIAL DO RABANETE SOB NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NO SOLO

Letícia Alves dos Reis – Universidade Federal de Rondonópolis – leticia.reis@aluno.ufr.edu.br

Marcio Koetz – Universidade Federal de Rondonópolis – marcio.koetz@ufr.edu.br

Aléxia Gabrielly Fermiano Rezende – Universidade Federal de Rondonópolis – alexia.rezende@aluno.ufr.edu.br

Ryan Souza Torres – Universidade Federal de Rondonópolis – ryanr.s.t.12@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes níveis de disponibilidade hídrica na cultura do rabanete. Foram analisadas altura de planta, número de folhas e massa fresca e seca da parte aérea. A lâmina de 140 % proporcionou o maior número de folhas. O nível de irrigação que proporcionou a maior massa fresca da parte aérea foi de 122,2 %. Houve influência da irrigação no desenvolvimento de folhas e para massa fresca.

Palavras-chave: tensiômetro; vaso; ambiente protegido; Cerrado; tensão de água no solo.

INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.), de origem europeia e asiática, é uma hortaliça amplamente cultivada em pequenas propriedades localizadas nos cinturões verdes das regiões metropolitanas. No Brasil, apresenta significativa aceitação no mercado consumidor, sendo comercializado em diversas regiões, incluindo Rondonópolis. Entre as principais características agrônômicas da espécie, destacam-se o ciclo curto, a rusticidade relativa e a possibilidade de obtenção de retorno rápido, permitindo o aproveitamento do intervalo entre culturas de ciclo mais longo (CARDOSO; HIRAKI, 2001).

A irrigação representa um fator crucial para o aumento da produtividade do rabanete, pois possibilita o cultivo ao longo de todo o ano, mesmo em períodos de escassez hídrica. Apesar de sua relevância econômica e nutricional, há poucos estudos voltados para o cultivo irrigado do rabanete na região de Rondonópolis, especialmente em condições de ambiente protegido. Dessa forma, torna-se necessário investigar as condições ideais de desenvolvimento da cultura na região, considerando os diferentes níveis de disponibilidade hídrica.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), utilizando-se solo coletado a uma profundidade de 0 a 20 cm. A caracterização física e química do solo foi realizada em laboratório, incluindo análise granulométrica e determinação da textura conforme os padrões da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial da cultura do rabanete sob diferentes níveis de irrigação em Latossolo Vermelho, típico do Cerrado Mato-grossense.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Universidade Federal de

Rondonópolis (UFR), administrada pelo Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental. A espécie utilizada foi o rabanete (*Raphanus sativus* L.). O solo foi coletado em uma área de Latossolo Vermelho, representativo das condições do Cerrado, na profundidade de 0 a 20 cm. Após a coleta, o solo foi passado em peneira de 2 mm e homogeneizado para posteriores análises laboratoriais. A caracterização química e física incluiu análise granulométrica pelo método do densímetro (EMBRAPA, 1997) e determinação da textura conforme critérios da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Para correção da acidez, foi realizada calagem, aplicando-se 5,236 g de calcário em cada vaso, que continha 1,826 kg de solo, com capacidade de 2,4 L.

A adubação inicial foi realizada na semeadura com NPK, sendo completada com aplicações de nitrogênio após 7 dias e novamente 15 dias depois. Por vaso (2 dm²) foram aplicados: 200 mg de potássio (K₂O), 200 mg de nitrogênio (N), 600 mg de fósforo (P₂O₅) e 40 mg de micronutrientes (FTE). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco níveis de irrigação: 60%, 80%, 100%, 120% e 140% da capacidade de campo, com quatro repetições de cada, totalizando 20 parcelas experimentais.

A irrigação foi monitorada por meio de tensiômetros instalados a 10 cm de profundidade. A umidade do solo foi controlada com base na curva de retenção de água previamente obtida em laboratório, permitindo calcular o volume de água necessário para cada tratamento. Durante a fase inicial de cultivo, a irrigação foi diária para manutenção da umidade, e, posteriormente, realizada sempre que a tensão atingiu 15 kPa.

Foram avaliadas as seguintes características do rabanete: a) Altura de planta (cm); b) Número de folhas; c) Massa fresca da parte aérea(g) e d) Massa seca da parte aérea(g). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o software SISVAR e o teste F, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da altura das plantas de rabanete indicou média geral de 22,77 cm e não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos de irrigação (60%, 80%, 100%, 120% e 140% da capacidade de campo). Esse resultado sugere que, nas fases iniciais, a altura da cultura é relativamente pouco sensível às variações de irrigação, refletindo a rusticidade do rabanete (CARDOSO; HIRAKI, 2001).

O número de folhas apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), com média geral de 6,62 folhas. A regressão linear indicou aumento do número de folhas com o incremento da irrigação, sendo o máximo previsto para o tratamento de 140% da capacidade de campo (Figura 1). As médias observadas foram: 6,50 (60%), 6,00 (80%), 6,75 (100%), 6,58 (120%) e 7,25 (140%). O coeficiente de determinação (R^2) foi de 76,46%, indicando bom ajuste da regressão. Estes resultados mostram que a disponibilidade adequada de água promove maior desenvolvimento foliar, essencial para fotossíntese e crescimento vegetativo (MAROUELLI; SILVA, 2011).



Figura 1. Número de folhas para os níveis de irrigação.

Para a massa fresca (Figura 2), houve diferenças significativas ($p < 0,05$), com média geral de 14,85 g. A regressão polinomial ajustada indicou um menor acúmulo de massa fresca no tratamento de 60 % da capacidade de campo (12,14 g). O nível de irrigação que proporcionou a maior massa fresca da parte aérea foi de 122,2 % da capacidade de campo. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 99,85%, indicando excelente ajuste da regressão.

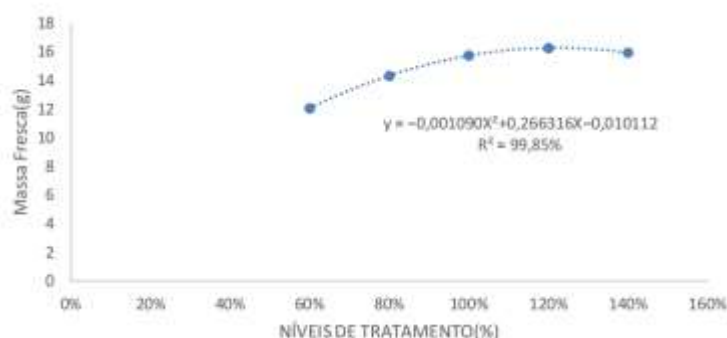


Figura 2. Massa fresca para os níveis de irrigação.

Para a massa seca não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, com média geral de 2,14g.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A irrigação influencia no número de folhas e na massa fresca da parte aérea do rabanete. O manejo com irrigação ligeiramente superior à capacidade de campo pode favorecer o crescimento inicial do rabanete, especialmente na formação de folhas e aumento da massa fresca, proporcionando melhores condições para o estabelecimento da cultura.

AGRADECIMENTO

A UFR pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, A. I. I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio

em cobertura na cultura do rabanete. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 196-199, 2001.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos e análise de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1997. 212 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. 20 p. (Circular Técnica, 11). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75698/1/ct-98.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2025.



Capítulo 11

PRODUTIVIDADE DA RÚCULA SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Aléxia Gabriélly Fermiano Rezende – Universidade Federal de Rondonópolis – alexia.rezende@aluno.ufr.edu.br

Marcio Koetz – Universidade Federal de Rondonópolis – marcio.koetz@ufr.edu.br

Letícia Alves dos Reis – Universidade Federal de Rondonópolis – leticia.reis@aluno.ufr.edu.br

Ryan Souza Torres – Universidade Federal de Rondonópolis – ryanr.s.t.12@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes níveis de disponibilidade hídrica na cultura da rúcula. Foram analisadas altura de planta, número de folhas e massa fresca e seca da parte aérea. Houve influência significativa da irrigação para altura das plantas e a massa fresca da parte aérea, com um bom desempenho produtivo próximo ao nível de água de 100% da capacidade de campo.

Palavras-chave: tensiômetro; vaso; ambiente protegido; Cerrado; tensão de água no solo.

INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* L.) é um vegetal folhoso de porte herbáceo, da família Brassicaceae, caracterizado por um rápido crescimento vegetativo e ciclo curto. As folhas caracterizam-se por consistência espessa e bordas irregulares, exibindo uma tonalidade esverdeada, marcada por nervuras mais claras (Morales; Janick, 2002).

Para alcançar alto rendimento produtivo e viabilidade econômica no cultivo dessa hortaliça, é essencial que elementos relacionados à nutrição vegetal, manejo hídrico adequado, à genética e à sanidade estejam equilibrados. Assim, a água é um importantíssimo componente que exerce papel fundamental na regulação dos processos fisiológicos e morfológicos da planta. Embora os sistemas de cultivo protegido sejam fundamentais para a produção de hortaliças no Brasil, os dados científicos disponíveis ainda são limitados para orientar a aplicação eficiente dessa tecnologia em diferentes regiões climáticas do País, especialmente os relacionados ao manejo hídrico adequado (Santos; Pereira, 2004).

Nesse cenário, o presente estudo teve como objetivo determinar a produtividade da rúcula sob lâminas de irrigação em Latossolo Vermelho do Cerrado Mato-grossense.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. A espécie utilizada foi a rúcula (*Eruca sativa* L.). O solo foi coletado de uma área de Latossolo Vermelho típico do Cerrado (Embrapa, 2013). Foi retirado da camada de 0 a 20 cm, peneirado (malha de 2 mm) e homogeneizado para análise química e física em laboratório. Para a calagem, foi utilizado calcário domilítico com PRNT=106% para corrigir o pH e elevar a saturação por bases para

70%. Para correção da acidez, foi realizada calagem, aplicando-se 4,481 g de calcário em cada vaso, que continha 1,826 kg de solo, com capacidade de 2,4 L.

A adubação inicial foi realizada na semeadura com NPK, sendo completada com aplicações de nitrogênio após 9 e 16 dias da semeadura e o potássio foi aplicado após 9 dias. Foram aplicados por vaso (2,4 dm³), 360 mg dm³ de nitrogênio (N) e de potássio (K₂O), utilizando como fontes a ureia e o cloreto de potássio, respectivamente, e 670 mg dm³ de fósforo (P₂O₅), utilizado como fonte o superfosfato simples.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco níveis de irrigação: 60%, 80%, 100%, 120% e 140% da capacidade de campo, com quatro repetições de cada, totalizando 20 parcelas experimentais.

A irrigação foi monitorada por meio de tensiômetros instalados a 10 cm de profundidade. A umidade do solo foi controlada com base na curva de retenção de água previamente obtida em laboratório, permitindo calcular o volume de água necessário para cada tratamento. No início, todos os vasos foram irrigados com o mesmo volume de água diariamente, sem ultrapassar a tensão de 15 kPa e após o estabelecimento das plantas, a irrigação foi efetuada sempre que a tensão atingia 15 kPa, respeitando os níveis de irrigação.

Foram avaliadas as seguintes características da rúcula: a) Altura das plantas (cm); b) Número de folhas; c) Peso fresco da parte aérea (g) e d) Peso seco da parte aérea (g). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o software SISVAR e o teste F, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a altura de plantas houve diferença significativa ($p < 0,05$), com média geral de 20,16 cm. A regressão polinomial indicou que o nível de irrigação que proporcionou o maior desenvolvimento vertical foi de 87,81% da capacidade de campo (Figura 1). O coeficiente de determinação (R^2) foi de 91,20%, indicando excelente ajuste da regressão.

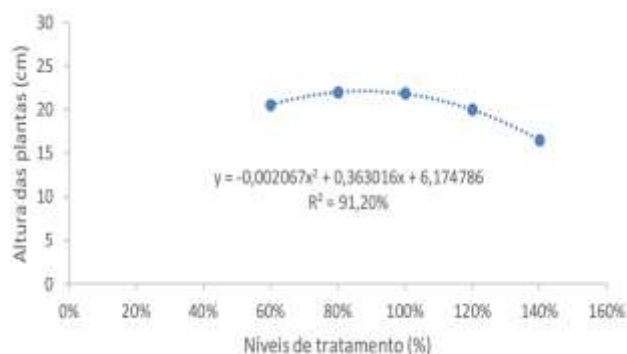


Figura 1. Altura de plantas para os níveis de irrigação.

Segundo Moline et al. (2015), em experimento com rúcula sob diferentes lâminas de irrigação em Vilhena (RO), a altura de plantas foi maior quando aplicou-se à lâmina que supria essencialmente a sua necessidade hídrica, 100%, ou seja, próximo ao resultado encontrado nesse experimento.

Para o número de folhas não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, o que diferencia de Moline et al. (2015) no qual a lâmina de 100% demonstrou ser a melhor lâmina de aplicação.

Diferenças significativas ($p < 0,05$) foram obtidas para a massa fresca da parte aérea, com média geral de 32,22 g. Conforme a regressão polinomial (Figura 2), o menor valor para a biomassa ocorreu no tratamento de 60% (22,4g). Foi possível determinar que o nível de irrigação que proporcionou o maior desenvolvimento de massa fresca foi de 101,78% da

capacidade de campo. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 89,90%, indicando ótimo ajuste da regressão.

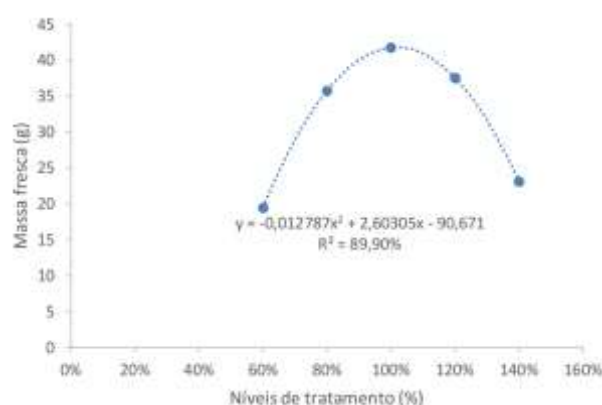


Figura 2. Massa fresca de plantas para os níveis de irrigação.

Ensinas et al. (2008) e Moline et al. (2015), observaram que os maiores valores massa verde da parte aérea da rúcula foram obtidos com plantas irrigadas com lâminas de 100% da necessidade, o que condiz com os resultados obtidos para este experimento, no qual o maior valor para a massa fresca da parte aérea ficou próximo a 100 % da capacidade de campo.

Para a massa seca não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, com média geral de 3,02 g.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A irrigação influencia na altura de plantas de folhas e na massa fresca da parte aérea da rúcula. O manejo hídrico com lâmina de irrigação próxima a capacidade de campo favorece a produção de biomassa fresca, assim como o desenvolvimento vertical.

AGRADECIMENTO

UFR pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, 2013. 353p.
- ENSINAS, S. C. et al. Níveis de fertirrigação nas características morfofisiológicas de mudas de rúcula. **Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 7-17, 2008.
- MOLINE, E. F. V. et al. Diferentes lâminas de irrigação na cultura da rúcula no Sul de Rondônia. **Nucleus**, v.12, n. 1, p. 371-378, 2015.
- MORALES, M.; JANICK, J. Arugula: a promising specialty leaf vegetable. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. Trends in new crops and new uses. **Alexandria**: ASHS Press, p. 418, 2002.
- SANTOS, Silvânio R. dos; PEREIRA, Geraldo M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 569-577, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162004000300009>.



Capítulo 12

PRODUÇÃO DE RABANETE SOB NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO EM CASA DE VEGETAÇÃO

Ryan Souza Torres – Universidade Federal de Rondonópolis – ryanr.s.t.12@gmail.com

Marcio Koetz – Universidade Federal de Rondonópolis – marcio.koetz@ufr.edu.br

Letícia Alves dos Reis – Universidade Federal de Rondonópolis – leticia.reis@aluno.ufr.edu.br

Aléxia Gabrielly Fermiano Rezende – Universidade Federal de Rondonópolis – alexia.rezende@aluno.ufr.edu.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar o desenvolvimento do rabanete sob diferentes níveis de irrigação. Foram analisados diâmetro, comprimento e massa da raiz tuberosa. Foram cinco tratamentos (de 60% a 140% da capacidade de campo). Os resultados demonstraram influência significativa da irrigação nas três variáveis analisadas, sendo que valores de lâminas de irrigação próximas a 100%, são os mais adequados no desenvolvimento das plantas. A cultura do rabanete demonstrou grande sensibilidade ao estresse hídrico.

Palavras-chave: tensiômetro; vaso; ambiente protegido; Cerrado; tensão de água no solo.

INTRODUÇÃO

A semente de rabanete Crimson Gigante é um produto especialmente desenvolvido para jardinagem, hobby e lazer. As sementes são cuidadosamente selecionadas, levando em conta as diversas condições climáticas do Brasil, garantindo assim excelentes resultados. Pele vermelha grande, intensa e polpa branca com um sabor suave, consumido no mundo todo por seu sabor adocicado, refrescante e picante.

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma planta herbácea pertencente a família Brassicaceae, produzida como hortaliça cujas raízes apresentam alto valor alimentício, seu ciclo vegetativo tem duração de 25 a 40 dias (Filgueira, 1982). O rabanete é consumido cru, sendo considerado boa fonte de cálcio, ferro e fósforo. Contém ainda vitaminas B1, B2, ácido nicotínico e vitamina C (Camargo, 1992). Tradicionalmente, o cultivo do rabanete é realizado em canteiros definidos, em condições de campo, utilizando principalmente o método de irrigação por aspersão (Makishima, 1993).

Na faixa de pH do solo entre 5,5 e 6,8 o rabanete apresenta maior desenvolvimento (Vidigal e Pedrosa, 2007), o que torna a calagem e a adubação fosfatada ferramentas indispensáveis (Raij, 2008) para a produção desta cultura.

O rabanete cresce de forma favorável em climas com temperaturas entre os 8° e os 22° C, e se adequa melhor em locais que recebem luz direta, ou que a sombra seja pouca durante o dia. O Rabanete pode crescer sob sol direto, sendo que o solo precisa ser arejado, sem pedras ou raízes de outras plantas (para não entortar as raízes dos rabanetes) e que de preferência que o solo seja rico em matéria orgânica.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento do rabanete sob diferentes níveis de irrigação em Latossolo Vermelho do Cerrado Mato-grossense.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na casa de vegetação da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. A espécie utilizada foi o rabanete (*Raphanus sativus* L.).

A caracterização química e física do solo foram realizadas em laboratório especializado. A análise granulométrica foi realizada pelo método do densímetro (EMBRAPA, 1997) e a caracterização textural realizada de acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

O solo foi coletado em uma área de Latossolo vermelho (EMBRAPA, 2013), que representa as condições de Cerrado, na profundidade de 0-20 cm, passado na peneira de 2 mm de abertura e homogeneizado para posteriores análises.

Com base nesta análise do solo, foi determinada a recomendação da adubação e correção da acidez do solo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado e o uso de irrigação monitorado por meio de uma bateria de 4 tensiômetros, instalados a uma profundidade de 10 cm, nas unidades experimentais com nível de reposição de água no solo de 100 % da capacidade de campo (tratamento de referência). Os tratamentos compreenderam a 5 níveis de água no solo, sendo os tratamentos de 60%, 80%, 100 %, 120 % e 140 % da capacidade de campo com 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Para o tratamento de 100 %, foi irrigado até que volte a condição de capacidade de campo. Os vasos possuíam a capacidade para 2 litros (dm^3) de solo. A adubação utilizada foi a recomendada para a cultura. Da semeadura até o estabelecimento da cultura, todos os tratamentos foram irrigados (diariamente) de forma a repor toda a água consumida no dia anterior, não deixando ultrapassar a tensão de 15 kPa. Após esse período, a irrigação foi feita sempre que a tensão chegar a 15 kPa, aplicando-se, manualmente, o volume de água necessário diretamente em cada vaso, utilizando-se de uma proveta.

Foram avaliadas, na cultura do rabanete, as seguintes características: diâmetro da raiz tuberosa (cm); comprimento da raiz tuberosa (cm) e massa de raízes tuberosas comerciais e não-comerciais (g vaso^{-1}).

As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas de acordo com o modelo matemático apropriado para o delineamento adotado. Em seguida, realizou-se a análise de variância dos dados utilizando-se níveis de significância a 5 % de probabilidade pelo teste F utilizando o software estatístico SISVAR para análise dos dados (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise do diâmetro da raiz tuberosa dos rabanetes houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos de irrigação (60%, 80%, 100%, 120% e 140% da capacidade de campo). Observou-se uma tendência de aumento no diâmetro da raiz com o aumento da disponibilidade hídrica, conforme a figura 1.

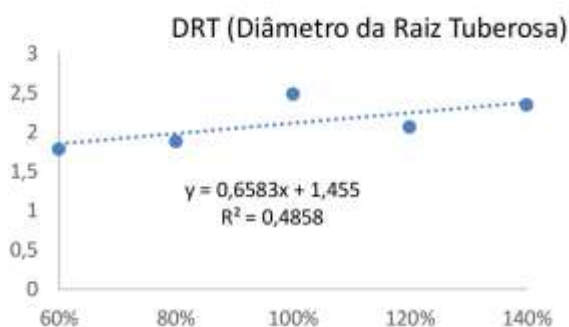


Figura 1: Diâmetro da raiz tuberosa para as lâminas de irrigação.

De acordo com Lacerda et al (2017), em pesquisa com rabanete sob diferentes lâminas de irrigação, foi observado efeito significativo para o diâmetro do rabanete, havendo um aumento do diâmetro com a lâmina de irrigação, sendo de forma linear, corroborando com os dados obtidos nesse experimento.

Para o comprimento da raiz tuberosa também houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos de irrigação (60%, 80%, 100%, 120% e 140% da capacidade de campo). As médias observadas foram: 3,08 (60%), 3,35 (80%), 3,71 (100%), 3,15 (120%) e 3,81 (140%). Na figura 2 pode ser observado a tendência de aumento no comprimento da raiz com o aumento da disponibilidade hídrica.

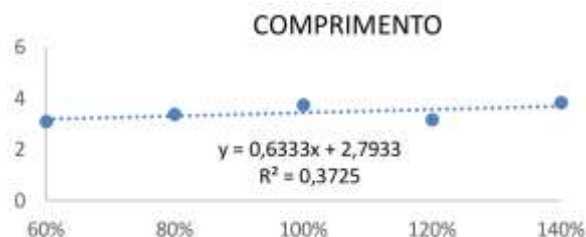


Figura 2: Comprimento da raiz tuberosa para as lâminas de irrigação.

Para a massa de raízes tuberosas dos rabanetes houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$). As médias observadas foram: 5,41g (60%), 5,62g (80%), 10,22g (100%), 6,74g (120%) e 10,32g (140%). Na figura 3 pode ser observado a tendência de aumento na massa da raiz com o aumento da disponibilidade hídrica. Segundo Filgueira (1982), para a cultura do rabanete existe a necessidade da manutenção de um elevado teor de água no solo, próximo a 100%. Lacerda et al (2017), em pesquisa com rabanete sob diferentes lâminas de irrigação, foi observado efeito significativo para a massa do rabanete, havendo um aumento do diâmetro com a lâmina de irrigação, sendo de forma linear, corroborando com os dados obtidos nesse experimento.

Considerando os resultados obtidos nesse experimento, ao longo de todo ciclo, a lâmina de 100 % pode ser utilizada para a irrigação, uma vez que não mostrou diferença elevada na massa de raízes em relação a lâmina de 140 %.

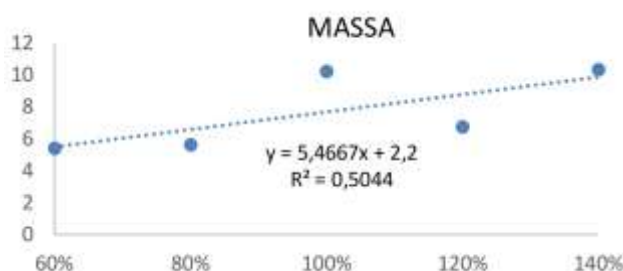


Figura 3: Massa de raízes tuberosas para as lâminas de irrigação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rabanete possui sensibilidade ao estresse hídrico.

A lâmina de irrigação próxima a 100 % da capacidade de campo mostra-se a mais adequada para o desenvolvimento das plantas.

AGRADECIMENTO

A UFR pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos e análise de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1997. 212 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises estatísticas e ensino de estatística.

Revista Symposium, v. 6, p. 36-41, 2008.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV.1982.

LACERDA, V. R.; GONÇALVES. B. G.; OLIVEIRA. F. G.; SOUSA, Y. B.; CASTRO, I. L. de. Características morfológicas e produtivas do rabanete sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.1, p. 1127- 1134, 2017. Disponível 10.7127/rbai.v11n100513.

MAKISHIMA, N. **O cultivo de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA – CNPH, 1993. 108p. (Coleção Plantar, 4).

RAIJ, B. van. Gesso na agricultura. Campinas: **Instituto Agrônomo**,2008. 233 p. VIDIGAL, S. M.; PEDROSA, M. W. Rabanete. **In: PAULA Jr., T. J.; VENZON, M. (Ed.). 101. Culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 661-664.



Capítulo 13

APLICAÇÃO DO ÍNDICE COMPOSTO DE QUALIDADE AMBIENTAL (ICQA) NO ENTORNO DO PARQUE ESTADUAL DOM OSÓRIO STOFFEL (MT)

Amanda Freitas Silva Garcia – Universidade Federal de Rondonópolis – amanda.garcia@aluno.ufr.edu.br
Prof. Dr. Normandes Matos da Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – normandes@ufr.edu.br

RESUMO

O estudo avaliou a qualidade ambiental do Parque Estadual Dom Osório Stoffel (PEDOS) e de sua zona de amortecimento, em Rondonópolis (MT), com base na aplicação do Índice Composto de Qualidade Ambiental (ICQA). Foram utilizadas imagens multitemporais Sentinel-2 referentes aos anos de 2016, 2017 e 2024, representando períodos secos e chuvosos. O processamento ocorreu em ambiente QGIS com rotinas automatizadas em Python, integrando diferentes índices espectrais de vegetação e umidade em uma métrica única. Os resultados indicaram variação sazonal, com degradação ambiental predominante nas estações secas e melhora nos períodos chuvosos. O ICQA mostrou-se uma ferramenta eficiente para monitoramento da qualidade ambiental da Unidade de Conservação, permitindo identificar áreas críticas e tendências de degradação no entorno do PEDOS.

Palavras-chave: extremos climáticos; qualidade ambiental; monitoramento ambiental; zona de amortecimento.

INTRODUÇÃO

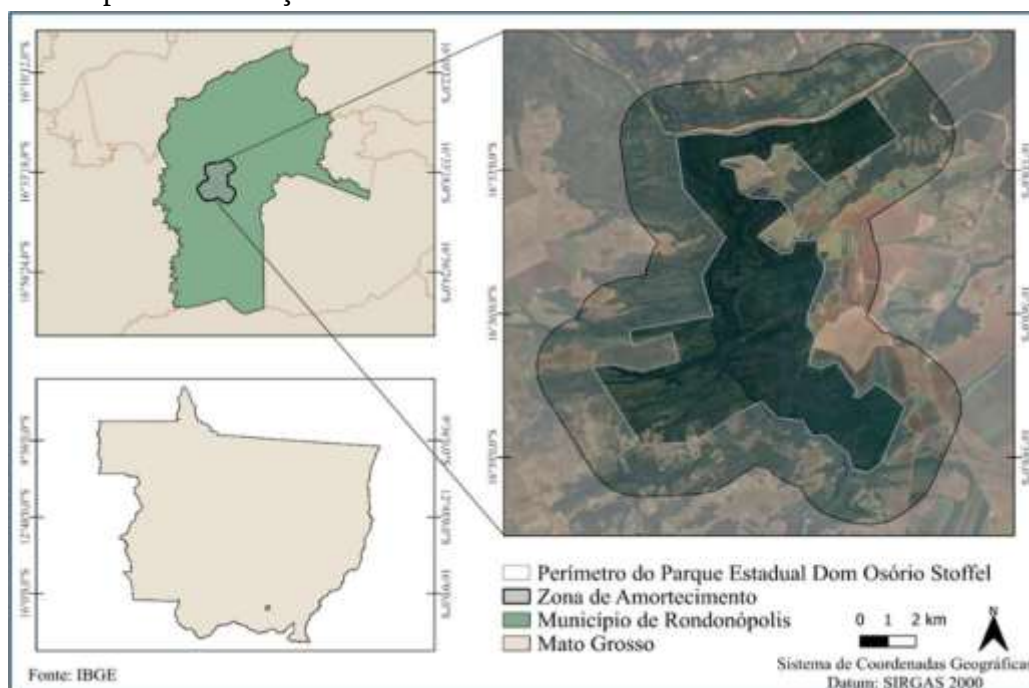
As Unidades de Conservação (UCs) desempenham papel essencial na proteção da biodiversidade e na mitigação de impactos ambientais. Entretanto, pressões antrópicas persistentes têm comprometido a integridade dos ecossistemas, demandando metodologias que permitam diagnósticos rápidos e consistentes da qualidade ambiental (Trevizan & Oliveira, 2022; Brasil, 2000). Entre as técnicas disponíveis, os índices espectrais de sensoriamento remoto, como NDVI, NDII, PSRI e NBR, são amplamente consolidados para monitorar vegetação, umidade e estresse foliar. Entretanto, sua aplicação isolada tende a limitar a interpretação de padrões ambientais complexos. Nesse contexto, o Índice Composto de Qualidade Ambiental (ICQA) foi desenvolvido no Laboratório de Geotecnologias da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR) como uma ferramenta capaz de combinar múltiplas métricas em uma escala única. Este trabalho teve como objetivo aplicar e avaliar o ICQA no entorno do Parque Estadual Dom Osório Stoffel (PEDOS), utilizando séries temporais de imagens Sentinel-2 para diagnosticar transformações ambientais entre 2016 e 2024, com foco na qualidade ambiental e potencial do índice como ferramenta de apoio à gestão ambiental.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende o PEDOS e uma zona de amortecimento de 2 km ao redor,

situada no município de Rondonópolis (MT). O processamento foi realizado no QGIS, com scripts em Python para automatização das etapas de reamostragem, correção geométrica e cálculo dos índices espectrais. Foram analisadas imagens Sentinel-2 correspondentes aos períodos secos e chuvosos de 2016, 2017 e 2024. Após o cálculo dos índices NDVI, NDII, PSRI e NBR, os valores foram normalizados para a faixa 0-1 e integrados ponderadamente na composição do ICQA. Os valores finais foram classificados em cinco categorias: Muito Ruim ($<0,2$), Ruim ($0,2-0,4$), Moderada ($0,4-0,6$), Boa ($0,6-0,8$) e Excelente ($\geq 0,8$). A diferença entre períodos equivalentes (2016-2024 e 2017-2024) foi utilizada para detectar variações superiores a -0,25, definidas como pontos de alerta de degradação.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ICQA evidenciou padrões distintos de qualidade ambiental entre as estações e ao longo do tempo. No período seco de 2016, predominou a classe “Muito Ruim”, abrangendo cerca de 81,4% da área, com apenas 1,5% classificada como “Moderada”. Em 2024, a degradação se intensificou, atingindo 89,46% da área nessa categoria, refletindo perda de biomassa, fragmentação da vegetação e redução da umidade superficial. Esse padrão de dispersão espacial é consistente com os resultados apresentados por Gessner et al. (2023), ao identificarem que anos de seca apresentaram fases extensas e persistentes de desvios negativos nos índices de vegetação, com poucas áreas resilientes. Em contrapartida, nos períodos chuvosos, a recuperação parcial da cobertura vegetal elevou os valores do ICQA. Em 2017, aproximadamente 90% da área foi classificada como “Boa” ou “Excelente”, e em 2024, essas classes totalizaram 89,4%, sugerindo que a resposta sazonal permanece, mas a capacidade de recuperação do ecossistema é limitada. Esse comportamento confirma que a sazonalidade é determinante para a qualidade ecológica, de acordo com Miao et al. (2024). A análise temporal dos histogramas revelou queda contínua do ICQA entre os anos avaliados, mesmo em condições úmidas, sem registro de recuperação ambiental, apontando uma tendência de degradação persistente no entorno do PEDOS.

Tabela 1 – Valores do ICQA (2016 e 2024 – Seca)

Classe	Critério	Área 2016 (ha)	Área 2024 (ha)
Muito Ruim	$< 0,2$	15.401,56 (81,43%)	16.922,52 (89,48%)
Ruim	$0,2 - < 0,4$	2.102,60 (11,12%)	1.576,36 (8,33%)
Moderada	$0,4 - < 0,6$	1.118,80 (5,92%)	350,28 (1,85%)
Boa	$0,6 - < 0,8$	275,96 (1,46%)	59,36 (0,31%)
Excelente	$\geq 0,8$	13,88 (0,07%)	4,28 (0,02%)
Total	—	18.912,80	18.912,80

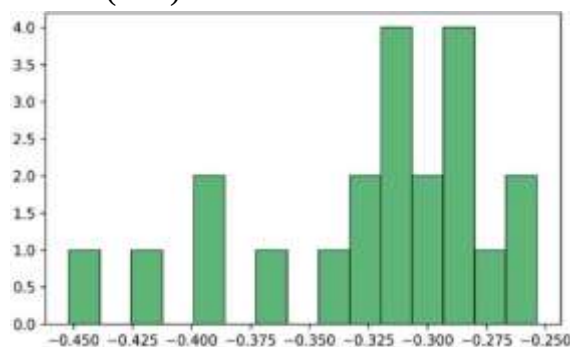
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Tabela 2 – Valores do ICQA (2017 e 2024 – Chuva)

Classe	Critério	Área 2017 (ha)	Área 2024 (ha)
Muito Ruim	$< 0,2$	0%	0%
Ruim	$0,2 - < 0,4$	272,84 (1,44%)	294,04 (1,55%)
Moderada	$0,4 - < 0,6$	1.657,60 (8,76%)	1.711,40 (9,05%)
Boa	$0,6 - < 0,8$	11.742,12 (62,09%)	6.563,64 (34,70%)
Excelente	$\geq 0,8$	5.240,24 (27,71%)	10.343,72 (54,69%)
Total	—	18.912,80	18.912,80

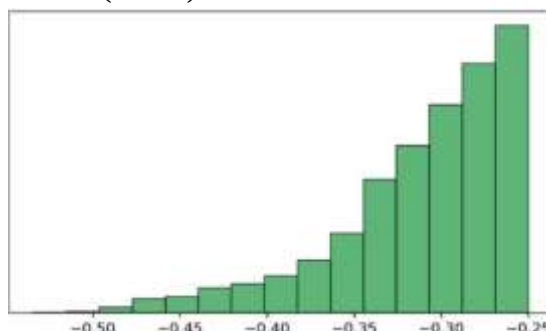
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 2 – Diferença 2024-2016 (seca).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 3 – Diferença 2024-2017 (chuva)



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstra que o ICQA apresenta potencial como ferramenta de análise da qualidade ambiental, possibilitando integrar múltiplos indicadores e apoiar estratégias de manejo e fiscalização em Unidades de Conservação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pela concessão da bolsa de estudo que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 19 jul. 2000.
- GESSNER, Ursula; REINERMANN, Sophie; ASAM, Sarah; KUENZER, Claudia. Vegetation stress monitor — assessment of drought and temperature-related effects on vegetation in Germany analyzing MODIS time series over 23 years. *Remote Sensing*, v. 15, n. 22, p. 5428, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15225428>
- MIAO, Wenna; CHEN, Yue; KOU, Weili; LAI, Hongyan; SAZAL, Ahmed; WANG, Jie; LI, Youliang; HU, Jiangjie; WU, Yong; ZHAO, Tianfu. O RSEI ajustado por HANTS construído na estação de crescimento da vegetação revela os padrões espaço-temporais da qualidade ecológica. *Scientific Reports*, v. 14, n. 14686, 2024. DOI:
- TREVIZAN, Ana Flávia; OLIVEIRA, Felipe Augusto Hoeflich Damaso de. Unidades de conservação como instrumentos de mitigação às alterações climáticas em Mato Grosso. *Boletim de Geografia*, v. 39, p. 254-264, e59419, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v39.a2021.e59419>
- ZHANG, Xiaoyong; JIA, Weiwei; LU, Shixin; HE, Jinyou. Avaliação ecológica e análise de fatores determinantes em áreas de alta cobertura vegetal com base em novo índice de sensoriamento remoto. *Ecological Informatics*, v. 82, p. 102786, set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102786>.



Capítulo 14

ÂNGULO FOLIAR DO CAPIM-PAIAGUÁS SUBMETIDO A COMPACTAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO COM CINZA VEGETAL

Rosana Andreia da Silva Rocha – Universidade Federal de Mato Grosso –
rocharosana890@gmail.com

Tonny José Araújo da Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – tonny@ufr.edu.br

Edna Maria Bonfim-Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – edna.bonfim@ufr.edu.br

Niclene Ponce Rodrigues de Oliveira – Universidade Federal de Mato Grosso –
niclene_ponce@hotmail.com

Alisson Silva Costa Custódio – Universidade Federal de Mato Grosso – alissonsilvadk@gmail.com

Bruna Elusa Kroth – Faculdade Anhanguera – brunakroth99@gmail.com

RESUMO

O estudo avaliou o efeito de cinco níveis de densidade do solo e cinco doses de cinza vegetal no ângulo foliar do capim-paiaguás aos 30, 60 e 90 dias após a emergência, em região de Cerrado, em delineamento fatorial 5×5 com quatro blocos. A interação entre $23,32 \text{ g dm}^{-3}$ de cinza vegetal e $1,3 \text{ Mg m}^{-3}$ de densidade resultou no menor ângulo foliar, cerca de 10.

Palavras-chave: Resíduo sólido, Saúde do solo, Atributos físico, Produção.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a substituição da vegetação nativa por culturas agrícolas tem alterado a estrutura do solo e causado desequilíbrio ambiental, exigindo o uso racional e sustentável dos recursos (Nicodemo *et al.*, 2018). Práticas inadequadas de manejo podem comprometer a conservação e a produtividade do solo (Gurgel *et al.*, 2020).

A compactação, resultante do tráfego de máquinas e degradação do solo, é uma das principais causas que afeta o crescimento das plantas (Richart *et al.*, 2016). O aumento da compactação reduz a porosidade, a disponibilidade de água e nutrientes, prejudicando o sistema radicular de culturas como as pastagens (Labegalini *et al.*, 2016; Rocha *et al.*, 2023).

O cultivo do capim-paiaguás, em monocultura, consorciação ou sucessão, além de alimentar bovinos, melhora a qualidade física do solo, aumentando porosidade total, macro porosidade e disponibilidade hídrica (Domingues *et al.*, 2021).

Práticas inadequadas e o uso excessivo do solo degradam áreas de pastagem, mas a aplicação de resíduos ricos em nutrientes, como a cinza vegetal, pode recuperar o solo e reduzir impactos ambientais (Bonfim-Silva *et al.*, 2022; Rocha *et al.*, 2023; Reis *et al.*, 2025).

Considerando que a compactação superficial causada por degradação e pisoteio animal prejudica a produtividade, O estudo objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de densidade do solo e doses de cinza vegetal no ângulo foliar do capim-paiaguás aos 30, 60 e 90 dias após a emergência em região de Cerrado.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado entre 2021 e 2022 na casa de vegetação da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), situada a 289 m de altitude. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial, com cinco doses de cinza vegetal (0, 8, 16, 24 e 32 g dm⁻³) e cinco níveis de densidade do solo (1,0; 1,2; 1,4; 1,6 e 1,8 Mg m⁻³), totalizando cinco blocos. O solo, classificado como Latossolo Vermelho distrófico, foi coletado sob vegetação de Cerrado na camada de 0–20 cm e caracterizado química e granulometricamente conforme metodologia da EMBRAPA (2017).

A cinza vegetal utilizada foi obtida de fornos industriais locais que utilizam madeira de eucalipto a cerca de 850 °C, foi classificada como fertilizante (MAPA, 2023) e corretivo (MAPA, 2017).

Após a coleta, os solos foram misturados com cinza vegetal em sacos plásticos e mantidos por 30 dias a 60% da umidade de retenção, para reação do material. Em seguida, montaram-se as unidades experimentais com anéis de PVC com volume total de 6,28 dm³. Para estimar os níveis de compactação do solo, utilizou o método realizado por Sabóia *et al.* (2024) e para a determinação da umidade ideal do solo em cada nível de compactação foram realizados ensaios de Proctor normal.

A adubação nitrogenada foi feita com ureia (200 mg dm⁻³), parcelada em três aplicações. Como as cinzas já continham P e K, não houve adubação complementar. A semeadura utilizou 20 sementes por vaso, desbastadas para cinco plantas após a germinação. As irrigações foram diárias, e as avaliações do ângulo foliar ocorreram a cada 30 dias, iniciando aos 30 dias após a emergência. As avaliações experimentais iniciaram-se 30 dias após a emergência das plantas e foram realizadas a cada 30 dias, totalizando três avaliações da parte aérea.

O ângulo foliar, em graus (°), foi medido com o auxílio de um transferidor, corresponde à inclinação entre a folha +1 e a folha em expansão, utilizando-se a média de cinco plantas por unidade experimental. Os dados foram analisados por anova, com regressão para efeitos significativos ($p \leq 0,05$), ajustados por modelos polinomiais e interações representadas por superfícies de resposta, usando R Studio (R Development Core Team, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa ($p \leq 0,05$) entre densidade do solo e doses de cinza vegetal para o ângulo foliar aos 30 dias após a emergência, e efeito isolado com comportamento polinomial aos 60 dias. Aos 90 dias, não foi possível realizar a avaliação devido à compactação e ao estresse das plantas após os cortes, que alteraram sua arquitetura.

No primeiro corte, os dados foram representados por meio do estudo em superfície de resposta, no qual se observou que o menor ângulo foliar de planta 16° foi alcançado na dose de cinza vegetal de 23,32 g dm⁻³ e densidade do solo de 1,3 Mg m⁻³ (Figura 1A). No segundo corte, o menor valor do ângulo foliar de 10° da gramínea foi percebido na densidade do solo de 1,3 Mg m⁻³ (Figura 2B).

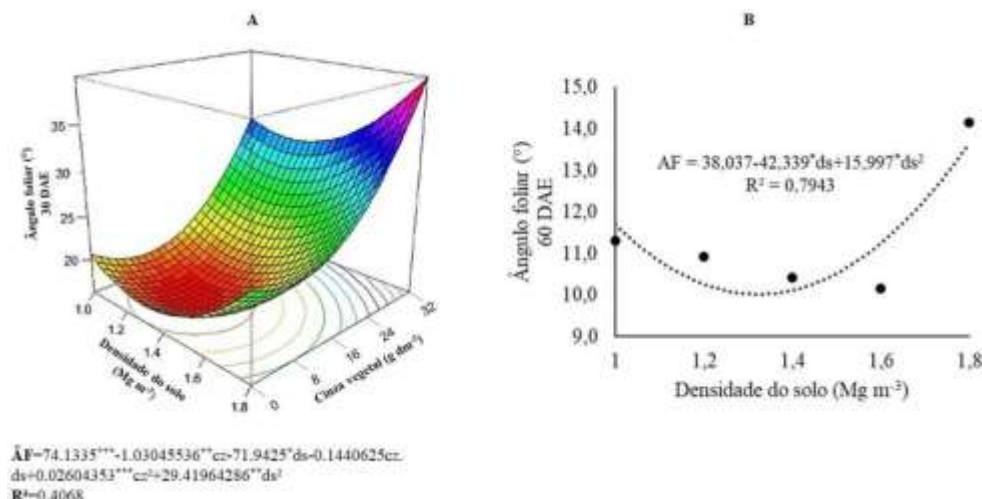


Figura 1. Ângulo foliar do capim-paiaguás, em função das combinações de doses de cinza vegetal e níveis de densidade do solo aos 30 DAE (A) e níveis de densidade do solo aos 60 DAE (B). *, **, *** significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente. (cz=dose de cinza vegetal, ds=densidade do solo).

A interação entre os tratamentos pode ser explicada devido aos efeitos benéficos da cinza vegetal em disponibilizar nutrientes necessários para o crescimento da planta e as condições físicas favoráveis do solo para o desenvolvimento da planta, o que resultou no menor ângulo foliar. Vale ressaltar que plantas gramíneas morfologicamente possuem folhas mais eretas.

O ângulo foliar é fundamental, pois é ele o responsável por permitir a penetração da radiação solar para o dossel. Truong *et al.* (2015) observaram que menores ângulos foliares no sorgo bicolor favoreceram maior penetração e redistribuição da luz no dossel, aumentando a eficiência fotossintética e o potencial de produção de biomassa.

Na segunda avaliação, averigua-se que o menor ângulo foi visto até a densidade do solo de 1,3 Mg m⁻³, notando-se que nas maiores densidades do solo houve um aumento do ângulo foliar, sendo uma estratégia que a planta adota em situações de estresse, ou seja, alonga-se os colmos e aumenta a distância entre as folhas ao longo do perfilho, repercutindo em um maior ângulo foliar.

Melo (2002) observou em seu estudo que o pastejo modificou a estrutura da pastagem no que diz respeito à estrutura do dossel, fato evidenciado pela redução nos ângulos foliares, tendo como resultado folhas mais planas aos logo dos ciclos.

CONCLUSÕES

A interação com doses de cinza vegetal de 23,32 g dm⁻³ e densidade do solo em níveis entre 1,3 Mg m⁻³ promove o menor ângulo foliares.

A densidade do solo até de 1,3 Mg m⁻³ promoveu Ângulo foliar de 10° para o capim-paiaguás.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, ao Grupo de Práticas em Água e Solos – GPAS e Universidade Federal de Mato Grosso. Meu muito obrigada.

REFERÊNCIAS

BONFIM-SILVA, E. M.; MARTINEZ-SANTOS, T.; SILVA, T. J. A.; ALVES, R. D. S.;

PINHEIRO, E. A. R.; DUARTE, T. F. Wood ash as a vegetative-growth promoter in soils with subsurface compaction. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* (Impresso), v. 26, p. 258-265, 2022.

DOMINGUES, A. A.; SANTOS, A. J. M.; BACKES, C.; RODRIGUES, L. M.; TEODORO, A. G.; BESSA, S. V.; RIBON, A. A.; GIONGO, P. R.; GODOY, L. J. G.; Resende, C. C. F. Nitrogen fertilization of paiguás grass: production and nutrition. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 8, n. 2, p. 5918, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v8i2.5918>.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017. 573p.

GURGEL, A. L. C.; SANTANA, J. C. S.; THEODORO, G. F.; DIFANTE, G. S.; ALMEIDA, E. M.; ARCANJO, A. H. M.; COSTA, C. M.; COSTA, A. B. G.; FERNANDES, P. B. Compactação do solo: efeitos na nutrição mineral e produtividade de plantas forrageiras. *Revista Científica Rural*, Bagé-RS, v. 22, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.30945/rcr.v22i1.3154>.

LABEGALINI, N. S.; BUCHELT, A. C.; ANDRADE, L.; OLIVEIRA, S. C.; CAMPOS, L. M. Desenvolvimento da cultura do milho sob efeitos de diferentes profundidades de compactação do solo. *Revista de agricultura neotropical*, v. 3, n. 4, 2016. DOI: 10.32404/REAN.V3i4.1102.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Manual de métodos analíticos oficiais de fertilizantes, corretivos, substratos, condicionadores e remineralizadores de solo. Brasília, DF: MAPA / Secretaria de Defesa Agropecuária, 2023.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. Brasília, DF: MAPA / Secretaria de Defesa Agropecuária, 2017.

MELLO, A. C. L. Respostas morfofisiológicas do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv Tanzânia) irrigado a intensidade de desfolha sob lotação rotacionada. /Alexandre Carneiro Leão de Mello. - Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- ESALQ/USP. Piracicaba-SP. 67p. 2002.

NICODEMO, M. L. F.; BORGES, W. L. B.; SOUZA, I. M. D. Tributos físicos do solo em quatro sistemas de uso da terra em São Carlos, SP. *Rev. Bras. Cienc. Agrar*, Recife, v. 13, n. 2, p. 5524, 2018. DOI:10.5039/agraria.v13i2a5524.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. Disponível em: <https://www.rproject.org/>. Acessado em: 28 de fevereiro de 2022.

Reis, R.V.; Bonfim-Silva, E. M.; Meneghetti, L. A. M.; Oliveira, J.R.; Silva, T. J. A. Potencial da cinza vegetal nas características produtivas de amendoim e mitigação do déficit hídrico. *Revista Caatinga*, Mossoró p. 38:12362, 2025. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252025v38i2362rc>.

RICHART, A.; PICCIN, A. L.; KAEFER, K. A. C.; MORATELLI, G.; KONOPATZKI, M. R. S.; KAEFER, J. E.; ECCO, M. Análise espaço-temporal de atributos químicos do solo influenciados pela aplicação de calcário de cloreto de potássio em taxa variável. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 15, n. 4, p. 391– 400, 2016. DOI: 10.18188/sap.v15i4.12260.

ROCHA, R. A. S.; SILVA, T. J. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; DUARTE, T. F.; OLIVEIRA, N. P. R. Cultivation of *Urochloa brizantha* under different soil densities and doses of wood ash.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 27, p. 230-238, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n3p230-238>.

SABÓIA, A. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; MENEGHETTI, L. A. M.; ROCHA, R. A. S.; SILVA, M. A. P. Sistema radicular de nabo forrageiro na descompactação do solo cultivado em vaso de poliuretano expansível. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Curitiba, v. 22, n. 11, p. 01-30, 2024. DOI: <https://10.55905/oelv22n11-212>.
TRUONG, S. K.; MCCORMICK, R. F.; ROONEY, W. L.; MULLET, J. E. Harnessing Genetic Variation in Leaf Angle to Increase Productivity of Sorghum bicolor. Genetics, v. 201, n. 3, p. 1229–1238. 2015. DOI:10.1534/genetics.115.178608.



Capítulo 15

ADUBAÇÃO COM CINZA DE BIOMASSA E RECOMENDAÇÕES DE CALAGEM NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE LATOSSOLO VERMELHO

Niclene Ponce Rodrigues de Oliveira – Universidade Federal de Mato Grosso – niclene_ponce@hotmail.com

Edna Maria Bonfim-Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – embonfim@hotmail.com

Tonny José Araújo da Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – tonnyjasilva@gmail.com

Rosana Andréia da Silva Rocha – Universidade Federal de Mato Grosso – rocharosana890@gmail.com

Luana Aparecida Menegaz Meneghetti – Universidade Federal de Rondonópolis –
luana_m.meneghetti@hotmail.com

Alisson Silva Costa Custódio – Universidade Federal de Mato Grosso – alissonsilvadk@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos de adubações com cinza de biomassa, organomineral e mineral, com diferentes recomendações de calagem, em atributos químicos Latossolo Vermelho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados. A cinza de biomassa, isolada ou como organomineral, aumentou o pH e a saturação por bases e reduziu a saturação por, tornando-a alternativa viável à calagem.

Palavras-chave: Resíduo agroindustrial; Organomineral; Acidez do solo; Saturação por bases; Saturação por alumínio.

INTRODUÇÃO

A dependência de fertilizante minerais importados na agropecuária nacional tem fomentado a busca por fontes alternativas de nutrientes. Nesse contexto, a cinza de biomassa, resíduo gerado por agroindústrias, é considerada fonte de nutrientes (devido aos teores de potássio, cálcio, magnésio e fósforo) e corretivo da acidez do solo (por sua composição alcalina) (Bonfim-Silva, 2020). Em solos tropicais intemperizados, como o Latossolo Vermelho, a acidez é um fator limitante à produtividade das pastagens, com baixos valores de pH e saturação por bases, e alta saturação por alumínio, que é fitotóxico. A prática convencional de manejo para corrigir a acidez é a calagem, que eleva a V% a níveis considerados adequados (Malavolta, 1984). No entanto, a aplicação de cinza de biomassa desempenha a mesma função do calcário, o que a torna como alternativa de correção e adubação (Hossain *et al.*, 2021). Diante disso,

objetivou-se avaliar os efeitos da adubação com cinza de biomassa, organomineral e mineral, associadas a diferentes recomendações de calagem, no pH, na saturação por bases e na saturação por alumínio de Latossolo Vermelho distrófico.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Rondonópolis, utilizando vasos autoirrigáveis preenchidos com Latossolo Vermelho distrófico, coletado na camada de 0-20 cm. O solo apresentava os seguintes atributos químicos iniciais: pH (CaCl_2) = 4,3, Saturação por bases (V%) = 13,5% e Saturação por alumínio (m%) = 44,4%. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3, sendo três tipos de adubação e três recomendação de calagem, com três repetições, totalizando 27 unidades experimentais. Os tipos de adubação foram: cinza de biomassa (CB), na dose de 24 g dm^{-3} , incubada com o solo por 30 dias; organomineral (OM), composto por 12 g dm^{-3} de cinza mais adubação mineral com P, K e micronutrientes; e fertilizante mineral (FM) contendo exclusivamente P, K e micronutrientes. Quanto as recomendações de calagem: sem calagem (SC), mantendo a saturação por bases natural do solo (V% = 13,5%); calagem parcial (CP), com elevação da V% para 25% (metade da dose de calcário); e calagem completa (CC): na qual a V% foi elevada para 50% (dose total de calcário).

O calcário dolomítico (PRNT = 86%) foi incorporado ao solo e incubado por 30 dias para correção da acidez antes da semeadura do capim Zuri (*Megathyrus maximum* cv. BRS Zuri). A adubação nitrogenada foi uniforme para todos os tratamentos. Após 90 dias (finalização do experimento), foram coletadas amostras de solo de cada unidade experimental para determinação do pH do solo, saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) seguindo metodologia de Raij et al. (2001). Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fatores tipos de adubação e as recomendações de calagem influenciaram significativamente o pH do solo (0,1%) e a V% (0,1% e 1%, respectivamente). A interação entre os fatores não foi significativa para essas variáveis. Para m%, ambos os fatores e a interação foram significativos ao nível de 0,1%.

Para o fator tipos de adubação no pH do solo, os tratamentos diferiram entre si, com maior valor observado na CB (6,23), seguida do OM (5,45) e FM (4,40) (Figura 1a). Houve incremento de 1,83 e 1,05 unidades de pH em relação ao pH inicial do solo (4,30) para adubação com CB e OM. Quanto às recomendações de calagem, também houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo o maior valor obtido de 5,63 (CC) seguido de 5,41 (CP) e 5,04 (SC) (Figura 1b). O maior valor de pH observado no tratamento com CB é atribuído à sua composição química, que possuem compostos neutralizantes carbonato de cálcio, óxidos de cálcio e magnésio, conforme demonstrado por. Esses compostos reagem com íons H^+ e Al^{3+} , reduzindo a acidez trocável e elevando o pH. A elevação do pH com aplicação de CB, em comparação com o calcário, é explicada pelo conteúdo solúvel de óxidos e hidróxidos presentes nesse resíduo agroindustrial, como observado por Johan et al. (2021). Essa característica confirma à cinza efeito corretivo imediato.

Na V%, considerando o fator tipos de adubação (Figura 1c), todos os tratamentos diferiram entre si, obtendo-se para a CB (82,67%), OM (68,78%) e FM (30,89%). Os incrementos em relação ao FM foram de 2,68 e 2,23 vezes para CB e OM, respectivamente. Para as recomendações de calagem (Figura 1d), a V% de 69,33% (CC), 62,44% (CP) e 50,56% (SC), com a CP e CC não diferindo estatisticamente entre si. Os incrementos percentuais em relação ao valor inicial do solo (13,5%), foram de 414%, 363% e 275%, respectivamente. Esses

resultados evidenciaram como esses manejos afetaram a fertilidade do solo. Conforme explicado por Gorski et al. (2019), a V% é um indicativo da fertilidade dos solos, sendo que níveis elevados indicam grandes quantidades de cátions básicos, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , resultando na redução dos valores de íons H^{+} e do alumínio trocável do solo (Al^{3+}). CB e OM foram mais eficazes para elevar a V%, pois proporcionaram ambiente com maior disponibilidade de nutrientes catiônicos ao mesmo tempo que reduziram a acidez e a toxidez por alumínio. Da mesma forma, a calagem (CC e CP) reduziu a acidez inicial, elevando a V% a valores ideais para o desenvolvimento das plantas.

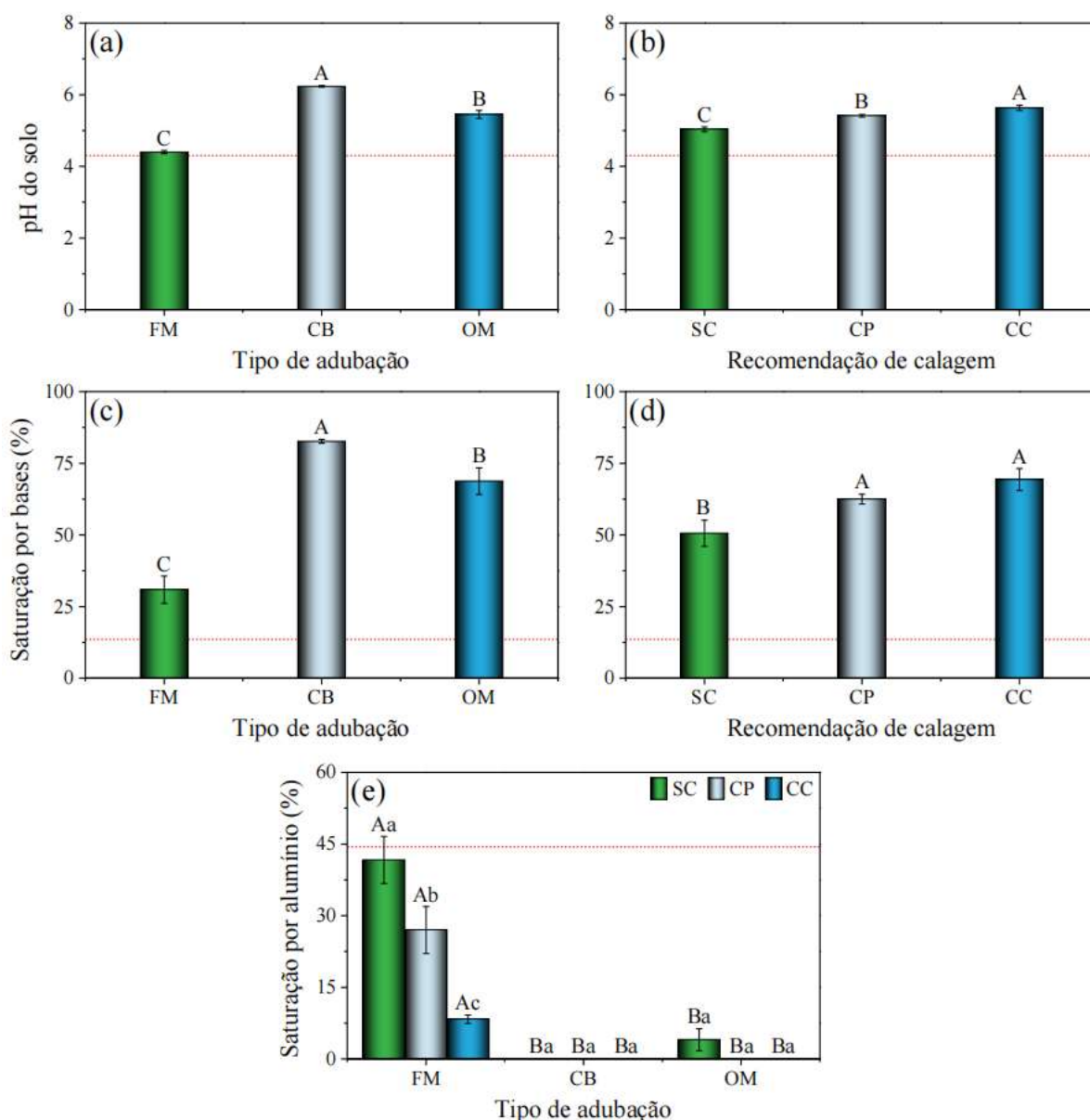


Figura 1 – pH (a, b), saturação por bases (c, d) e saturação por alumínio (e) do solo em função dos tipos de adubação [fertilizante mineral (FM), cinza de biomassa (CB) e organomineral (OM)] e das recomendações de calagem [sem calagem (SC), parcial (CP) e completa (CC)], após 90 dias de cultivo de capim BRS Zuri em Latossolo. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$); nas interações, maiúsculas comparam tipos de adubação e minúsculas comparam recomendações de calagem. Barras verticais representam o erro padrão da média. Linhas tracejadas na horizontal indicam valores iniciais do solo antes da aplicação dos tratamentos. Na interação entre os fatores para a m% (Figura 1e) a CB não diferiu do OM, mas ambos diferiram do FM. A CB reduziu a saturação por alumínio de 44,4% (inicial) a zero em todas as recomendações de calagem. O OM apresentou saturação zero quando combinado com CP e CC, e 4,0% SC (redução de 91,0%). A aplicação de FM apresentou os maiores valores m%, sendo 41,67

(SC), 27,0% (CP) e 8,3% (CC). Isso reforça o fato de que a CC é necessária quando se utiliza adubação exclusivamente mineral, enquanto com adubos contendo cinza a calagem não é necessária.

A CB e o OM reduziram a m% a níveis não tóxicos e isso está diretamente ligado à sua ação no solo. O processo de neutralização é explicado pelo mecanismo de reação descrito por Malavolta, (1984). De acordo com esse mecanismo, a aplicação de materiais alcalinos, como a cinza, leva à solubilização e dissociação de compostos como óxidos e carbonatos, liberando íons OH^- no solo, que reagem com o Al^{3+} trocável, resultando na formação de hidróxido de alumínio, que é um composto solúvel e não tóxico. Esta reação de precipitação é responsável pela redução do alumínio trocável na solução do solo. Hossain et al. (2021), complementam essa explicação, afirmando que a cinza, ao aumentar o pH, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a V%, neutraliza indiretamente o alumínio. Este efeito corretivo da cinza dispensa a necessidade de correção com calcário, como demonstrado pelos resultados, onde a cinza sozinha foi suficiente para anular a saturação por alumínio mesmo sem calagem.

CONCLUSÃO

A cinza de biomassa, sozinha ou na forma organomineral, foi capaz de corrigir a acidez do solo, elevar a saturação por bases e reduzir a zero a saturação por alumínio, podendo substituir ou reduzir o uso de calcário.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- BONFIM-SILVA, E. M. **Cinza vegetal e biochar na agricultura**. Maringá, PR: Uniedusul, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/524552>
- GORSKI, M. R.; SOARES, J. C. W.; KRUM, D. N.; BRUM, L. N.; LIMA, T. H.; FREITAS, H. M. Spatialvariability of base saturation and of aluminum saturation of soil, on a catena of pampa, cultivated with soybean. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 4, p. 3660–3667, 2019.
- HOSSAIN, M. B.; KHAN, M. H. R.; KHANOM, S.; HOSSAIN, S. A. Amelioration of soil acidity by the application of maize straw ash in mixed soil. Dhaka University **Journal of Biological Sciences**, v. 30, n. 2, p. 207–219, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3329/dujbs.v30i2.54647>
- JOHAN, P. D.; AHMED, O. H.; OMAR, L.; HASBULLAH, N. A. Phosphorus transformation in soils following co-application of charcoal and wood ash. **Agronomy**, v. 11, n. 10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy11102010>
- MALAVOLTA, E. **A prática da calagem**. 3. ed. Sorocaba: Indústria Mineradora Pagliato Ltda (Boletim Técnico, 2), 1984.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. [s.n.] ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.



Capítulo 16

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO DESENVOLVIMENTO DO CAPIM- MOMBAÇA (*PANICUM MAXIMUM* JACQ.)

Rafael de Almeida Resende Jorcelino – Centro Universitário de Anápolis – Unifama –
rafaelarjorcelino@gmail.com

Riandra Tenório do Carmo – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Universidade Federal de Goiás –
riandracarmo99@gmail.com

Valéria Lima da Silva – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Universidade Federal de Goiás –
valeriaagro2009@gmail.com

Rafael Ferreira Batista – Centro Universitário de Anápolis – Unifama – rafael.ferreira@faculdadefama.edu.br
Adão Wagner Pêgo Evangelista – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Universidade Federal de Goiás –
awpego@bol.com.br

Jholian Maicon Ribeiro-Santos – Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical – Universidade Federal de Mato Grosso – jholianmaicon@gmail.com

RESUMO

Foram avaliadas quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹), em delineamento com seis repetições. A dose de 200 kg ha⁻¹ proporciona maior altura de plantas, enquanto 400 kg ha⁻¹ resulta em maior produção de biomassa e teor de proteína bruta. Conclui-se o capim-mombaça responde positivamente à doses de até 400 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Palavras-chave: Fertilização, forrageira, nitrogênio.

INTRODUÇÃO

O capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) é considerado uma das forrageiras tropicais mais produtivas disponíveis aos pecuaristas, podendo alcançar produções anuais próximas de 33 t ha⁻¹ de massa seca (JANK, 1995). Em pastagens com manejo adequado de corretivos e adubos, essa gramínea apresenta elevada resposta produtiva; contudo, em solos de baixa fertilidade, sua produção é reduzida, caracterizando-a como uma forrageira exigente em fertilidade do solo (FREITAS et al., 2005).

O nitrogênio é o nutriente mais demandado pelas gramíneas forrageiras, influenciando diretamente características morfológicas, como estrutura da planta e eficiência fotossintética.

Forrageiras tropicais, em especial, apresentam respostas significativas a doses elevadas de nitrogênio (VERNER EICHLER et al., 2008).

Assim, em sistemas de produção voltados à obtenção de forragem de alta qualidade e produtividade, é fundamental adotar doses e formas adequadas de adubação nitrogenada. Embora existam diversos estudos sobre o tema no Brasil, ainda são necessárias pesquisas específicas que avaliem simultaneamente a produção e a qualidade da forragem (FREITAS et al., 2005).

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes doses de adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento, produção de massa verde e teor de proteína do

capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.).

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Faculdade Metropolitana de Anápolis (16°17'39''S, 48°58'07''W; 1111 m de altitude), em clima Aw, segundo Köppen-Geiger. Utilizou-se o *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça, com sementes apresentando pureza de 62%, germinação de 82% e valor cultural de 50%.

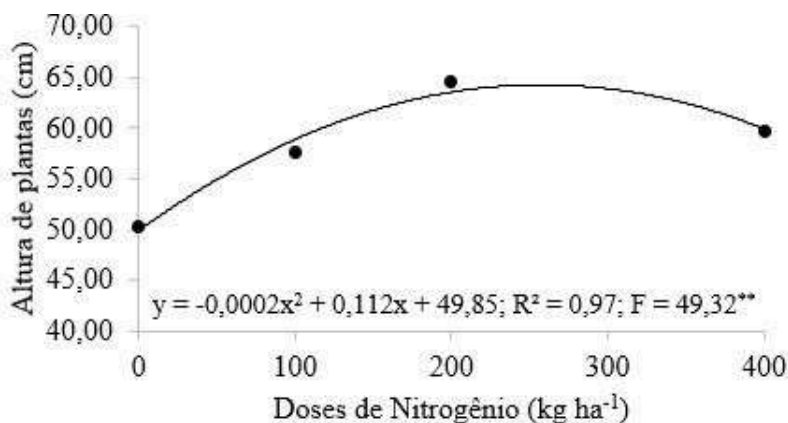
O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2×4 , totalizando oito tratamentos e seis repetições. As doses de nitrogênio, aplicadas na forma de ureia, foram 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de N. Os tratamentos receberam adubação mineral uniforme, conforme a exigência da cultura.

As plantas foram cultivadas em sacos de polietileno de 9,0 dm³, contendo 7,0 dm³ de substrato, e semeadas com 2,0 g de sementes por saco. A altura das plantas (AP) foi determinada pela média das medidas da base até o ápice foliar. O peso fresco e seco das plantas foi obtido por pesagem em balança analítica, e, após, secagem em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 h. O teor de proteína bruta foi determinado em laboratório pelo método de Kjeldahl.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados apresentados na Figura 1, observou-se que a dose de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporcionou o maior incremento na altura das plantas, destacando-se em relação às demais adubações.

Figura 1 – Doses de Nitrogênio em relação a altura de *Panicum maximum* cv. Mombaça. Anápolis-GO, 2023



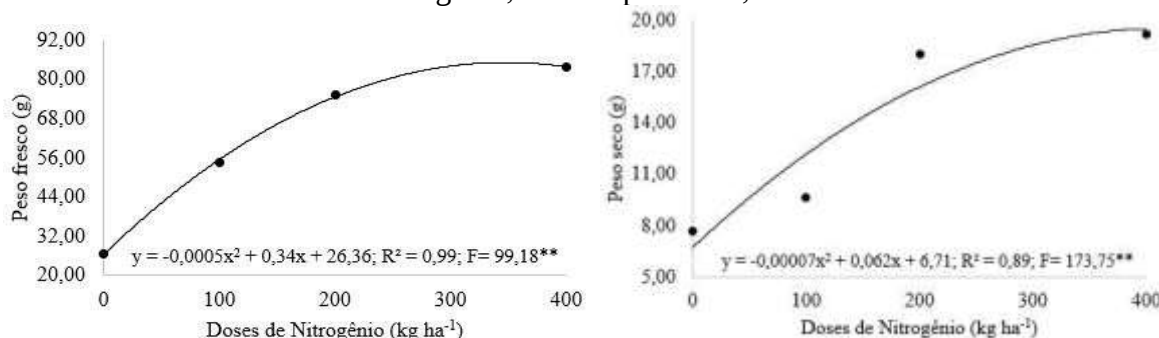
Fonte: Os autores.

As plantas adubadas com 200 e 400 kg ha⁻¹ de N apresentaram coloração foliar mais escura e lâminas mais espessas. A análise estatística confirmou maior desenvolvimento das

plantas adubadas em comparação àquelas sem adubação, com destaque para as doses de 200 e 400 kg ha⁻¹.

Em relação ao peso fresco das plantas, a dose estimada de 340 kg ha⁻¹ de N proporcionou o maior valor. Já para o peso seco, o maior resultado foi obtido com a dose de 400 kg ha⁻¹ de N, evidenciando o efeito positivo do aumento da adubação nitrogenada sobre a produção de biomassa do capim-mombaça (Figura 2).

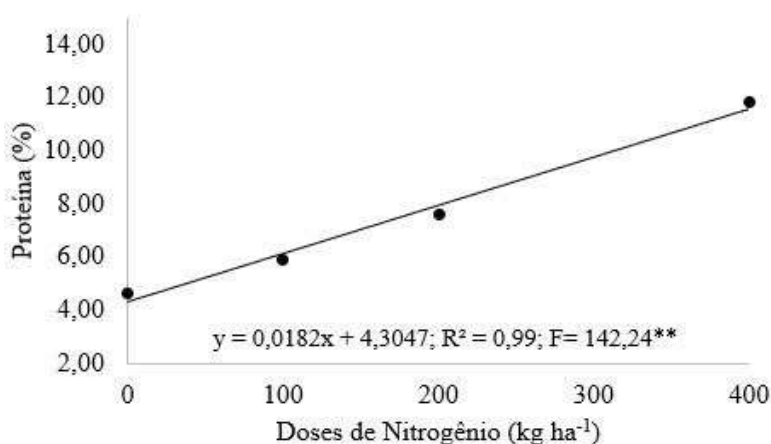
Figura 2 – Peso fresco e seco de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de doses de nitrogênio, em Anápolis-GO, 2023



Fonte: Os autores.

O teor de proteína bruta apresentou efeito linear crescente com o aumento das doses de nitrogênio, indicando que mesmo a dose de 400 kg ha⁻¹ ainda promove resposta positiva do capim-mombaça (Figura 3).

Figura 3 – Proteína bruta na matéria seca de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de doses de nitrogênio, em Anápolis-GO, 2023



Fonte: Os autores.

De acordo com Araújo (2017), plantas submetidas a doses entre 0 e 400 kg ha⁻¹ de N sob pastejo intermitente também apresentaram elevação no teor proteico com o aumento da adubação. A adubação nitrogenada, portanto, exerce impacto direto na qualidade da forragem e no desempenho animal.

Werner (1986) destacou que o nitrogênio é essencial para o desenvolvimento das plantas forrageiras, influenciando o tamanho das folhas e o perfilhamento. Em solos com baixa disponibilidade desse nutriente, o crescimento é reduzido, resultando em plantas de menor porte

e com baixos teores de proteína bruta, insuficientes para atender às exigências nutricionais dos animais.

CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada influencia significativamente o desenvolvimento e a produtividade do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça). A dose de 200 kg ha⁻¹ de N proporciona maior altura de plantas, enquanto a dose de 400 kg ha⁻¹ resulta em maior produção de biomassa e teor de proteína bruta. Dessa forma, o aumento das doses de nitrogênio promove melhorias morfológicas e qualitativas na forragem, refletindo em maior potencial produtivo e valor nutricional.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, I. M. M. **Produção animal em pastos de capim-mombaça submetidos a doses de nitrogênio**. 2017. 59 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2017.
- EICHLER, V. *et al.* Produção de massa seca, número de perfilhos e área foliar do capim-mombaça cultivado em diferentes níveis de nitrogênio e fósforo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 3, p. 617-626, 2008.
- FREITAS, K. R. *et al.* Avaliação do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 1, p. 83-89, 2005.
- JANK, L. *et al.* Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 1995.
- WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (IZ, Boletim Técnico n.18).



Capítulo 17

pH E CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO NO SOLO SOB APLICAÇÃO DE CINZA DE BIOMASSA VEGETAL

Letícia Melo Silva Marques – Universidade Federal de Rondonópolis – leticia.marques@aluno.ufr.edu.br
Edna Maria Bonfim-Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – edna.bonfim@ufr.edu.br
Tonny José Araújo da Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – tonnyjasilva@gmail.com
Luana Aparecida Menegaz Meneghetti – Universidade Federal de Rondonópolis –
luana_m.meneghetti@hotmail.com

RESUMO

O estudo avaliou o efeito da aplicação de cinza de biomassa vegetal sobre o pH e teores de fósforo (P) do solo em diferentes profundidades. Amostras foram coletadas em áreas com diferentes doses de cinza aplicadas com e sem incorporação do resíduo. A cinza elevou o pH e aumentou a disponibilidade de P nas camadas superficiais, indicando potencial como corretivo da acidez e fonte alternativa de nutrientes para o solo.

Palavras-chave: resíduos agrícolas; fertilidade do solo; sustentabilidade; correção da acidez; fósforo disponível.

INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos agroindustriais como insumos agrícolas vem despontando como alternativa para o manejo sustentável do solo e redução da dependência de corretivos e fertilizantes minerais convencionais. Assim, a adição de cinza de biomassa vegetal tem apresentando resultados favoráveis e significativos, contribuindo com a melhora nos atributos químicos, fertilidade e sequestro de carbono no solo (Ji *et al.*, 2022; Zhao, Huili *et al.*, 2022).

O pH do solo influencia diretamente na disponibilidade de nutrientes do solo, especialmente o P, cuja dinâmica é fortemente influenciada pela acidez. Solos intemperizados favorecem a retenção do P por óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), reduzindo a disponibilidade do nutriente às plantas (Johan *et al.*, 2021).

A cinza de biomassa apresenta benefícios ambientais e econômicos, em concordância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2, 12 e 13, uma vez que viabiliza o reaproveitamento de resíduos sólidos e ciclagem de nutrientes no sistema produtivo, minimizando os impactos ambientais associados à destinação inadequada dos resíduos e reduzindo uso de fertilizantes sintéticos.

Diante do exposto, objetivou-se por meio deste estudo avaliar os efeitos de diferentes doses de cinza de biomassa vegetal sob diferentes manejos de aplicação, a fim de demonstrar

se a aplicação da cinza é capaz de promover a elevação do pH e, consequentemente, da disponibilidade de P no solo.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido durante o ano agrícola de 2023/2024, fase de manutenção de um experimento de média duração implantado em 2018, em condições de campo, na Universidade Federal de Rondonópolis - MT, localizado sob as coordenadas 16°27'38.94" S e 54°34'57.01" W altitude de 287 m.

Na implantação do experimento, cada parcela foi preparada com a aplicação de ureia na proporção de 100 kg de ureia ha⁻¹ e posterior aplicação da cinza de biomassa vegetal manualmente, a lanço, de acordo com as doses determinadas para cada parcela (outubro de 2018). Foram realizados dois manejos de aplicação para cada dose de cinza de biomassa – com e sem incorporação. A incorporação foi realizada utilizando-se um trator com grade leve para revolvimento do solo na profundidade de 15 cm. Em dezembro de 2019 houve reaplicação de cinza de biomassa vegetal no solo, respeitando as doses e manejos de cada parcela. A cinza de biomassa vegetal aplicada foi obtida dos resíduos agroindustriais a partir da queima da biomassa de *Eucalyptus* sp. A área foi semeada com capim *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster cv. BRS Paiaguás e mantém a mesma cultura até o momento, sem ressemeadura durante todo o período.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial arranjados em faixas 2x5 em que o primeiro fator é formado pelas doses de cinza, equivalentes a 0, 8, 16, 24 e 32 t ha⁻¹; e o segundo fator pelos manejos de aplicação da cinza de biomassa vegetal, com e sem incorporação ao solo com grade leve. Os tratamentos foram dispostos em quatro blocos, totalizando 40 parcelas experimentais.

As amostras foram caracterizadas por meio de análises químicas para as profundidades do solo de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. Para cada amostra de solo foram determinados o pH (CaCl₂) e os teores de fósforo (P) por colorimetria conforme metodologia descrita por Teixeira *et al.* (2017).

Os dados do experimento foram submetidos aos testes de normalidade dos erros (Shapiro-Wilk e Kolgomorov Smirnov) e homogeneidade de variâncias (Bartlett, Cochran e Leveine) utilizando-se o software Statistica 7 (STATSOFT INC., 2004). Quando não foram considerados normais, utilizou-se transformação pelo método de Johnson. Os tratamentos, quando normais e homogêneos, foram submetidos à análise de variância por estatística F ao nível de 5% de probabilidade. Quando significativos, aplicou-se teste Tukey (P < 0,05) para fatores qualitativos, análises de regressão polinomial para os fatores quantitativos e regressão polinomial múltipla quando houve interação entre os fatores, obtendo-se equações de regressão. Foi utilizado o modelo linear. Para as análises utilizou-se o software Sisvar, v.5.8 (Ferreira, 2019). Os gráficos foram gerados utilizando-se o software Origin 9.

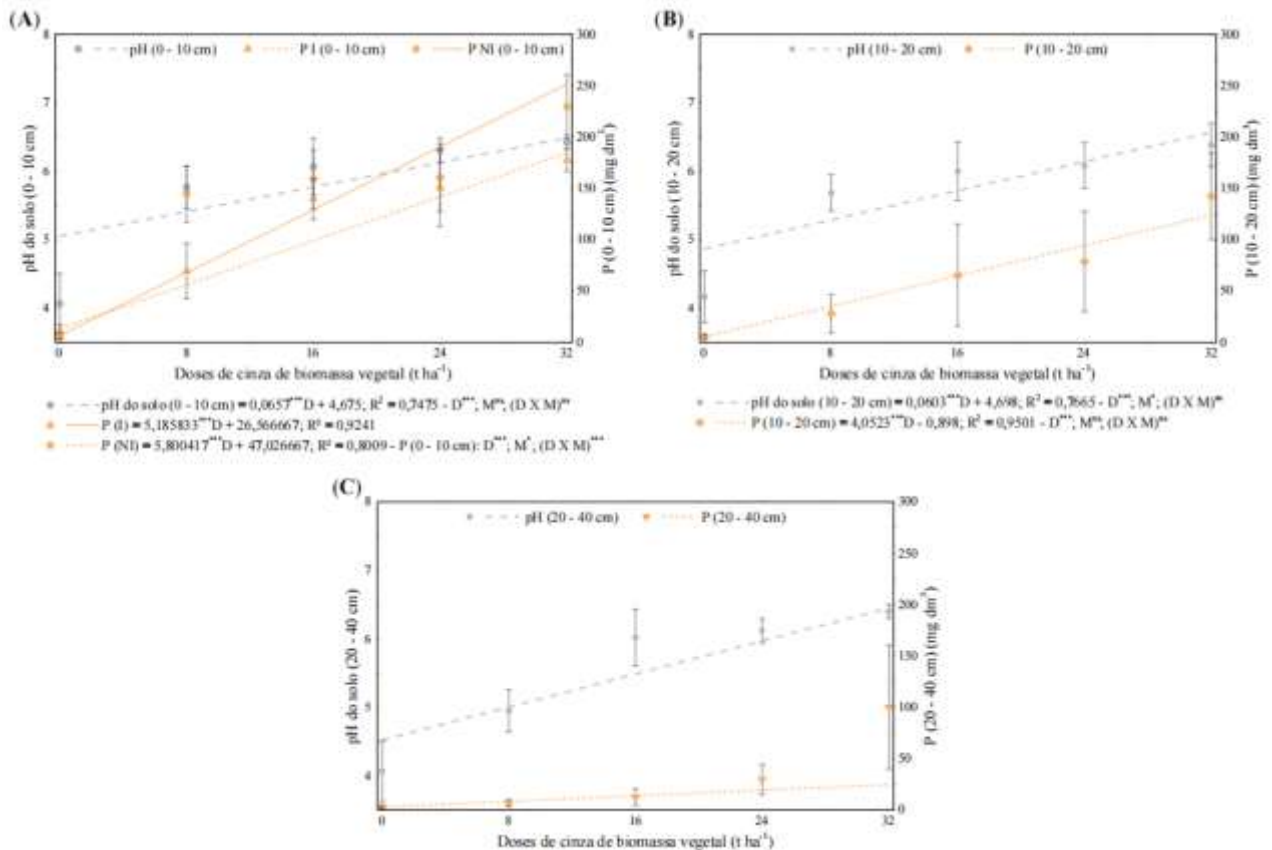
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização da cinza de biomassa vegetal apresentou efeito significativo no pH do solo, influenciando os teores de P disponíveis em todas as profundidades avaliadas (Figura 1). Observou-se um incremento do pH com as doses de cinza de biomassa vegetal, especialmente nas camadas mais superficiais do solo (0 – 10 cm e 10 – 20 cm). Isso se deve aos óxidos e carbonatos de metais alcalinos e alcalino-terrosos como K⁺, Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ gerados a partir da combustão da biomassa vegetal (Cui *et al.*, 2024). Estes, neutralizam os íons de hidrogênio positivos (H⁺) e insolubilizam íons Al³⁺, responsáveis pelo processo de acidificação do solo.

Óxidos presentes na cinza de biomassa podem ainda ser hidrolisados, gerando íons hidroxila (OH⁻) que atuam alcalinizando a solução do solo (Cui *et al.*, 2024; Wang *et al.*,

2024).

Figura 1 – pH do solo e teores de P no solo em função das doses de cinza de biomassa vegetal nas profundidades do solo de 0-10 cm (A), 10-20 cm (B) e 20-40 cm (C).



O aumento do pH exerceu influência sobre a disponibilidade de P no solo, com incrementos expressivos, especialmente nas camadas mais superficiais do solo, onde o pH atingiu valores entre 5,7 e 6,4 (Figura 1A e Figura 1B). Incrementos menos acentuados nos teores de P na camada de 10-20 cm, mesmo com a correção do pH na camada, sugerem limitações na mobilidade vertical do P. Ainda assim o atributo apresentou valores expressivos nessa camada (Figura 1B). Isso ocorre devido à redução da fixação do P por Fe e Al, favorecendo formas de P mais disponíveis (Johan *et al.*, 2021). Os resultados obtidos corroboram com os achados de Zhao *et al.* (2023) que observaram aumentos significativos nos teores de P do solo sob pastagem com *Urochloa brizantha* na camada de 0-20 cm, com a aplicação de doses crescentes de cinza de biomassa (até 32 t ha⁻¹). Esses resultados reforçam a hipótese de que, sob condições tropicais e em sistemas de pastagem intensiva, a aplicação de cinza de biomassa pode contribuir para a reposição de P no solo.

Na profundidade de 20–40 cm (Figura 1C), variações de pH mais expressivas foram observadas a partir da dose de 16 t ha⁻¹, resultando em incrementos discretos de P, o que evidencia os efeitos da cinza de biomassa majoritariamente nas zonas superficiais do solo. A comparação entre os manejos demonstra que os tratamentos com e sem incorporação da cinza de biomassa vegetal resultou em diferenças significativas nos valores de pH somente na profundidade de 10-20cm, com uma diferença de 11% entre os manejos. Entretanto, essa diferença não resultou em diferenças significativas nos teores de P em nenhuma das profundidades avaliadas.

CONCLUSÃO

A elevação do pH do solo é favorecida pela adubação com a cinza de biomassa vegetal, contribuindo para o aumento da disponibilidade de P no solo, especialmente nas camadas mais superficiais (0 – 20 cm), independente do manejo ser incorporado ou não incorporado ao solo. O aumento do pH e do P no solo reforça o potencial da cinza de biomassa vegetal como corretivo para acidez do solo e como fonte complementar de nutrientes, garantindo sistemas agrícolas mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- CUI, H. *et al.* Alkali-modified biomass ash enhances the adsorption capacities of Cu²⁺, Cd²⁺, and Pb²⁺ and their immobilization in soil. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [S. l.], v. 12, n. 5, p. 113490, 1 out. 2024.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTSPLIT PLOT TYPE DESIGNS. **Brazilian Journal of Biometrics**, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 529– 535, 20 dez. 2019.
- Ji, L. *et al.* Feasibility and mechanism of an amine-looping process for efficient CO₂ mineralization using alkaline ashes. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 430, p. 133118, 15 fev. 2022.
- JOHAN, P. D. *et al.* Phosphorus Transformation in Soils Following Co-Application of Charcoal and Wood Ash. **Agronomy**, [S. l.], v. 11, n. 10, p. 2010, 4 out. 2021.
- STATSOFT INC. Tulsa, OK: StatSoft Inc., 2004. Disponível em: <https://www.statsoft.com>.
- TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo - Portal Embrapa**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- WANG, R. *et al.* Biomass ash as soil fertilizers: Supercharging biomass accumulation by shifting auxin distribution. **Chemosphere**, [S. l.], v. 357, p. 141910, jun. 2024.
- ZHAO, D.-Y. *et al.* Root Distribution, Agronomic Performance, and Phosphorus Utilization in Wheat as Mediated by Phosphorus Placement under Rainfed Coastal Saline Conditions. **Agronomy**, [S. l.], v. 13, n. 11, p. 2700, nov. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/11/2700>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- ZHAO, H. *et al.* Effect of Straw and Wood Ash on Soil Carbon Sequestration and Bacterial Community in a Calcareous Soil. **Frontiers in Microbiology**, [S. l.], v. 13, 18 jul. 2022.



Capítulo 18

TEORES DE BORO E COBRE DO SOLO CULTIVADO COM CRISÂNTEMO SOB DIFERENTES ADUBAÇÕES E CALAGEM

Luana Aparecida Menegaz Meneghetti – Universidade Federal de Rondonópolis –
luana_m.menegheti@hotmail.com

Edna Maria Bonfim-Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – embonfim@hotmail.com

Tonny José Araújo da Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – tonnyjasilva@gmail.com

Ivis Andrei Campos e Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – ivisandrei@gmail.com

Niclene Ponce Rodrigues de Oliveira – Universidade Federal de Mato Grosso – niclene_ponce@hotmail.com

Alessana Franciele Schlichting – Universidade Federal de Rondonópolis – alessanamt@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se avaliar a aplicação de cinco adubações sob dois níveis de calagem nos teores de Boro e Cobre em Latossolo Vermelho cultivado com Crisântemo. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Rondonópolis, em casa de vegetação do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, com esquema fatorial em blocos casualizados. As adubações e a realização da calagem favoreceram para o aumento dos teores de Boro e Cobre do solo.

Palavras-chave: *Dendranthema grandiflora* Tzvelev; Cinza Vegetal; Organomineral; Adubação mineral. Micronutrientes.

INTRODUÇÃO

O crisântemo é uma das flores ornamentais mais populares do Brasil, destacando-se pela diversidade de cores e pelas inflorescências exuberantes (CARVALHO et al., 2020). Segundo Brainer (2018), trata-se de uma das espécies de flores mais cultivadas no país.

A produção de flores ornamentais exige manejo adequado do solo, de modo que este apresente características químicas e físicas favoráveis para o desenvolvimento das culturas. De acordo com Araújo et al. (2020), o elevado custo de adubos minerais e os impactos ambientais decorrentes de seu uso têm incentivado a busca por alternativas sustentáveis, como os adubos orgânicos. Entre esses, resíduos de madeira podem ser utilizados como fonte de nutrientes, contribuindo para a redução da dependência de insumos industriais e promovendo maior sustentabilidade na produção agrícola.

A cinza vegetal, resultante da queima de biomassa vegetal, é um resíduo rico em nutrientes e pode atuar também como corretivo de acidez do solo (BONFIM-SILVA et al., 2020b). Já os fertilizantes organominerais, compostos por frações de adubos orgânicos, como a própria cinza vegetal, e minerais, minimizam o impacto ambiental e otimizam o aproveitamento de resíduos orgânicos.

Neste contexto, objetivou-se avaliar tipos de adubações (Cinza vegetal incubada, Cinza vegetal não incubada, Organomineral, Mineral e Controle) e níveis de calagem (com calagem e ausência de calagem), nos teores de Boro e Cobre de um Latossolo Vermelho cultivado com Crisântemo.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Rondonópolis, localizada nas coordenadas geográficas 16° 27' 49" S, 54° 34' 46" W e altitude de 290 m.

O solo utilizado no experimento foi o Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018), coletado na profundidade de 0 a 0,20 m, em área de vegetação de Cerrado, na Universidade Federal de Rondonópolis.

Foram utilizados vasos com capacidade de 2 dm³. A cultivar de Crisântemo utilizada foi a Singelo de cor branca da fabricante Feltrin sementes. A semeadura do Crisântemo ocorreu no dia 08/06/2021. No momento da semeadura foram colocadas 10 sementes por vaso. Após a emergência e desenvolvimento de 10 cm de altura das plantas, houve o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso.

A cinza utilizada no experimento foi proveniente de indústria alimentícia da região de Rondonópolis-MT e analisada como fertilizante conforme metodologia de Darolt et al. (1993). O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5x2, correspondentes a cinco tipos de adubações (Cinza vegetal incubada, Cinza vegetal não incubada, adubo organomineral, adubo mineral e controle) e dois níveis de calagem (com calagem e sem calagem), com cinco repetições, totalizando 50 unidades experimentais.

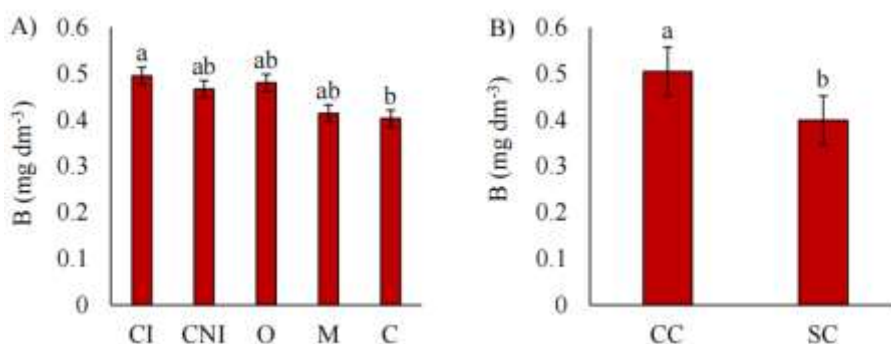
Após o corte do Crisântemo, o solo de cada parcela foi encaminhado para laboratório de solos especializado, para ser realizado a análise dos teores de Boro (B) e Cobre (Cu) do solo. Para caracterização química do solo foram utilizadas quatro repetições de cada tratamento.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, e quando significativos foram submetidos ao teste Tukey ambos a 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de Boro do solo foi estatisticamente significativo para adubação e calagem de forma isolada. O Boro em função da adubação, os maiores valores se encontram nos tratamentos com cinza vegetal incubado (0,49 mg dm⁻³), cinza vegetal não incubada (0,46 mg dm⁻³), organomineral (0,48 mg dm⁻³) e mineral (0,41 mg dm⁻³) (Figura 1A). Em relação ao Boro em função da calagem, o maior valor encontra-se no tratamento com calagem (0,504 mg dm⁻³) (Figura 1B).

Figura 1 – Teor de Boro (B) no solo em função dos tipos de adubações (A) e realização da calagem (B) no cultivo de Crisântemo.



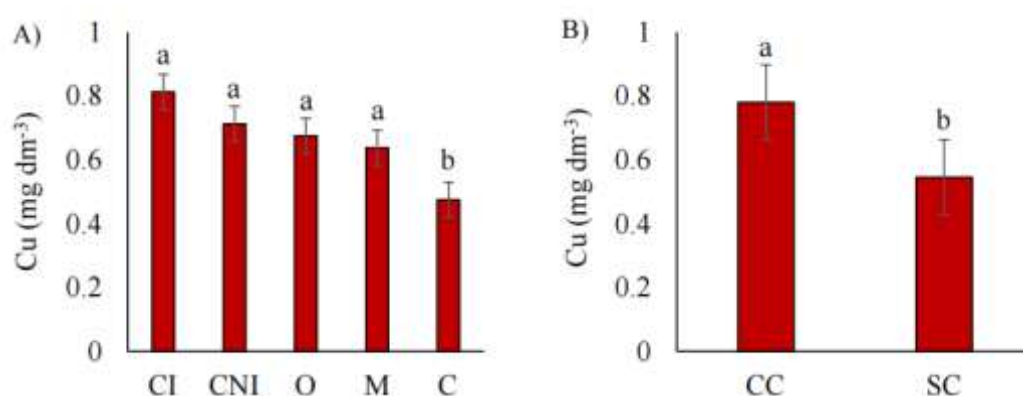
CI: Cinza vegetal incubada; CNI: Cinza Vegetal não incubada; O: Organomineral; M:

Mineral; C: Controle; CC: Com calagem; SC: Ausência de calagem.

O Boro tem papel fundamental no desenvolvimento vegetativo do Crisântemo e em seu florescimento (TEIXEIRA, 2004). Observa-se que a cinza vegetal é uma alternativa viável para aumentar o teor de Boro no Latossolo Vermelho, levando em consideração que os resultados dos tratamentos com cinza incubada, cinza não incubada, organomineral e mineral não se diferiram estatisticamente.

A variável Cobre foi estatisticamente significativa para adubação e calagem de forma isolada. Os maiores valores de Cobre em função da adubação foram observados nos tratamentos cinza vegetal incubado ($0,8125 \text{ mg dm}^{-3}$), cinza vegetal não incubado ($0,7125 \text{ mg dm}^{-3}$), organomineral ($0,675 \text{ mg dm}^{-3}$) e mineral ($0,6375 \text{ mg dm}^{-3}$) (Figura 2A). O tratamento controle possuiu o menor valor de cobre ($0,475 \text{ mg dm}^{-3}$). Em relação ao cobre em função da calagem, o tratamento com calagem teve o maior valor de cobre no solo ($0,78 \text{ mg dm}^{-3}$) (Figura 2B).

Figura 2 – Teor de Cobre (Cu) do solo em função dos tipos de adubações (A) e realização da calagem (B) no cultivo de Crisântemo.



CI: Cinza vegetal incubada; CNI: Cinza Vegetal não incubada; O: Organomineral; M: Mineral; C: Controle; CC: Com calagem; SC: Ausência de calagem.

Micronutrientes como o Cobre, são requeridos em menor quantidade pelas plantas, porém, quando o solo não disponibiliza para a cultura o suficiente, ocorre deficiência, como clorose, folhas enrolas e murchas (MALAVOLTA, 2006). A cinza possui cobre em sua composição, o que influenciou para que os resultados dos tratamentos com cinza vegetal em sua composição dessem próximos do tratamento com adubação mineral. Dessa forma, é possível observar que a Cinza vegetal tanto associada ao mineral, quanto total é uma alternativa de adubação para aumentar o teor de cobre no Latossolo Vermelho.

CONCLUSÃO

A calagem e a cinza vegetal, mostraram-se uma alternativa viável de adubação para o aumento dos teores de Boro e Cobre no solo cultivado com Crisântemo, contribuindo para a sustentabilidade do manejo de solos agrícolas reduzindo a dependência de insumos minerais convencionais.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo financiamento da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. M.; ANDRADE, F. R.; SILVA, K. F.; LIMA, E. N.; LANSSANOVA, L. R.; MAROSTEGA, T. N.; GIL, R. L.; SILVA, S. L.; FERREIRA, K. R. Application of doses of soil conditioning associated with mineral and organic fertilization in lettuce cultivation. **Research, Society and Development**, 9 (11), 2020. ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10375>.
- BONFIM-SILVA, E. M.; PINTO, M. R. F.; FERRAZ, A. P. F.; NONATO, J. J.; SILVA, T. J. A. Production of chives fertilized with wood ash in adapted Leonard pots. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 37347-37373, jun. 2020b. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n6-315>.
- BRAINER, M.S.C.P. Quando nem tudo são flores, a floricultura pode ser uma alternativa. **Caderno Setorial**, v.3, n.42, p.1-17, 2018.
- CARVALHO, C. R. V.; SANTOS, M. N. S.; MAPELI, A. M. Morphophysiological characterization of leaves and inflorescences of commercial mini chrysanthemum varieties. **Ornamental Horticulture**. 26 (2), p. 277-282. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i2.2054>.
- DAROLT, M. R.; BLANCO NETO, V.; ZAMBON, F. R. A. Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivo de solo na cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, v.11, n.1, p.38-40, 1993.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. rev. ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. E-book. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1107206/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos> acesso em 05 de novembro de 2021.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista brasileira de biometria*, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ed Agronômica Ceres. 2006. 638p.
- TEIXEIRA, A. J. **A cultura do crisântemo de corte**. Nova Friburgo: EMATER-RIO, 2004.



Capítulo 19

DISPONIBILIDADE DE FERRO E MANGANÊS NO SOLO EM FUNÇÃO DE PRÁTICAS DE ADUBAÇÃO E CALAGEM NO CULTIVO DE CRISÂNTEMO

Luana Aparecida Menegaz Meneghetti – Universidade Federal de Rondonópolis –
luana_m.meneghetti@hotmail.com

Edna Maria Bonfim-Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – embonfim@hotmail.com

Tonny José Araújo da Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – tonnyjasilva@gmail.com

Ivis Andrei Campos e Silva – Universidade Federal de Rondonópolis – ivisandrei@gmail.com

Niclene Ponce Rodrigues de Oliveira – Universidade Federal de Mato Grosso – niclene_ponce@hotmail.com

Alisson Silva Costa Custódio – Universidade Federal de Mato Grosso – alissonsilvadk@gmail.com

RESUMO

O estudo avaliou cinco adubações e dois níveis de calagem nos teores de Ferro e Manganês em Latossolo Vermelho cultivado com Crisântemo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Rondonópolis, em delineamento fatorial com blocos casualizados. A adubação mineral favoreceu o aumento de Ferro no solo enquanto, as adubações contendo cinza vegetal contribuíram para o aumento do Manganês.

Palavras-chave: *Dendranthema grandiflora* Tzvelev; Cinza Vegetal; Organomineral; Adubação mineral. Micronutrientes.

INTRODUÇÃO

O cultivo de flores ornamentais tem se destacado como um importante segmento do agronegócio, movimentando significativamente a economia e gerando oportunidades em diferentes regiões do país. Entre as espécies mais expressivas nesse setor, o Crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) ocupa posição de destaque sendo amplamente apreciado pela beleza e variedade de suas inflorescências no mundo (RIVERA-COLÍN et al., 2021). No Brasil, a espécie figura entre as principais flores comercializadas, tanto na forma de vaso quanto de corte, consolidando-se como uma das preferidas pelos consumidores (IBRAFLOR, 2014).

A produtividade e a qualidade das flores ornamentais dependem das condições do solo e do manejo nutricional adotado. Entretanto, a utilização intensiva de fertilizantes minerais tem gerado preocupações quanto ao custos de produção e aos impactos ambientais associados ao seu uso Araújo et al. (2020). Nesse cenário, cresce o interesse por alternativas que conciliem

eficiência produtiva e sustentabilidade, como o aproveitamento de resíduos orgânicos e agroindustriais na adubação das plantas.

Portanto, objetivou-se nessa pesquisa, avaliar o efeito de adubações (Cinza vegetal incubada, Cinza vegetal não incubada, Organomineral, Mineral e Controle) e níveis de calagem (com e ausência de calagem), nos teores de Ferro e Manganês de um Latossolo Vermelho cultivado com Crisântemo.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Rondonópolis, situada nas coordenadas geográficas 16° 27' 49" S, 54° 34' 46" W a uma altitude de 290 m.

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018), coletado na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, em área de vegetação de Cerrado localizado na própria universidade.

Foram utilizados vasos com capacidade de 2 dm³. A cultivar de Crisântemo empregada foi Singelo de cor branca, da empresa Feltrin Sementes. A semeadura foi realizada em 08 de julho de 2021, utilizando 10 sementes por vaso. Após a emergência e quando as plantas atingiram aproximadamente 10 cm de altura, realizou-se o desbaste, mantendo-se apenas uma planta por vaso.

A cinza vegetal empregada nos tratamentos foi proveniente de uma indústria alimentícia da região de Rondonópolis-MT e caracterizada como fertilizante conforme metodologia descrita por Darolt et al. (1993).

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, composto por cinco tipos de adubações (Cinza vegetal incubada, Cinza vegetal não incubada, adubo organomineral, adubo mineral e controle) e dois níveis de calagem (com e sem calagem), com cinco repetições, totalizando 50 unidades experimentais.

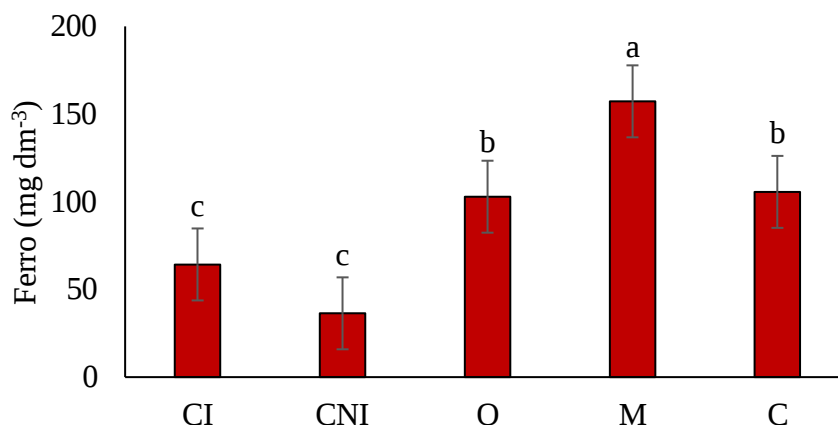
Após o corte do Crisântemo, o solo de cada unidade experimental foi encaminhado a laboratório especializado para determinação dos teores de Ferro (Fe) e Manganês (Mn). Para a caracterização química do solo, foram utilizadas quatro repetições por tratamento.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de Ferro foi significativo estatisticamente para adubação de forma isolada, não houve diferença significativa para o fator calagem. A adubação que proporcionou maior teor de Ferro ao solo foi a adubação Mineral, 157,25 mg dm⁻³ (Figura 1), enquanto as adubações que proporcionaram menor quantidade de Ferro ao solo foram os tratamentos com cinza vegetal incubada e cinza vegetal não incubada (Figura 1).

Figura 1 – Teor de Ferro no solo em função dos tipos de adubações no cultivo de Crisântemo.

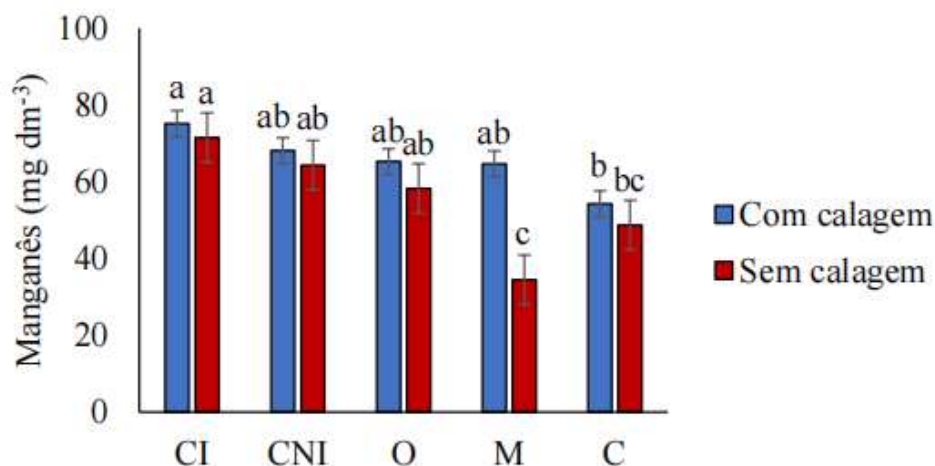


CI: Cinza vegetal incubada; CNI: Cinza Vegetal não incubada; O: Organomineral; M: Mineral; C: Controle; CC: Com calagem; SC: Ausência de calagem.

O Ferro está relacionado a fotossíntese da planta e em processos como formação de algumas enzimas como a catalase e peroxidase (MARENCO & LOPES, 2009). De acordo com Souza et al. (2010), apesar de ser um elemento requerido pelas culturas, o Ferro pode causar toxidez quando está em excesso no solo, e geralmente isso ocorre quando o solo está com pH baixo (aumento da disponibilidade de Ferro na forma absorvível pela cultura), por isso, é de suma importância o manejo adequado do pH do solo.

Para o teor de Manganês (Mn), houve interação entre a adubação e a calagem. A cinza vegetal incubada e não incubada, o organomineral e o mineral não se diferiram estatisticamente, logo, apresentaram mesma resposta para essa variável (Figura 2). Já em relação a adubação sem a calagem, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos que possuem cinza vegetal em sua composição, sendo eles, cinza vegetal incubada, cinza vegetal não incubada e organomineral (Figura 2).

Figura 2 – Teor de Manganês do solo em função da interação entre tipos de adubações e calagem no cultivo de Crisântemo.



Assim como no teor de Ferro, todos os tipos de adubações e níveis de calagem proporcionaram alto teor de Manganês no solo. Nota-se que adubos com cinza vegetal

aumentam a disponibilidade de Manganês no solo. Dessa forma, observa-se que não há a necessidade da calagem para disponibilizar manganês quando utilizado adubos que contenham cinza vegetal em sua composição. A cinza vegetal possui Manganês em sua composição, isso justifica o aumento do teor de Manganês nos tratamentos que contêm esse resíduo.

CONCLUSÃO

A adubação influenciou o teor de Ferro no solo, com destaque para a adubação mineral com maior disponibilidade nesse nutriente. A calagem, por sua vez, não apresentou efeito significativo sobre o Ferro. Para o Manganês, as adubações contendo cinza vegetal aumentaram sua disponibilidade no solo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo financiamento da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. M.; ANDRADE, F. R.; SILVA, K. F.; LIMA, E. N.; LANSSANOVA, L. R.; MAROSTEGA, T. N.; GIL, R. L.; SILVA, S. L.; FERREIRA, K. R. Application of doses of soil conditioning associated with mineral and organic fertilization in lettuce cultivation. **Research, Society and Development**, 9 (11), 2020. ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10375>.
- DAROLT, M. R.; BLANCO NETO, V.; ZAMBON, F. R. A. Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivo de solo na cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, v.11, n.1, p.38-40, 1993.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. rev. ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. E-book. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1107206/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos> acesso em 05 de novembro de 2021.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019.
- IBRAFLOR – Instituto Brasileiro de Floricultura. Brasil deixa de exportar flores e passa a importar. **Informativo IBRAFLOR**. v. 5, n. 41, 2014. Disponível em: <http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=216> acesso em 26 de novembro de 2021.
- MARRENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- RIVERA-COLÍN, A. R.; MEJÍA-CARRANZA, J.; MARTÍNEZ-ESTRADA, I.; REYES-ALEMÁN, J. C.; GONZÁLEZ-HUERTA, A.; RAMÍREZ-GERARDO. Variación morfológica de híbridos F1 de Gerbera. **Rev. Fitotec. Mex.** Vol. 44 (3): 381 - 389, 2021.
- SOUZA, L.H.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; VILLANI, E. M. A. Efeito do pH do solo rizosférico e não rizosférico de plantas de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na absorção de boro, cobre, ferro, manganês e zinco. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 34: 1641-1652, 2010.



Capítulo 20

PRODUTIVIDADE DO *Arachis hypogaea* SOB INTERAÇÃO ENTRE DOSES DE CINZA VEGETAL E DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Renata Vilalba Reis – Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso – renata-vilalba@hotmail.com

Edna Maria Bonfim-Silva – Departamento Agrícola e Tecnológico, Universidade Federal de Rondonópolis – embonfim@hotmail.com

Daniel Manfredini Aquino Campos – Faculdade de Agronomia e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso – daniel.manfredini.ed@outlook.com

Tonny José Araújo da Silva – Departamento Agrícola e Tecnológico, Universidade Federal de Rondonópolis – tonnyjasilva@hotmail.com

Victor H. Tavares do Espírito Santo – Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso – victortavares808@gmail.com

Daniel Douglas de Souza Alves – Faculdade de Agronomia e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso – danieldouglasdesouzaalves@gmail.com

RESUMO

A cinza vegetal, resíduo gerado na queima de material vegetal, tem demonstrado ser um potencial fertilidade que pode promover benefícios ao solo e a produtividade das culturas. Este estudo buscou avaliar atributos da produtividade do amendoim sob interação entre doses de cinza vegetal e porcentuais de capacidade de campo. O equilíbrio entre as cinzas vegetais e a disponibilidade hídrica aumentou às variáveis de NV e NGV na cultura do Amendoim.

Palavras-chave: adubos-orgânicos; biofertilizantes; resíduos; oleaginosas.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano e populacional acarreta na necessidade de expansão na produção dos setores agropecuários e industriais. Ocasionalmente, ainda, grande quantidade de resíduos sólidos e orgânicos gerados. No Brasil, aproximadamente 81 milhões de toneladas de resíduos sólidos foram gerados apenas em 2024 (FDC, 2025). Cerca de 50% dos resíduos gerados no país são orgânicos e sua destinação impacta diretamente o meio ambiente, pois seu descarte inadequado pode levar a contaminação dos solos e afluentes (EMBRAPA, 2021).

Uma das soluções para tais problemas, é a utilização de resíduos na agricultura como fonte de nutrientes aos solos (Manea, et al., 2024). A cinza vegetal, provenientes da queima de material vegetal tem se demonstrado uma alternativa de adubação potencialmente promissora, devido a sua composição rica em nutrientes, pode promover melhorias na fertilidade, CTC e retenção de água no solo, além de atuar no controle de pH e, ainda, na recuperação de áreas degradadas (Bonfim-Silva et al, 2020; Reis, et al., 2025; Margonar et al., 2022). Esta prática contribui sustentável e economicamente, pois além da destinação adequada dos resíduos, reduz custos com fertilizantes químicos e potencialmente com corretivos de acidez do solo, sendo altamente vantajosa às pequenas propriedades rurais.

A cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.), é uma das leguminosas mais plantadas no mundo e com contínua expansão produtiva. Apesar de majoritariamente estar associada à

produção em grandes propriedades, possui grande impacto pela produção de pequenos produtores rurais (Reis et al., 2025; Franco Goulart et al., 2017). Entretanto, estes necessitam da adoção de práticas de manejo que promovam a conservação do solo e redução de riscos à produtividade, associado a menor custo de implantação (Franco Goulart et al., 2017).

Com isto, objetificou-se no presente estudo avaliar variáveis da produtividade na cultura do amendoim sob aplicação de doses de cinza vegetal em diferentes disponibilidades hídricas.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em estufa na Universidade Federal de Rondonópolis (UFR) com posição geográfica de 16°46' S e 54°58' W e altitude de 284 m. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos de cinza vegetal (CV) (0; 8; 16; 24 e 32 g dm⁻³) e cinco disponibilidades hídricas (25; 50; 75; 100 e 125% da capacidade de campo). O solo foi coletado em área da UFR sob vegetação de cerrado, na profundidade de 0-0,20m, localizado a 16°27'S e 54°34'W. O solo é classificado como latossolo vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018) e sua caracterização foi obtida pela metodologia da (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1: Características químicas e granulométricas do Latossolo Vermelho distrófico, coletado na camada de 0 a 0,20 m de profundidade.

pH	P mel	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	V	M
CaCl ₂	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³					%
4,30	1,50	2,00	18,00	0,50	0,20	0,60	4,80	13,5	44,4
Zn	Mn	Cu	Fe	B	Argil	Silte	Areia Total	SB	CTC (T)
(mg/dm ³)					(g/Kg)			(cmolc/dm ³)	
0,70	21,80	0,20	64,00	0,15	330,0	100,0	570,0	0,75	5,55

pH CaCl₂= pH em Cloreto de Cálcio; P mel = fosforo mehlich; S= Enxofre; K= Potássio; Ca= Cálcio; Mg= Magnésio; Al = Alumínio; H+Al = Acidez potencial; MO= Matéria orgânica total; Zn= Zinco; Mn= Manganês; Cu= Cobre; Fe= Ferro; B= Boro; SB = soma de bases trocáveis; CTC= capacidade de troca de cátions; V = Saturação de Base; m = Percentagem de saturação por Alumínio.

O solo foi peneirado em malha de 4mm e incubado, durante 30 dias, com as doses de CV, em vasos de 4,5 dm³. A umidade do solo foi mantida em 60% da sua Capacidade de Campo (CC). Após os 30 dias, coletou-se amostras do solo para determinação de pH em CaCl₂. A CC foi determinada pelo método de Bonfim-Silva et al. (2011).

As cinzas utilizadas são provenientes da indústria alimentícia da região de Rondonópolis (MT) e foram analisadas quimicamente segundo Osaki e Darolt (1991).

Tabela 2: Caracterização química da cinza como fertilizante (DAROLT et al., 1993).

pH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	B	Zn
CaCl ₂	g kg ⁻¹									
10,97	4,9	7,9	32,5	49,6	42,0	7,2	0,1	0,4	0,4	0,2

N = Nitrogênio; P₂O₅ = Fósforo em citrato neutro de amônio e água (CNA+Água); K₂O = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Fe= Ferro; Cu = Cobre Total; Mn= Manganês Total; B = Boro Total; Zn = Zinco Total.

A cultivar utilizada foi a IAC OL3, caracterizada como rasteira, de ramificação espessa, ciclo longo, produtividade média de 4500kg/ha e crescimento determinado cerca de 130 dias. A semeadura foi feita com 10 sementes por vaso á 2 cm de profundidade. Após 20 dias de emergência, foi feito o desbaste, permanecendo 3 plantas por vaso. A irrigação foi controlada e efetuada duas vezes ao dia. Após a colheita, foram analisados o Número de grãos por Vaso (NGV) e Número de Vagens (NV), cuja contagem foi feita manualmente.

Os dados foram submetidos a análise de variância e, quando significativos, a teste de regressão a 5% de significância, pelo software SISVAR[®] (FERREIRA, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variável NV apresentou significância estatística isolada, sendo melhor representada pelo modelo quadrático de regressão. A dose de $20,48 \text{ g dm}^{-3}$ de cinza vegetal proporcionou o maior valor médio, com 48,33 vagens por vaso. Conforme observado, os tratamentos que receberam doses de CV foram mais promissores na produção de vagens. De acordo com Foloni et al. (2016), a adubação no início do florescimento aumenta a produtividade de grãos e vagens, pela importância do boro na germinação do pólen e no crescimento do tubo polínico.

Quanto à disponibilidade hídrica, o melhor resultado ocorreu com 86,6% da capacidade de campo, produzindo 46,3 vagens por vaso, um acréscimo de 68% em relação à menor disponibilidade testada. Emara et al, (2023) também observou, nas variedades estudadas, relação inversamente proporcional entre déficit hídrico e produtividade, ou seja, quanto maior o déficit hídrico, menor a produtividade no amendoim.

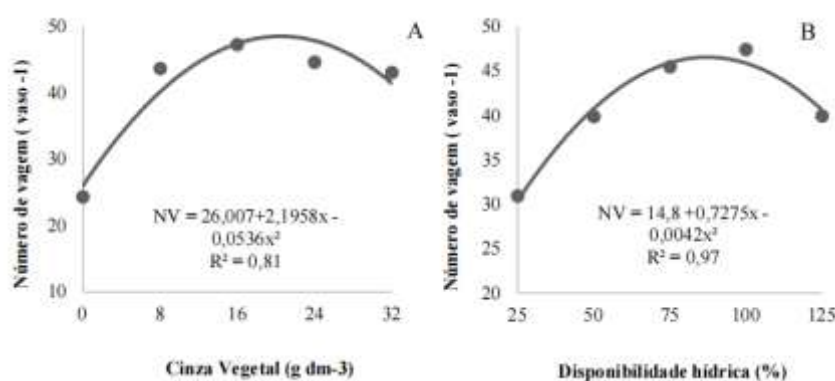


Figura 1: Número de vagem (vaso⁻¹) do amendoim = NV, em função das doses de cinza vegetal (A) e da Disponibilidade hídrica (B). Significativo a 5% de probabilidade.

A variável NGV, apresentou efeito significativo da interação entre dose de cinza vegetal e disponibilidade hídrica. A produção máxima, de 69 grãos por vaso, foi obtida com a dose de $20,5 \text{ g dm}^{-3}$ e 99,8% da CC. Conforme Dias et al. (2019), o déficit hídrico e a deficiência nutricional reduzem a produtividade do amendoim, evidenciando que a cultura requer condições adequadas de água e nutrientes para expressar seu máximo potencial produtivo. De acordo com o estudo citado, os tratamentos com maior interação entre doses de CV e disponibilidade de água apresentaram maior eficiência produtiva.

$$NGPV = -19,7343^{***} + 2,3667CZ^{***} + 1,2944DH^{***} + 0,0126 CZ.DH^{**} - 0,0884 CZ^2^{***} - 0,0078DH^{***} \quad R^2 = 0,52$$

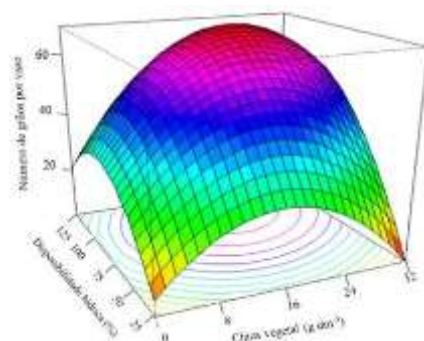


Figura 2: Número de grãos por vaso = NGPV do amendoim, em função das doses de cinza e disponibilidade hídrica; CZ–Cinza vegetal, DH – Disponibilidade hídrica. ***, ** Significativo a 0,1 e 1% de probabilidade, respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dose de $20,48 \text{ g dm}^{-3}$ proporcionou o maior número de vagens, $NV=48,33$ e a de $20,5 \text{ g dm}^{-3}$, com 99,8% de água, resultou em $NGV= 69$. Os resultados indicam que a eficiência é potencializada quando há equilíbrio entre as doses de cinza vegetal e disponibilidade hídrica.

REFERÊNCIAS

- Bonfim-Silva, E. M; Pinto, M. R. F; Ferraz, A. P. F; Nonato, J. J; Silva, T. J. A. da. Características fitométricas e índice de clorofila de cultivares de amendoim adubado com cinza vegetal. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13468–13482, 2020a.
- Bonfim-Silva, E. M; Silva, T. J. A. da; Santos, C. C. do; Cabral, C. E. A; Santos, I. B. dos. Características produtivas e eficiência no uso de água em Rúcula adubada com cinza vegetal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 7, n. 13, p. 178–186, 2011a.
- Dias, M. S.; Reis, L. S.; Lima, I. R. V.; Oliveira, A. W.; Santos, R. H. S.; Almeida, C. A. C.; SILVA, V. M. Eficiência do uso da água pela cultura do amendoim sob diferentes lâminas de irrigação e adubação. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente-SP, v.2, n.15, p. 72-83, 2019. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Resíduos orgânicos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/secoes/residuos-organicos>. **Embrapa hortaliças**. Acesso em: 14 out. 2025.
- Foloni, J. S. S.; Barbosa, A. de M.; Catuchi, T. A.; Calonego, J. C. Tiritan, C. S. Dominato, J. C.; Creste, J. E.; Efeitos da Gessagem e da Adubação Boratada sobre os Componentes de Produção da Cultura do Amendoim. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 2, p. 202–208, 2016.
- Franco Goulart, D.; Almeida, R. P. de; Resende, K. C.; COSTA, F. A. M. da; Bezerra, J. R. C. O Desafio Da Estruturação Da Cadeia Produtiva Do Amendoim No Semiárido Do Nordeste. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 19, n. 1, p. 47–59, 2017.
- Pimenta, A. A. F.; Spitzneck, H.; Carneiro, F.; Goddard, I. E.; Matos, K.; Chiarelli, K.; Mariano, V. H. O panorama da gestão de resíduos no Brasil: presente e cenários para o futuro. **Fundação Dom Cabral (FDC)**. Nova Lima, MG, 2025.
- Manea, E.E.; Bumbac, C.; Oliveira, L.R.; Bumbac, M.; Nicolescu, C.M. Compostagem como solução sustentável para a gestão de resíduos sólidos orgânicos: práticas atuais e potenciais melhorias. **Sustentabiliry**. 2024, 16, 6329. <https://doi.org/10.3390/su16156329>.
- Margonar, G. M. S. da S.; Paccola, E. A. de S.; Gasparotto, F.; Santos, F. M. dos; Schmidt Filho, E. Uso sustentável da cinza de eucalipto no cultivo de Beta vulgaris. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 3, p. 260–272, mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0021>.
- Reis, R. V.; Bonfim-Silva, E. M.; Meneghetti, L. A. M.; Oliveira, J. R. de.; Silva, Tonny J. A. da. Potential of wood ash on the production characteristics of peanuts and mitigation of water deficit. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v.38: e12362, 2025.



Capítulo 21

SIMULAÇÃO AGRO-HIDROLÓGICA DA PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO IRRIGADO NO CERRADO BRASILEIRO

Jéssica Marques Santos – Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis
– jessica.santos@aluno.ufr.edu.br

Everton Alves Rodrigues Pinheiro – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi – pinheiroear@uft.edu.br

Tonny José Araújo da Silva – Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis – tonny@ufr.edu.br

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo calibrar e aplicar o modelo SWAP/WOFOST para simular a produtividade do algodoeiro em condições de sequeiro e irrigado no Cerrado. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Rondonópolis com a cultivar TMG44 B2RF. As simulações mostraram boa correspondência entre valores observados e estimados, indicando que o modelo representa adequadamente o balanço hídrico e o crescimento da cultura, sendo útil ao manejo racional da água.

Palavras-chave: modelagem, sustentabilidade, estresse hídrico, algodão, produtividade.

INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro tem importância histórica e econômica para o Brasil desde o século XVIII. Conforme o Instituto Mato-Grossense de Economia e Agropecuária (IMEA, 2024), a cotonicultura, ou cultivo do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), é uma das quatro principais culturas agrícolas do Mato Grosso e uma das mais importantes para a economia do estado, que atualmente é o maior produtor de algodão do Brasil.

A sustentabilidade da cotonicultura depende de fatores abióticos e bióticos, sendo fundamental o investimento em inovação tecnológica e manejo adequado frente aos desafios impostos pelas condições ambientais adversas. A produtividade do algodoeiro é significativamente afetada por estresses abióticos, sendo o estresse hídrico um dos mais impactantes. A escassez de água durante as fases críticas do desenvolvimento da planta, como floração e formação dos frutos, pode resultar em reduções expressivas na produtividade de fibras (Echer, 2014). Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi objetivo calibrar e aplicar o modelo SWAP/WOFOST para simular a produtividade do algodoeiro em condições de sequeiro e irrigado no Cerrado.

¹ Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis, Rondonópolis 78735-901, MT, Brasil; jessica.santos@aluno.ufr.edu.br

² Universidade Federal do Tocantins, Gurupi 77410-530, TO, Brasil; pinheiroear@uft.edu.br

³ Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis, Rondonópolis 78735-901, MT, Brasil; tonny@ufr.edu.br

A autora agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) por fornecer apoio financeiro por meio de uma bolsa de estudos

METODOLOGIA

O experimento com a cultura do algodão foi instalado na área experimental da Universidade Federal de Rondonópolis. As parcelas experimentais foram dimensionadas com área individual de 30 m², dispostas em quatro repetições e organizadas em delineamento de blocos casualizados. O arranjo populacional foi estabelecido com densidade de 11 plantas por metro linear e espaçamento entre linhas de 0,90 m.

No experimento à campo foi avaliado biomassa da parte aérea, profundidade de raiz e produtividade. O modelo SWAP simula a matéria seca acumulada e a produtividade de culturas anuais de campo utilizando o módulo integrado de crescimento de culturas WOFOST.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo simulado, com base na soma térmica, foi de 146 dias, similar à duração do ciclo observado em experimento de campo. A produtividade média simulada foi de 2.143,88 kg ha⁻¹, aproximadamente 200 kg a mais do que a produtividade observada em campo. As simulações indicaram diferenças entre os valores potenciais e atuais de biomassa, índice de área foliar e produtividade, sugerindo a ocorrência de condições subótimas, possivelmente relacionadas a estresses térmicos, mas, principalmente a limitações de manejo.

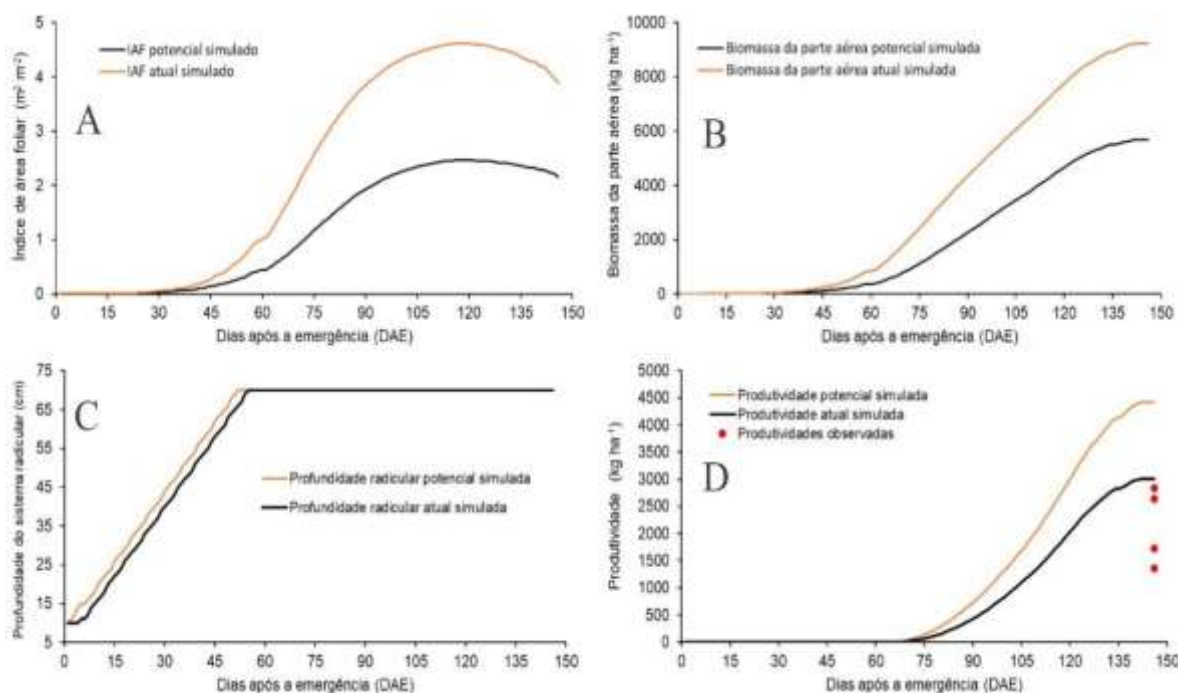


Figura 1 - Índice de área foliar (IAF) potencial e real (A), profundidade do sistema radicular potencial e real (B), massa seca acumulada potencial e real da parte aérea (C), produtividade potencial, atual e observada para a cultivar TMG44. As variáveis potencial e atual foram simuladas pelo SWAP/WOFOST.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho destaca a relevância da modelagem agro-hidrológica como ferramenta para o planejamento sustentável da cotonicultura, permitindo avaliar cenários de disponibilidade hídrica e estratégias de irrigação, além de apoiar decisões técnicas e políticas voltadas ao uso eficiente da água e à mitigação dos riscos climáticos.

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de integração entre experimentação de campo e modelagem para aprimorar o desempenho do algodão brasileiro, conciliando produtividade elevada com sustentabilidade ambiental.

AGRADECIMENTO

CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) por fornecer apoio financeiro por meio de uma bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA (IMEA). **Indicador - Algodão 23/24**. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/indicador-algodao>. Acesso em: 10/01/2025.

ECHER, F.R.; BOGIANI, J. C.; ROSOLEM, C. A. **Considerações técnicas sobre o manejo de regulador de crescimento no algodoeiro**. Cuiabá: IMAmt, 2014. Não paginado. (IMAmt. Circular técnica, 7).



Capítulo 22

AValiação DO ESTRESSE HÍDRICO EM ALGODÃO COM IMAGENS DE DRONES, ÍNDICES ESPECTRAIS E K-MEANS

Andrea Beatriz Kroich Scheffer – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Rondonópolis – andrea.scheffer@aluno.ufr.edu.br

Jepherson Correia Sales – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Rondonópolis – jepherson.sales.@ufr.edu.br

RESUMO

O estudo avaliou cultivares de algodão sob diferentes condições hídricas usando drones com câmeras RGB e sensores NIR. Imagens multiespectrais permitiram estimar altura, cobertura vegetal e índices espectrais, enquanto a classificação K-means diferenciou vegetação ativa e solo exposto. Os resultados demonstram que o sensoriamento remoto é eficiente para detectar precocemente o estresse hídrico e caracterizar o desenvolvimento da cultura, contribuindo para o manejo sustentável e a otimização da irrigação.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; NDVI; estresse hídrico; K-means.

INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é uma cultura de grande importância econômica e estratégica, especialmente no Cerrado brasileiro, onde as condições de clima seco favorecem o cultivo, mas também expõem as plantas à limitação hídrica (EMBRAPA, 2017). O estresse hídrico afeta processos fisiológicos essenciais, como a fotossíntese, o crescimento e o acúmulo de biomassa (Babar et al., 2023).

O uso de tecnologias de sensoriamento remoto tem mostrado eficiência para identificar e quantificar os efeitos do estresse hídrico em plantas, permitindo detecção precoce de alterações fisiológicas (Atzberger, 2013). O emprego de drones equipados com câmeras RGB e sensores NIR possibilita avaliar o estado das plantas por meio da reflectância da radiação eletromagnética, sem contato direto com a cultura, permitindo estimar parâmetros como altura, cobertura vegetal e índices espectrais, como o NDVI, que refletem o vigor e a condição hídrica das plantas (Sankaran et al., 2015).

Diante disso, este estudo teve como objetivo mapear o estresse hídrico por meio de uso de drone em quatro cultivares de algodão (FM944, FM985, IMA5801 e TMG44) em diferentes

¹ Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEAgri) /Universidade Federal de Rondonópolis (UFR); andrea.scheffer@aluno.ufr.edu.br.

² Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEAgri) /Universidade Federal de Rondonópolis (UFR); jepherson.sales.@ufr.edu.br.

lâminas de irrigação, por meio da análise de imagens multiespectrais e índices de vegetação e classificação não supervisionada.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido entre março e agosto de 2024, na área experimental da Universidade Federal de Rondonópolis (MT), em Latossolo Vermelho distrófico e clima tropical do tipo Aw segundo Köppen-Geiger. O estudo avaliou o desenvolvimento de quatro cultivares de algodão (FM944, FM985, IMA5801 e TMG44) sob diferentes condições de disponibilidade hídrica, simulando situações de excesso e déficit de água.

As parcelas foram organizadas em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições resultando em 64 parcelas experimentais. Foram realizados três voos de drone (16/05, 14/06 e 05/07) entre 11h e 13h, utilizando o modelo DJI Mavic 3 Multispectral (Mavic 3M) equipado com câmera RGB e sensor NIR. As imagens foram processadas em ambiente de fotogrametria, resultando em ortomosaicos e modelos digitais de superfície.

O índice GLI (Green Leaf Index) foi utilizado para estimar a cobertura vegetal a partir das imagens RGB obtidas por drones, destacando áreas com maior presença de vegetação verde. Os valores de GLI foram classificados pelo método K-means, separando pixels vegetados e não vegetados, facilitando a quantificação da área foliar e o percentual de cobertura verde, contribuindo para identificar variações associadas ao estresse hídrico e às diferenças entre cultivares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da eficiência do processo de classificação das imagens, foi aplicado o algoritmo de agrupamento k-means. A Tabela 1 mostra TotSS, Tot.WithinSS, BetweenSS e BetweenSS/TotSS, indicando a eficiência do K-means na separação dos clusters e a consistência dos resultados ao longo do tempo.

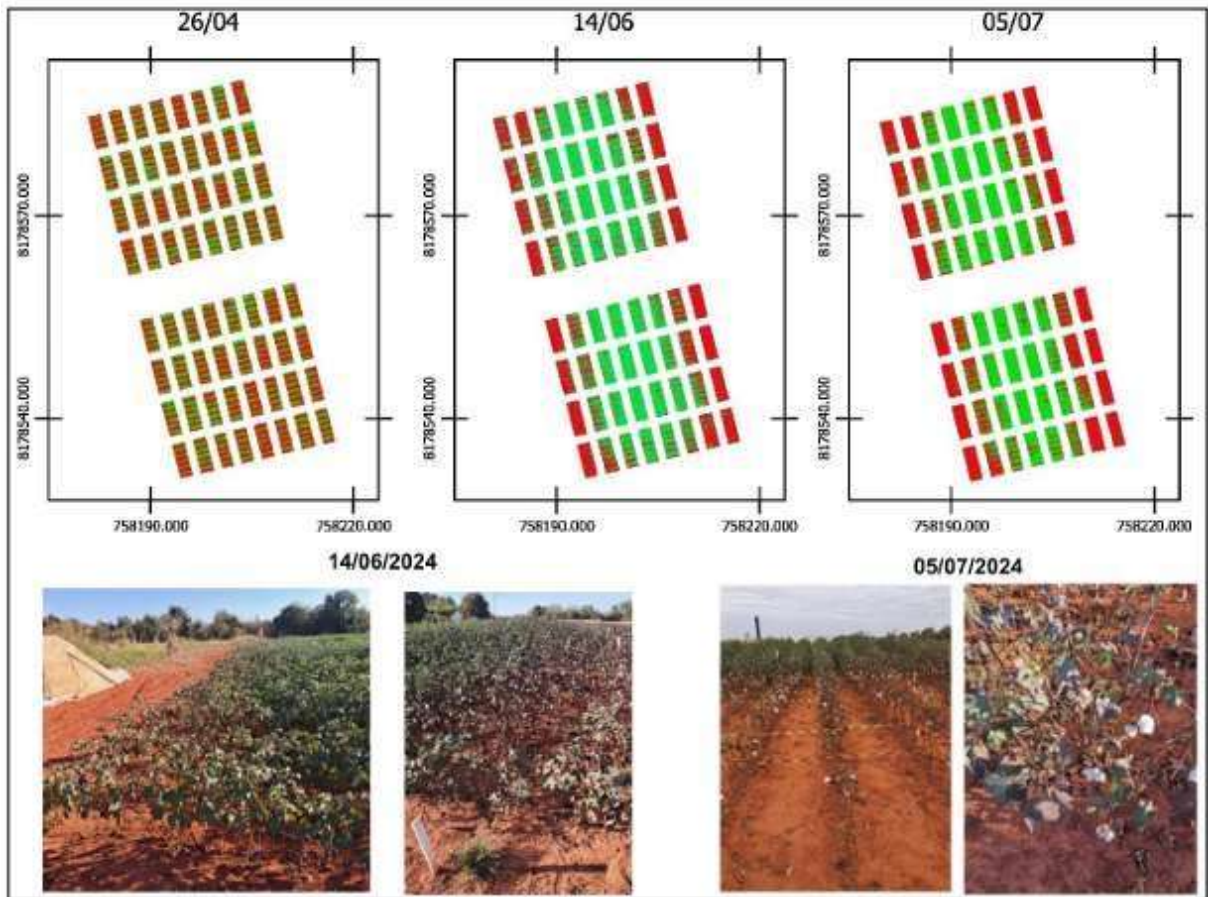
Tabela 1 – Estatísticas de agrupamento do k-means para o processamento das imagens.

Data	TotSS	Tot..WithinSS	BetweenSS	BetweenSS/TotSS
26/04	449,789	123,883,80	325,906,00	0,725
14/06	414,839	168,466,14	246,373,00	0,594
05/07	299,365	105,367,15	193,998,00	0,648

Fonte: Resultados do agrupamento k-means (2024).

O algoritmo K-means foi utilizado para diferenciar as áreas de vegetação e solo exposto, apresentando melhor desempenho em 26/04 (BetweenSS/TotSS = 0,725), fase inicial do desenvolvimento do algodoeiro. Nas imagens de 14/06 (0,594) e 05/07 (0,648), a separação entre os grupos foi menos nítida, possivelmente em função da heterogeneidade da cobertura, da umidade do solo e da presença de sombras (Gašparović et al., 2020). A eficiência do método mostrou-se relacionada ao estágio fenológico, já que a variação espectral tende a ser mais acentuada nas fases iniciais da cultura (Mimenbayeva et al., 2023). O índice GLI também se destacou na identificação da vegetação, corroborando os resultados obtidos por Xu et al. (2022). O K-means permitiu mapear padrões de vigor e estresse hídrico, contribuindo para compreender a dinâmica de crescimento do algodoeiro sob diferentes lâminas de irrigação.

Figura 1 – Mapas e imagens de campo do algodoeiro em diferentes datas, mostrando variações no vigor vegetativo sob estresse hídrico.



Fonte: Dados da autora (2024).

O mapa de classificação evidenciou a evolução do algodoeiro sob diferentes lâminas e estádios fenológicos. Em 26/04, observou-se baixa cobertura vegetal; em 14/06, maior vigor nas lâminas de 75% e 100% (Ashapure et al., 2020); e em 05/07, contrastes entre áreas produtivas e regiões sob restrição hídrica (Gu et al., 2024). As menores lâminas (25% e 50%) apresentaram senescência precoce e menor crescimento (Farooq et al., 2009), enquanto as maiores mantiveram melhor vigor e frutificação (Taiz et al., 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de drones mostrou-se eficiente na detecção de estresse hídrico e na otimização da irrigação, promovendo economia de água e maior produtividade. Embora as lavouras brasileiras ainda sejam predominantemente de sequeiro, as mudanças climáticas indicam que a irrigação, associada ao sensoriamento remoto, poderá ser uma alternativa viável para a sustentabilidade futura. O K-means diferenciou áreas de vegetação e solo exposto, enquanto o índice GLI permitiu quantificar a cobertura verde e o vigor das plantas.

AGRADECIMENTO

Agradeço à CAPES pela bolsa de estudos, fundamental para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ASHAPURE, A. et al. Developing a machine learning based cotton yield estimation framework using multi-temporal UAS data. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 169, p. 180-194, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.09.015>.
- ATZBERGER, C. Advances in remote sensing of agriculture: Context description, current technologies and future trends. **Remote Sensing**, v. 5, n. 1, p. 592–624, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs5020949>.
- BABAR, M. et al. A comprehensive review on drought stress response in cotton at physiological, biochemical and molecular level. **Pure and Applied Biology**, v. 12, n. 1, p. 610-622, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2023.120063>
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Cultura do algodão no Cerrado**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2017. 71 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1155388>
- FAROOQ, M. et al. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In: **Sustainable agriculture**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. p. 153-188. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_12
- GAŠPAROVIĆ, M. et al. An automatic method for weed mapping in oat fields based on UAV imagery. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 173, p. 105385, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105385>
- GU, HAIBIN; MILLS, CORY; RITCHIE, GLEN L.; GUO, Wenxuan. Water Stress Assessment of Cotton Cultivars Using Unmanned Aerial System Images. **Remote Sensing**, v. 16, n. 14, p. 2609, 2024. <https://doi.org/10.3390/rs16142609>
- MIMENBAYEVA, A. et al. Determination of the number of clusters of normalized vegetation indices using the k-means algorithm. **Eastern-European Journal of Enterprise Technologies**, v. 125, n. 2, p. 15-22, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290129>
- SANKARAN, S.; KHOT, L. R.; ESPINOZA, C. Z.; JAROLMASJED, S.; SATHUVALLI, V. R.; VANDEMARK, G. J.; MIKLAS, P. N.; CARTER, A. H.; PUMPHREY, M. O.; KNOWLES, N. R.; PAVEK, M. J. Low-altitude, high-resolution aerial imaging systems for row and field crop phenotyping: a review. **European Journal of Agronomy**, v. 70, p. 112-123, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.07.004>
- T AIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- XU, Xue; LIU, Luyao; HAN, Peng; GONG, Xiaoqian; ZHANG, Qing. Accuracy of vegetation indices in assessing different grades of grassland desertification from UAV. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 24, p. 16793, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416793>



Capítulo 23

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO EM MACROAMBIENTES DE TRANSIÇÃO NA REGIÃO DE COCALINHO- MT

Leonardo Smolii Lima Júnior – Universidade Federal de Mato Grosso – leonardoslimajr@gmail.com
Lorenzo Miguel Pavine Oliveira – Universidade Federal de Mato Grosso – lorenzodemiguel@outlook.com
Webert de Sá Alves Vasiluk – Universidade Federal de Mato Grosso – webertvasiluk@gmail.com
Anna Alice Lima Miguel – Universidade Federal de Mato Grosso – annaalicelimamiguel70@gmail.com
João Carlos de Sousa Maia – Universidade Federal de Mato Grosso – jotace27maia53@gmail.com

RESUMO

O objetivo foi avaliar e comparar a infiltração de água em macroambientes de transição na região de Cocalinho-MT. Utilizou-se o método do infiltrômetro de anel concêntrico em Gleissolo Háplico e Plintossolo Argilúvico. Os resultados mostraram velocidade de infiltração elevada em ambos os solos (101,93 e 122,24 mm h⁻¹). Conclui-se que o comportamento hídrico é governado pela estrutura e textura do solo, exigindo práticas de manejo adaptadas a cada macroambiente.

Palavras-chave: Hidrologia do solo; Infiltração; Morfologia do solo; Classificação; Vale do Araguaia.

INTRODUÇÃO

A gestão sustentável dos recursos hídricos é um pilar fundamental para o desenvolvimento da agricultura, especialmente em biomas estratégicos como o Cerrado, que abriga a mais importante fronteira de produção de grãos e pecuária do Brasil. A relação entre solo, água e planta determina o potencial produtivo dos ecossistemas e a eficiência do manejo agrícola (REICHARDT; TIMM, 2020). Nesse sistema, o solo atua como o principal compartimento regulador, controlando a partição da água da chuva em escoamento superficial, armazenamento e recarga de aquíferos.

Neste contexto, a região do Vale do Araguaia, situada no nordeste de Mato Grosso, apresenta condições edafoclimáticas particulares que a tornam uma área de grande interesse para estudos hidropedológicos (SEPLAN, 2017).

O movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera é governado por processos físico-hídricos chave, com destaque para a infiltração (entrada de água no perfil do solo) e a condutividade hidráulica (facilidade com que a água se move através dos poros do solo) (LIBARDI, 2016).

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar e comparar a infiltração de água em macroambientes de transição na região de Cocalinho-MT. Dessa forma, quantificar a taxa de infiltração in situ pelo método do infiltrômetro de anel concêntrico, ajustar os dados de infiltração acumulada a modelos matemáticos, comparar a Velocidade de Infiltração Básica (VIB).

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no município de Cocalinho, localizado na mesorregião do Nordeste Mato-grossense, no Vale do Araguaia. Foram realizados testes de infiltração em 2 propriedades da região, escolhendo solos entre elas que fossem representativos para o ambiente estudado. A seguir estão descritos os pontos de realização dos ensaios: Ponto 1: Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico, localizado na Fazenda Água Preta. Coordenadas: 14° 06' 08,5" S | 51° 28' 02,9" O; Ponto 2: Plintossolo Argilúvico Distrófico típico, localizado na Fazenda Barro Alto. Coordenadas: 14° 16' 02,7" S | 51° 22' 22,5" O.

O clima predominante na região é do tipo Aw (tropical com estação seca de inverno), segundo a classificação de Köppen-Geiger. Caracteriza-se por uma nítida sazonalidade, com um período chuvoso concentrado entre os meses de outubro e abril, e um período de estiagem de maio a setembro.

Para a caracterização morfológica e classificação de cada perfil, foi aberta uma trincheira de 1,5 a 2 metros de profundidade. A classificação dos solos foi realizada em campo, seguindo os critérios taxonômicos definidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018).

Quadro 1- Caracterização dos solos quanto a morfologia e especialidades.

Condição de Umidade, nível do lençol freático e inundação com solos submersos	Tipo de solo e características	Morfologia do Solo	Condição de Umidade, nível do lençol freático e inundação com solos submersos	Tipo de solo e características	Morfologia do Solo
Presença de lençol freático a 130 cm, indicando um solo mal drenado e com saturação de água permanente em profundidade.	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico. Textura Franco-Arenosa (80+%) Estrutura fraca (granular e blocos subangulares) Drenagem imperfeita por todo perfil		Drenagem imperfeita. Solo sujeito à flutuação do lençol de água, alternando períodos de saturação e secagem, o que favorece a formação de plintita.	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO distrófico típico. Textura Média/Argilosa Estrutura em blocos, moderada a forte Mal drenado em todo perfil	

Para cada um dos solos classificados, foram realizados três ensaios de infiltração de água no solo em pontos localizados no entorno da trincheira, buscando garantir a representatividade da área amostral. O método empregado foi o do infiltrômetro de anéis concêntricos sob carga hidráulica constante, em conformidade com os procedimentos padrões para ensaios de campo.

A análise e o tratamento dos dados levaram em consideração a alta variabilidade espacial que é inerente às propriedades físico-hídricas do solo, mesmo em escalas de pequena distância. O objetivo do ensaio com infiltrômetro de anel é quantificar a capacidade de infiltração governada pela matriz porosa do solo. Os valores de Velocidade de Infiltração Básica (VIB) foram calculados a partir do conjunto de dados representativos e validados para cada

ponto, assegurando que as comparações entre os solos fossem baseadas em medições consistentes e metodologicamente íntegras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ambos os solos, apesar de classificados como hidromórficos, apresentaram uma VIB elevada, enquadrando-se na classe Moderadamente Rápida, o que sugere a existência de mecanismos de fluxo que superam as limitações impostas pelo excesso de água sazonal.

O Gleissolo Háptico obteve uma taxa de infiltração de $101,93 \text{ mm h}^{-1}$, apesar de sua classificação em um ambiente de drenagem mal a imperfeitamente drenado, ele apresentou este comportamento de infiltração relativamente rápido. A explicação principal reside em sua textura, que indica mais de 80% de areia (classe Areia Franca).

De forma distinta, o Plintossolo Argilúvico ($122,24 \text{ mm h}^{-1}$) apresentou a maior VIB deste macroambiente. Sua textura franco-argiloarenosa, com até 37% de argila, sugere que sua alta VIB é governada por sua estrutura em blocos subangulares. O valor obtido pode ser considerado elevado, tendo em vista Oliveira et al. (2017), por exemplo, que encontraram valores de VIB consideravelmente inferiores, em torno de 30 mm h^{-1} , para um Plintossolo em pastagem degradada no Cerrado, sugerindo que a boa condição estrutural e a ausência de compactação severa no ponto estudado foram cruciais para manter a alta taxa de infiltração.

Figura 1- Gráfico de infiltração acumulada para o Gleissolo Háptico.

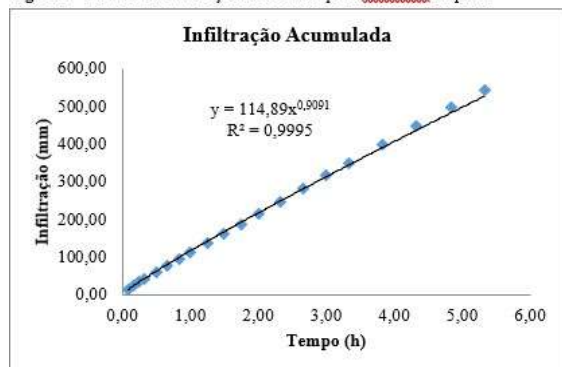


Figura 3- Gráfico de infiltração acumulada para o Plintossolo Argilúvico.

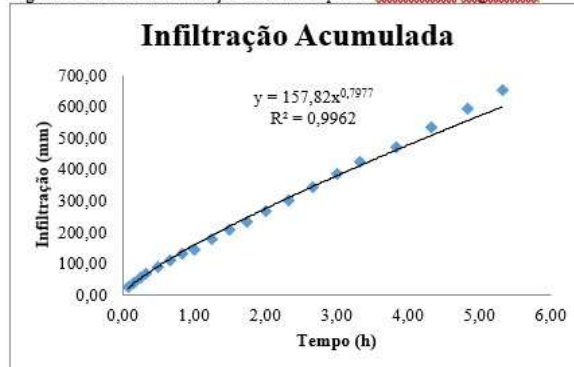


Figura 2- Gráfico de velocidade de infiltração para o Gleissolo Háptico.

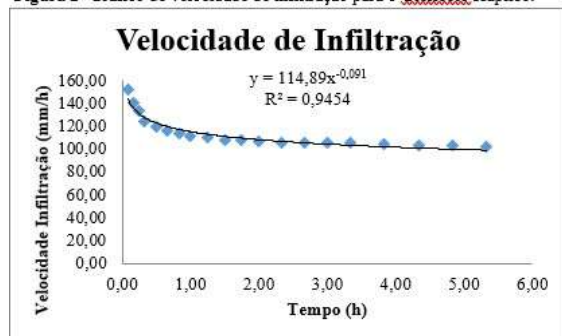
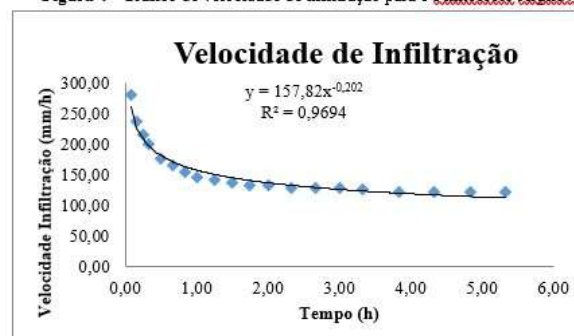


Figura 4 - Gráfico de velocidade de infiltração para o Plintossolo Argilúvico.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise comparativa da infiltração de água nos solos da região de Cocalinho-MT demonstrou que o comportamento hídrico é diretamente governado pela posição do solo na paisagem, com o macroambiente apresentando um mecanismo de controle de fluxo predominante. As áreas de transição exibiram uma taxa de infiltração temporariamente alta, governada pelo fluxo preferencial em fendas durante a estação seca.

Essa área de transição, por seu comportamento hídrico complexo e sazonal, requer práticas de manejo de pastagem adaptadas para evitar a saturação hídrica, o escoamento

superficial e a degradação do solo, evidenciando que um mesmo tipo de uso deve ter abordagens distintas conforme o macroambiente em que se insere.

REFERÊNCIAS

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: ESALQ, 2005. 559 p.

OLIVEIRA, I. A. de et al. Atributos físicos de um Plintossolo Pétrico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado piauiense. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 79-88, 2017.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SEPLAN - SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE MATO GROSSO. **Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Mato Grosso - ZSEE/MT: Diagnóstico e Recomendações**. Cuiabá: SEPLAN, 2017.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 3. ed. Barueri: Manole, 2022. 600 p.



Capítulo 24

SIMULAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM LATOSSOLO VERMELHO UTILIZANDO O MODELO DE ARYA- PARIS

Sâmia Rodrigues Barbosa – Universidade Federal de Rondonópolis – samiabarbosarodrigues@gmail.com
Prof. Dr. Thiago Franco Duarte (Orientador) – Universidade Federal de Rondonópolis –
thiago.duarte@ufr.edu.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo comparar a eficácia de diferentes metodologias para determinar a curva de retenção de água no solo, utilizando o modelo de Arya & Paris e suas variações, em Latossolo Vermelho. A análise abrange a aplicação de diferentes metodologias, avaliando a precisão das estimativas da retenção de água com base na distribuição granulométrica e propriedades físicas do solo.

Palavras-chave: Curva de retenção, Latossolo Vermelho, Modelo Arya-Paris, Distribuição Granulométrica, Simulação de Solo.

INTRODUÇÃO

A dinâmica da água no solo é um dos fatores determinantes para a produtividade agrícola e sustentabilidade dos ecossistemas. Nesse contexto, a curva de retenção de água do solo (CRA) tem um papel crucial, pois descreve a relação entre a umidade do solo e o potencial matricial, fornecendo informações sobre a disponibilidade de água para as plantas, o comportamento do solo sob diferentes pressões e a capacidade de armazenamento hídrico. A determinação direta da CRA, embora essencial, é onerosa e demorada, exigindo métodos que nem sempre são viáveis em estudos de grande escala ou com recursos limitados.

Para suprir essa limitação, diversos modelos têm sido desenvolvidos para estimar a curva de retenção com base nas propriedades físicas do solo. Dentre esses modelos, destaca-se o de Arya & Paris (1981), que utiliza a distribuição granulométrica do solo para estimar a CRA. No entanto, a eficácia deste modelo pode ser influenciada pelas características específicas de diferentes tipos de solo. O Latossolo Vermelho, solo predominante nas regiões do Cerrado, apresenta características texturais e estruturais que podem impactar a precisão dos modelos de estimativa da CRA, como a distribuição de partículas e a alta concentração de argila.

Este trabalho tem como objetivo comparar a eficácia de diferentes metodologias para a determinação da curva de retenção de água no solo, utilizando o modelo de Arya & Paris e suas diferentes metodologias de aplicação, em Latossolo Vermelho. A pesquisa busca avaliar a acuracidade do modelo em diferentes camadas do solo, utilizando a distribuição granulométrica como principal parâmetro de entrada e discutindo as implicações dessas estimativas para o manejo de recursos hídricos em solos tropicais.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Rondonópolis (UFMT), localizada em Rondonópolis-MT, com coordenadas geográficas 16°27'39"S e 54°34'54"W. O solo estudado foi o Latossolo Vermelho Distrófico. Foram analisados 4 perfis de solo, cada um coletado em 5 camadas de diferentes profundidades: 0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm e 40–60 cm, com 5 repetições para cada camada.

A análise granulométrica foi realizada utilizando dois métodos: o método do densímetro e o método da pipeta, ambos de acordo com as normas ABNT NBR 6457 e NBR 7181 (ABNT, 1984).

Foram coletadas amostras indeformadas coletadas com anéis volumétricos de 50 cm³. As amostras foram submetidas a diferentes pressões (1, 6, 10, 33, 100, 300, 500 e 1500 kPa) utilizando a câmara de Richards e a mesa de pressão, com o objetivo de determinar a umidade do solo em diferentes tensões.

O modelo de Arya & Paris (1981) foi utilizado para simular a curva de retenção de água do solo. Esse modelo utiliza a distribuição granulométrica do solo, a densidade do solo e a densidade das partículas do solo para calcular a umidade do solo e a pressão da água nos poros. O modelo foi ajustado para cada camada de solo coletada, e os parâmetros do modelo foram determinados a partir da análise granulométrica.

As simulações do modelo de Arya & Paris foram avaliadas por meio de análises estatísticas para determinar a precisão do modelo em representar a curva de retenção de água. Foram utilizados índices como o erro quadrático médio (RMSE), o coeficiente de determinação (R^2), o índice de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) e o erro absoluto médio (MAE). Essas métricas foram utilizadas para comparar os resultados simulados com os dados experimentais, avaliando a qualidade do ajuste do modelo nas diferentes camadas do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram analisados de acordo com os modelos de Arya & Paris aplicados ao Latossolo Vermelho. As simulações das curvas de retenção de água foram comparadas com os dados experimentais, avaliando a precisão do modelo em diferentes camadas do solo. Para isso, foram utilizados os índices estatísticos de ajuste, como RMSE, R^2 , NSE, e MAE, que demonstraram a qualidade das simulações em relação aos dados medidos.

A curva granulométrica do Latossolo Vermelho foi determinada para cada uma das camadas de solo (0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm e 40–60 cm). O ajuste do modelo logístico à distribuição do tamanho das partículas apresentou um coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,99, indicando uma excelente qualidade de ajuste. Esse alto R^2 reflete a precisão do modelo na representação da distribuição granulométrica observada no solo. A curva granulométrica revelou um aumento na frequência acumulada das partículas à medida que o diâmetro das partículas aumentava, com um comportamento típico sigmoidal, corroborando com outros estudos realizados em solos semelhantes (Li et al., 2023).

Os resultados das simulações das curvas de retenção de água utilizando o modelo de Arya & Paris foram comparados com os do modelo de Arya & Heitman. Para ambas as abordagens, as simulações foram realizadas para cada camada do solo e as comparações entre os dados simulados e os medidos foram feitas utilizando os índices estatísticos mencionados. O modelo de Arya & Paris apresentou melhores resultados em relação ao modelo de Arya & Heitman, especialmente nas camadas mais profundas do solo, com valores de R^2 mais elevados (variando de 0,92 a 0,98). Em comparação, o modelo de Arya & Heitman obteve R^2 mais baixos, variando de 0,82 a 0,94, indicando um ajuste menos preciso, particularmente em camadas mais superficiais.

A análise dos índices estatísticos demonstrou que o modelo de Arya & Paris foi mais

eficiente na estimativa da curva de retenção de água, com valores de RMSE geralmente baixos, variando entre 0,031 e 0,074. Esses valores indicam um erro quadrático médio baixo, o que é indicativo de uma boa correspondência entre os dados simulados e os dados experimentais. Além disso, o índice de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) foi positivo em todas as camadas do solo, sugerindo que o modelo de Arya & Paris tem uma boa capacidade de representar a dinâmica da retenção de água no Latossolo Vermelho.

Tabela 1. Índices estatísticos utilizados para avaliar a qualidade do ajuste do modelo Arya-Paris nas camadas de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm e 40-60 cm do solo, em Latossolo Vermelho Distrófico, ano 2025.

Perfil 1											
		Camadas									
		0-10		10-20		20-30		30-40		40-60	
Conjunto		Sim 1	Sim 2	Sim 1	Sim 2	Sim 1	Sim 2	Sim 1	Sim 2	Sim 1	Sim 2
RMSE		0.065	0.104	0.052	0.090	0.036	0.052	0.063	0.042	0.074	0.042
R2		0.930	0.845	0.959	0.822	0.982	0.907	0.984	0.924	0.966	0.936
NSE		0.420	-0.503	0.652	-0.041	0.894	0.788	0.747	0.890	0.695	0.905
MAE		0.059	0.099	0.046	0.082	0.031	0.041	0.053	0.035	0.069	0.034
Perfil 2											
		Camadas									
		0-10		10-20		20-30		30-40		40-60	
Conjunto		Sim 1	Sim 2	Sim 1	Sim 2	Sim 1	Sim 2	Sim 1	Sim 2	Sim 1	Sim 2
RMSE		0.060	0.094	0.055	0.094	0.038	0.056	0.056	0.049	0.062	0.057
R2		0.917	0.808	0.962	0.858	0.975	0.876	0.982	0.907	0.970	0.926
NSE		0.498	-0.228	0.613	-0.139	0.882	0.752	0.800	0.850	0.790	0.822
MAE		0.053	0.086	0.049	0.088	0.036	0.046	0.047	0.042	0.052	0.047

Conjunto: conjunto de dados utilizados para a simulação, RMSE: Erro Quadrático Médio, R²: Coeficiente de Determinação, NSE: Índice de Eficiência de Nash-Sutcliffe, MAE: Erro Absoluto Médio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de Arya & Paris mostrou-se eficaz para estimar a curva de retenção de água no Latossolo Vermelho, com bom desempenho nas camadas mais profundas do solo. A comparação com o modelo de Arya & Heitman revelou que o primeiro obteve melhores resultados, especialmente em termos de precisão e ajuste aos dados experimentais. As análises estatísticas confirmaram que o modelo de Arya & Paris é uma ferramenta útil para a estimativa da dinâmica hídrica em solos tropicais, destacando-se no manejo de água em solos com características similares ao Latossolo Vermelho.

AGRADECIMENTO

A autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de mestrado, essencial para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: NBR 7181: Solo – **Análise Granulométrica**, Rio de Janeiro, 1984.

ARYA, L. M.; DIEROLF, T. S. Predicting soil moisture characteristics from particle size distribution: An improved method to calculate pore radii from particle size distribution. **Journal of Soil Science Society of America**, v. 56, p. 1238–1242, 1992.

ARYA, L. M.; HEITMAN, J. L. A non-empirical method for computing pore radii and soil water characteristics from particle size distribution. **Vadose Zone Journal**, v. 14, n. 1, p. 1–10, 2015. DOI: 10.2136/vzj2014.07.0101.

ARYA, L. M.; PARIS, J. F. A physicoempirical model to predict soil moisture characteristics from particle-size distribution and bulk density data. **Journal / Soil Science Society of América**, Madison, v. 45, p. 1023-1030, 1981.

ARYA, L.M.; LEIJ, F.J.; SHOUSE, P.J. & van GENUCHTEN, M.T. Relationship between the hydraulic conductivity function and the particle-size distribution. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, p. 1063-1070, 1999.

Li, Q., et al. (2023). Hydrological Modeling and Water Retention in Agricultural Soils. **Water Resources Research**, 59(2), 234–247.

