

PERQUIRERE

Engenharias, Ciências Exatas e da Terra

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas
vol. 21, n. 2 - maio/ago. 2024



Revista Perquirere

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas

ISSN 1806-6399

Volume 21, número 2, maio/ago. 2024

Patos de Minas: Perquirere, UNIPAM, v. 21, n. 2, maio/ago. 2024: 1-206



Centro Universitário de Patos de Minas



Núcleo de Editoria e Publicações

UNIPAM | Centro Universitário de Patos se Minas

Reitor

Henrique Carivaldo de Mirando Neto

Pró-reitora de Ensino, Pesquisa e Extensão

Maria Marta do Couto Pereira Rodrigues

Pró-reitor de Planejamento, Administração e Finanças

Pablo Fonseca da Cunha

Coordenadora de Extensão

Adriana de Lanna Malta Tredezini

Diretora de Graduação

Mônica Soares de Araújo Guimarães

Coordenador do Núcleo de Editoria e Publicações

Geovane Fernandes Caixeta

A Revista **Perquirere** é uma publicação do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), de acesso gratuito, destinada, primordialmente, a divulgar a produção oriunda do programa de iniciação científica (PIBIC) mantido pela instituição.

P447 Perquirere [recurso eletrônico] / Centro Universitário de Patos de Minas.
– Dados eletrônicos. – N. 1 (2004)-. – Patos de Minas : UNIPAM,
2004-

Anual: 2004-2009. Semestral: 2010-2016. Trimestral: 2017-
Disponível em: <<https://revistas.unipam.edu.br>>
ISSN 1806-6399

1. Periódicos – interdisciplinar. 2. Ciências biológicas. 3. Saúde.
4. Engenharia. 5. Letras – artes. I. Centro Universitário de Patos Minas.
II. Título.

CDD 056.9

Centro Universitário de Patos de Minas

Rua Major Gote, 808 – Caiçaras
38702-054, Patos de Minas - MG, Brasil

NEP | Núcleo de Editoria e Publicações

Telefone: (34) 3823-0341
<http://nep.unipam.edu.br>

EDITOR

Geovane Fernandes Caixeta

CONSELHO EDITORIAL

Ciências Biológicas e da Saúde

Adriana Cristina de Santana (UNIPAM)
Bethânia Cristhine de Araújo (UNIPAM)
Célio Marcos dos Reis Ferreira (UFVJM)
Daniela Resende de Moraes Salles (UNIPAC – Araguari)
Franciele Maria Caixeta (UNIPAM)
Gilson Caixeta Borges (UNIPAM)
Isa Ribeiro de Oliveira Dantas (UNIPAM)
José Alfredo Dixini (UNIPAM)
Juliana Ribeiro Gouveia Reis (UNIPAM)
Karyna Maria de Mello Locatelli (UNIPAM)
Luciana de Almeida França (UNIPAM)
Luiz Henrique dos Santos (UNIPAM)
Marilene Rivany Nunes (UNIPAM)
Maura Regina Guimarães Rabelo (UNIPAM)
Milce Burgos Ferreira (UNIPAM)
Nádia Camila Rodrigues Costa Caixeta (UNIPAM)
Natália de Fátima Gonçalves Amâncio (UNIPAM)
Norma Aparecida Borges Bittar (UNIPAM)
Odilene Gonçalves (UNIPAM)
Priscila Capelari Orsolin (UNIPAM)
Roane Caetano de Faria (UNIPAM)
Rosiane Gomes Silva Oliveira (UNIPAM)
Rosiane Soares Saturnino (UNIPAM)
Rossana Pierangeli Godinho Silva (UNIPAM)
Sandra Soares (UNIPAM)
Talita Marques da Silva (UNIPAM)

Engenharias, Ciências Exatas e Ciências da Terra

Alice Pratas Glycério de Freitas (UNIPAM)
Bruno Batista Gonçalves (UNIPAM)
Bruno Sérgio Vieira (UFU)
Carlos Henrique Eiterer de Souza (UNIPAM)
Eduardo Pains de Moraes (UNIPAM)
Everaldo Antonio Lopes (UFV – Campus Rio Paranaíba)
Fábio de Brito Gontijo (UNIPAM)
Fernando Correa de Mello Junior (UNIPAM)
Fernando Dias da Silva (UNIPAM)
Guilherme Nascimento Cunha (UNIPAM)

Janaina Aparecida Pereira (UNIPAM)
Lucas Mendes da Silva (UNIPAM)
Mariana Assunção de Souza (UNIPAM)
Paulo Eduardo Silva Martins (UNIT)
Renata Nepomuceno da Cunha (UNIPAM)
Renato Ianhez (UNIPAM)
Sady Alexis Chavauty Valdes (UNIPAM)
Sandro de Paula Matias (UNIPAM)
Vinicius de Moraes Machado (UNIPAM)
Walter Vieira da Cunha (UNIPAM)

Ciências Humanas, Ciências Sociais, Letras e Artes

Consuelo Nepomuceno (UNIPAM)
Elizete Maria da Silva Moreira (UNIPAM)
Frederico de Sousa Silva (UFU)
Gabriel Gomes Canedo Vieira de Magalhães (UNIPAM)
Guilherme Caixeta Borges (UNIPAM)
Helen Corrêa Solis Neves (UNIPAM)
Jarbas Menezes (UNIPAM)
Joana Darc dos Santos (UNIPAM)
João Paulo Alves de Faria (UNIPAM)
Laércio José Vida (UNIPAM)
Luís André Nepomuceno (UFV)
Marcos Antônio Caixeta Rassi (UNIPAM)
Maria Marta do Couto Pereira Rodrigues (UNIPAM)
Mônica Soares de Araújo Guimarães (UNIPAM)
Morisa Martins Jajah (UNIPAM)
Pedro Henrique de Sousa Ferreira (UNIPAM)
Sandro Ângelo de Andrade (UNIPAM)
Sueli Maria Coelho (UFMG)
Thiago Henrique Ferreira Vasconcelos (UNIPAM)
Valério Nepomuceno (UNIPAM)
Vidigal Fernandes Martins (UFU)

REVISÃO

Geovane Fernandes Caixeta
Rejane Maria Magalhães Melo

DIAGRAMAÇÃO E FORMATAÇÃO

Rejane Maria Magalhães Melo

SUMÁRIO

Análise do desempenho acústico de um laboratório acadêmico de conforto ambiental	8
Júlio César da Silva Leonel João Paulo Alves de Faria	
Avaliação da distribuição da tripanossomíase bovina, em propriedades rurais de Patos de Minas (MG), pelos métodos de diagnóstico: esfregaço sanguíneo, RIFI e PCR	21
Luan Silveira Rosa Luiz Flávio Nepomuceno do Nascimento	
Avaliação de germinação de sementes de <i>Carica papaya</i> L. submetidas a diferentes tratamentos	31
Sandro Lúcio Silva Júnior Walter Vieira da Cunha	
Brotação de cana-de-açúcar em meio de cultura a base de M.S. enriquecido com KIN (Cinetina) e BAP (6-benzilaminopurina)	37
Maria Eduarda Sousa Caixeta Walter Vieira Da Cunha	
Comparação do desempenho de matrizes suínas gestantes submetidas à gestação coletiva e gestação em gaiolas individuais	44
Giovana Gabriela Soares Ribeiro Eliane de Sousa Costa Luiz Fernando Rocha Botelho	
Construção de uma bancada didática para práticas de automação industrial ..	55
Murilo Machado de Matos Gaspar Eugenio Oliveira Ramos	
Controle químico e biológico de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> in vitro	67
Rafaela Camila Bontempo Lucas da Silva Mendes	
Desenvolvimento de uma bancada de acionamentos elétricos aplicando instrumentação virtual	73
Adrian Martins Pereira Maurício dos Reis de Andrade Victor Henrique Da Cunha Faria	

Desenvolvimento inicial de milho promovido por microrganismos.....	94
Gustavo Rodrigues Pinheiro André Santana Andrade Victor Gustavo Soares Ribeiro	
Diversidade da entomofauna edáfica associada ao sistema de cultivo integrado lavoura-pastagem-floresta-ILPF	102
Natan Bernardes Lima Marques Elisa Queiroz Garcia	
Efeito antagonista de <i>Bacillus spp.</i> sobre o fungo <i>Fusarium verticillioides</i>	115
Nathália Silva Porto Janaíne Myrna Rodrigues Reis	
Germinação e desenvolvimento inicial do algodoeiro submetido a doses e fontes de adubação fosfatada.....	122
Flávia Marina Sousa Corrêa Diego Henrique da Mota	
Influência da adubação fosfatada no desenvolvimento da BRS Capiáçu	131
Gustavo Domingos Mota Lima Carlos Henrique Eiterer de Souza	
Influência da adubação fracionada na maturação de grãos de café (<i>Coffea Arabica</i> <i>L.</i>) variedade Tupi Iac 1669-33	140
Rian Soares Costa Diego Henrique da Mota	
Influência de doses de manganês em soja	149
Letícia Campos de Melo Evandro Binotto Fagan	
Levantamento qualiquantitativo da arborização urbana em Patos de Minas (MG)	161
Daniela Liboredo e Souza Vinícius de Moraes Machado	
Parâmetros fitométricos de soja submetida a diferentes fontes de boro via foliar	175
Ana Cecília de Lima Pereira Bruno Bernardes de AndradE	

Produtividade do trigo submetido a diferentes fontes de fósforo181

Laysa Cristina de Melo Silva

Mauricio Antônio de Oliveira Coelho

Projeto e fabricação de um forno de fundição elétrico188

Vitor Júnior Sousa Silva

Janaína Aparecida Pereira

Análise do desempenho acústico de um laboratório acadêmico de conforto ambiental

Analysis of the acoustic performance of an academic environmental comfort laboratory

JÚLIO CÉSAR DA SILVA LEONEL
Discente de Arquitetura e Urbanismo (UNIPAM)
E-mail: juliocsl@unipam.edu.br

JOÃO PAULO ALVES DE FARIA
Professor orientador UNIPAM
E-mail: joaopaf@unipam.edu.br

RESUMO: O conforto acústico arquitetônico é altamente relevante devido à sua relação com a qualidade de vida das pessoas, especialmente em espaços destinados às atividades de ensino e aprendizagem, onde impacta o desempenho de alunos e professores. Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho acústico interno de um laboratório acadêmico de Conforto Ambiental de uma instituição de ensino superior. Foram identificadas as condições acústicas, realizadas medições do nível de pressão sonora interna e calculado o tempo de reverberação. Os dados obtidos foram analisados com base em parâmetros normativos. Os resultados mostraram que o tempo de reverberação estava acima do parâmetro de referência de 0,6 segundos. Quanto ao nível de pressão sonora interna, os resultados se mantiveram acima do limite máximo de 45 dB. Conclui-se que o nível de pressão sonora interno da sala e o tempo de reverberação estão fora dos parâmetros normativos.

Palavras chaves: acústica arquitetônica; desempenho acústico; conforto acústico.

ABSTRACT: Architectural acoustic comfort is highly relevant due to its relationship with people's quality of life, especially in spaces intended for teaching and learning activities, where it impacts the performance of students and teachers. This study aimed to evaluate the internal acoustic performance of an academic Environmental Comfort laboratory at a higher education institution. Acoustic conditions were identified, internal sound pressure levels were measured, and reverberation time was calculated. The data obtained were analyzed based on normative parameters. The results showed that the reverberation time was above the reference parameter of 0.6 seconds. Regarding the internal sound pressure level, the results remained above the maximum limit of 45 dB. It is concluded that the internal sound pressure level and the reverberation time of the room are outside the normative parameters.

Keywords: architectural acoustics; acoustic performance; acoustic comfort.

1 INTRODUÇÃO

O campo do conforto ambiental é interdisciplinar e abrange uma diversidade de profissionais tanto na arquitetura e urbanismo quanto nas engenharias. Na

construção civil, está relacionado principalmente com o desempenho térmico, lumínico e acústico dos espaços construídos. Os estudos relativos à importância do conforto ambiental não são recentes. Entretanto, nos últimos anos, a ampliação da preocupação com a sustentabilidade e a saúde física e mental tem colocado a acústica no foco das discussões, uma vez que, segundo Silva (2011, p. 4), “a influência do ruído na inteligência, principalmente na capacidade de atenção do indivíduo, reduz o rendimento do trabalho, tanto intelectual quanto fisicamente”. Além disso, o bom desempenho acústico dos espaços e, conseqüentemente, a boa saúde auditiva são de grande importância, pois a percepção espacial na arquitetura e no urbanismo é construída, além de outros aspectos, pela percepção e experimentação do comportamento sonoro nos ambientes. É por isso que Tuan (2012, p. 26) deixa explícito que, em uma situação de perda de audição e surdez, “o espaço se contrai”, ou seja, a percepção e a leitura do ambiente e do conteúdo nele compartilhado de forma sonora (oral e auditiva) são reduzidas e prejudicadas.

É sabido ainda que, apesar de toda a importância do desempenho acústico das edificações, em cidades do interior do país, desconsiderando as capitais e cidades de maior porte, ambientes projetados e executados para o bom desempenho acústico são raros. Isso significa que, para o público leigo e inclusive para os profissionais em formação ou já habilitados para atuar em acústica arquitetônica, a existência, o contato e a vivência com ambientes e elementos acusticamente corretos não são uma realidade. Esse distanciamento dos exemplares de acústica arquitetônica é um componente desfavorável para sua difusão e popularização, e principalmente para a ampliação da afinidade dos profissionais com a acústica como um campo de atuação.

Deste modo, o aprofundamento da formação dos profissionais no que diz respeito à complexidade dos elementos de projeto e intervenção de acústica arquitetônica amplia sua capacidade de atuação profissional no mercado de pós-graduação. Sendo assim, é necessário compreender como se dá, no campo da acústica arquitetônica, o desempenho dos espaços destinados à formação profissional, como por exemplo os Laboratórios de Conforto Ambiental, uma vez que estes possivelmente podem ser a primeira oportunidade de contato dos discentes com um ambiente acusticamente configurado. Isso significa que o Laboratório de Conforto Ambiental, proposto para análise neste projeto de pesquisa, é de suma importância na formação profissional como referência prática real e, por isso, pode ser necessária sua adequação para uma melhor qualificação de sua função.

O desenvolvimento desta pesquisa justifica-se pela importância de que os ambientes em geral, mais especificamente aqueles voltados para atividades educacionais, possuam um bom desempenho acústico, uma vez que este é um dos critérios que contribuem para a eficiência do processo de ensino e aprendizagem. Além disso, o estudo contribui para a percepção da necessidade de adequação acústica do laboratório em análise, podendo ser uma referência espacial construtiva (no caso de adequações futuras) para exemplificação e experimentação no meio acadêmico.

O trabalho teve como objetivo geral verificar o desempenho acústico do ambiente de um laboratório acadêmico de Conforto Ambiental e como objetivos específicos: identificar as condições acústicas do laboratório de Conforto Ambiental, realizar medições do nível de pressão sonora no ambiente em estudo, desenvolver o

cálculo do tempo de reverberação do ambiente em estudo e analisar os dados relativos às medições e ao cálculo do tempo de reverberação com os parâmetros normativos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 CONCEITOS BÁSICOS EM ACÚSTICA

A Acústica é uma área que trabalha com o som, desde sua fonte até sua propagação, seja em ambientes fechados ou abertos. O som é uma vibração em meio elástico (gasoso, líquido ou sólido), cuja energia progride rapidamente; sem essas propriedades, o som não pode ser propagado.

A frequência sonora é uma característica das ondas periódicas, representada pelo número de vibrações completas em um segundo, sendo expressa em Hertz (Hz). A faixa auditiva humana varia de 16 Hz a cerca de 20.000 Hz.

O comportamento da onda sonora se diferencia em campo livre, quando encontra obstáculos, ou em locais fechados. Em campo livre, "o sinal recebido pelo receptor deve-se somente ao som direto emitido pela fonte" (Brandão, 2016, p. 88). Em uma sala de aula, é comum que diversas frentes de onda sonora se propaguem em campo livre até que atinjam uma superfície. Quando uma onda sonora encontra um obstáculo (ou superfície), uma parte da energia incidente é refletida, outra é absorvida e uma terceira é transmitida.

Em locais fechados, o estudo é desenvolvido a partir da chamada Acústica de Salas. Nesses casos, há uma série de considerações que precisam ser observadas. "É comum, em uma sala, que o campo acústico possa ser formado pela soma de diversas frentes de onda se propagando em campo livre (até que a onda atinja uma superfície)" (Brandão, 2016, p. 88). A resposta sonora da sala, no entanto, depende de uma série de fatores, que vão desde suas dimensões e geometria, até o tipo de revestimento das superfícies, o mobiliário e o número de pessoas presentes no recinto.

2.2 DESEMPENHO ACÚSTICO ARQUITETÔNICO

O desempenho acústico arquitetônico das salas de aula é um fator relevante na influência do espaço físico sobre o sucesso do processo de ensino e aprendizagem, considerando os efeitos negativos na saúde humana quando não há um desempenho acústico adequado. Neste estudo, o espaço denominado Laboratório Acadêmico de Conforto Ambiental será tratado como uma Sala de Aula, dentro da tipologia de Salas para Fala, uma vez que essa é sua principal função nas atividades acadêmicas. Na literatura sobre acústica, essa é uma tipologia de sala analisada e com orientações específicas fornecidas pelos principais autores.

Segundo Brandão (2016, p. 556), "a qualidade do interior do recinto (luminosa, térmica, acústica, etc.) foi associada à performance dos alunos e à sua satisfação com o curso em questão, mostrando que a qualidade da sala tem impacto considerável na aceitação dos alunos". Além disso, Brandão (2016) enfatiza que um dos principais fatores a se considerar no desempenho acústico de uma sala de aula é a inteligibilidade da fala, uma vez que esta é a função primordial do ambiente e a fala é uma das atividades

principais no processo de ensino e aprendizagem. Para tanto, uma das ferramentas de análise do desempenho acústico é a avaliação da inteligibilidade da fala no ambiente. Em relação a isso, Brandão (2012, p. 526) explica que "é comum ter mais dificuldades de entender a palavra falada em ambientes altamente ruidosos ou altamente reverberantes. Em ambos os casos, o interlocutor tende a aumentar a voz, o que tende a aumentar os picos". Os fatores que predominantemente afetam a inteligibilidade da fala são: "(I) a relação sinal-ruído (SNR) entre o nível de pressão sonora (NPS) gerado pelo interlocutor no ambiente e o ruído de fundo presente no seu interior; e (II) a reverberação presente na sala" (Brandão, 2012, p. 525).

Para Bistafa (2011, p. 17), o som se torna ruído quando causa efeitos indesejáveis nos usuários dos espaços, como, por exemplo, a "perda da audição e aumento da pressão arterial (efeitos fisiológicos), incômodos (efeitos psicológicos), como perturbação do sono, estresse, tensão, queda do desempenho; interferência com a comunicação oral, que por sua vez provoca irritação", entre outros fatores que despertam de modo inconsciente a apatia, a irritabilidade e a raiva (Murgel, 2007). Isso demonstra a relevância do estudo e da aplicação dos projetos de acústica no cotidiano, inclusive em ambientes de aprendizagem. O desempenho acústico das salas deve proporcionar aos alunos um ambiente adequado para o desenvolvimento de suas atividades. Contudo, é notória a falta de adequação desses ambientes.

As questões relativas ao desempenho acústico ambiental e arquitetônico estão relacionadas à forma como as manifestações sonoras ocorrem nos espaços construídos, internos ou externos, e sua relação com a contribuição ou interferência nas atividades humanas. Em ambientes internos, como salas de aula e laboratórios acadêmicos, os principais critérios a serem observados são a materialidade do espaço no que diz respeito à capacidade de refletir ou absorver as ondas sonoras, o comportamento do som gerado no espaço interno, e como o som gerado nos ambientes externos interfere nesse espaço. Esses critérios são caracterizados no campo da acústica arquitetônica como Condicionamento, Isolamento e Isolação.

Além da relevante bibliografia existente no campo, há parâmetros e critérios relacionados ao tratamento acústico de recintos fechados estabelecidos pelas normas ABNT NBR 12179, nas quais se podem encontrar procedimentos para medições acústicas dos ambientes em análise.

No que diz respeito ao Condicionamento Acústico, é necessário o desenvolvimento do cálculo do Tempo de Reverberação (TR) do ambiente. Segundo Costa (2003, p. 57) e tendo como referência Sabine¹, TR é o tempo "necessário para que a intensidade energética do som residual atinja um milionésimo de seu valor de regime inicial". Em outras palavras, toma-se como referência o TR60, que é o tempo (em segundos) que um som leva para reduzir em 60 decibéis² em sua potência sonora após a interrupção da emissão pela fonte. Cada ambiente possui uma referência de tempo (em segundos) para a permanência do som, resultado do processo de absorção e/ou reflexão nas superfícies. Na prática, há ambientes em que é ideal que o som permaneça refletindo

¹ Sabine foi um matemático pioneiro no ramo da acústica.

² Unidade utilizada para medir a intensidade de um som.

por mais tempo e outros em que é ideal que o som permaneça refletindo por menos tempo, dependendo das suas características e necessidades.

Ainda segundo Costa (2003), o cálculo do TR do ambiente é realizado a partir da fórmula de Sabine, que é determinado pela volumetria (em metros cúbicos), as áreas de sua materialidade (em metros quadrados) relacionadas aos respectivos coeficientes de absorção (em porcentagem), a ocupação humana e o tipo de uso destinado ao ambiente.

O estudo geométrico acústico é de extrema importância para o desenvolvimento de um condicionamento acústico eficaz. Diversos tipos de ambientes, como auditórios, teatros e cinemas, devem ter suas plantas e cortes examinados, considerando a materialidade empregada e a localização das fontes sonoras. Tal estudo visa compreender a distribuição dos sons diretos e refletidos, proporcionando melhores condições de audibilidade.

No cálculo do tempo de reverberação em ambientes fechados, são utilizadas duas fórmulas principais: a fórmula de Sabine e a fórmula de Eyring, que diferem em suas abordagens e aplicações. De acordo com Brandão (2016), na fórmula de Sabine, o tempo de reverberação é determinado pela relação entre o volume da sala, a área de superfície dos elementos construtivos, o coeficiente médio de absorção sonora dessas superfícies e a constante de absorção do ar. Esta constante é considerada porque o ar, como meio de propagação das ondas sonoras, possui densidade específica que interfere na amortização e consumo de energia da onda durante a propagação. A fórmula é a seguinte: $T = 0,161 \times V / A \times \alpha$. Onde T é o tempo de reverberação em segundos; V é o volume da sala em metros cúbicos; A é a área total de superfície das paredes em metros quadrados; α é o coeficiente médio de absorção sonora das superfícies.

Já na fórmula de Eyring, a abordagem considera a reflexão do som nas superfícies do ambiente e sua difusão no espaço, levando em conta a forma e a disposição das superfícies: $T = 0,161 \times V / A \times (1 - R)$. Onde: T é o tempo de reverberação em segundos; V é o volume da sala em metros cúbicos; A é a área total de superfície das paredes em metros quadrados; R é o coeficiente de reflexão sonora médio das superfícies.

Segundo Brandão (2008), "a fórmula de Sabine é utilizada em casos simples e regulares, onde a geometria da sala é bem definida e as superfícies são homogêneas e isotrópicas. Já a fórmula de Eyring é mais adequada para ambientes com superfícies irregulares, descontínuas ou com características específicas de reflexão e difusão sonora". De acordo com Silva (2011), Eyring apresentou uma fórmula mais elaborada para corrigir os erros associados a superfícies altamente absorventes.

No que diz respeito ao Isolamento, a necessidade de isolamento acústico de um ambiente está relacionada com a interferência dos ruídos aéreos produzidos em ambientes externos ao ambiente em análise, que podem ser transmitidos pela matéria (sólida, líquida ou gasosa), como por exemplo, vedações e frestas. Aplicando ao foco deste estudo, trata-se principalmente das possíveis transmissões de sons indesejados (ou ruídos) provenientes de salas de aula ou ambientes adjacentes, o que pode ser controlado dependendo do tipo de ruído (principalmente pela sua frequência) e da materialidade das vedações do ambiente. Cada material possui um índice de atenuação específico para cada frequência sonora (Souza; Almeida; Bragança, 2006).

Ainda dentro do processo de Isolamento, a terminologia Isolação refere-se ao impedimento da invasão de ruídos de impacto, causados por choques mecânicos nos elementos construtivos da edificação e produzidos em outros ambientes, sejam transmitidos para o ambiente em análise. Na pesquisa, isto se refere aos possíveis ruídos provenientes de impactos nos elementos de vedação (principalmente alvenaria) e nos elementos estruturais (principalmente laje de cobertura ou laje de piso), como por exemplo, objetos caindo ou carteiras arrastando. Isto ocorre principalmente pelos ruídos produzidos entre elementos rígidos que se comportam como irradiadores de energia sonora (Bistafa, 2011) e pela inexistência de elementos flexíveis que promovam o amortecimento da passagem de som de um ambiente para outro.

O sistema Massa-Mola-Massa é um tipo de sistema acústico composto por multicamadas que resulta na descontinuidade de meios físicos. Este sistema proporciona resultados superiores a sistemas pesados com um único tipo de material. A presença de ar no interior já promove certa diminuição na transmissão de ruídos, mas a inclusão de materiais acústicos pode melhorar significativamente o desempenho, devido à resiliência/elasticidade da camada intermediária.

Deste modo, percebe-se que de acordo com as referências da área, há diversas possibilidades de interferência sonora em um ambiente de estudos e para a compreensão do seu desempenho acústico é indispensável que os levantamentos e medições sejam feitos para evidenciar as características do mesmo e entende-se que isto será importante para o progresso nas definições futuras de necessidade ou não de ajustes físico-espaciais do mesmo.

2.3 ACÚSTICA E MATERIALIDADE

Quando o som atinge um material que possui capacidade de absorção sonora, parte da energia sonora é convertida em energia térmica ou mecânica dentro do material. Essa conversão resulta em uma redução da intensidade do som refletido de volta ao ambiente. Materiais porosos, como espumas acústicas, fibras minerais e tecidos especiais, são comumente utilizados para aumentar a absorção sonora em ambientes, reduzindo a reverberação e o ruído indesejado.

Por outro lado, alguns materiais possuem a capacidade de refletir o som incidente, devolvendo-o ao ambiente. Materiais duros e lisos, como vidro, metal e concreto, tendem a ter uma alta capacidade de reflexão sonora. A reflexão pode ser útil em determinados contextos, como salas de concertos ou auditórios, onde a reflexão adequada do som é necessária para melhorar a qualidade sonora e a projeção da música.

O condicionamento acústico busca controlar a qualidade sonora de um ambiente, garantindo uma boa inteligibilidade da fala, minimizando a reverberação indesejada e melhorando o conforto acústico. Os materiais utilizados no condicionamento acústico são selecionados com base em suas propriedades de absorção sonora. Materiais porosos, como painéis acústicos, espumas, lã de rocha e tecidos especiais, são empregados para reduzir a reverberação e absorver o som indesejado, criando um ambiente acusticamente mais equilibrado.

Tabela 1 — Coeficiente de absorção de materiais

Material	Frequência		
	128 Hz	512 Hz	2048 Hz
Granilite	0,120	0,150	0,00
Reboco liso (massa fina)	0,020	0,020	0,030
Taco colado	0,040	0,060	0,100
Vidro simples	0,030	0,027	0,025
Portas de madeira (fechadas)	0,140	0,060	0,100
Quadro negro liso	0,030	0,030	0,030
Gesso acartonado	0,290	0,050	0,070
Uma pessoa com cadeira	0,330	0,440	0,460
Cadeira de assento dobradiço (madeira vazia)	0,050	0,050	0,080

Fonte: Silva, 2011 e NBR 12179.

De acordo com Bistafa (2011), a definição da qualidade da absorção de um material está vinculada ao seu coeficiente de absorção (α), que costuma ser classificado da seguinte maneira:

- Abaixo de 0,05: Não absorvente
- Entre 0,05 a 0,65: Baixa absorção
- Entre 0,65 e 0,75: Boa absorção
- Acima de 0,75: Excelente absorção

O isolamento sonoro visa reduzir a transmissão do som entre diferentes espaços pelo meio aéreo, sendo de extrema importância em ambientes onde o ruído externo, como tráfego, máquinas ou vizinhos, pode interferir no conforto acústico interno. Os materiais utilizados para isolamento sonoro devem possuir propriedades de bloqueio e absorção sonora. Exemplos incluem janelas com vidros duplos ou laminados, paredes com isolamento acústico, portas sólidas e selos acústicos para evitar vazamentos sonoros.

A isolação visa reduzir os ruídos de impactos, e os materiais desempenham um papel fundamental nesse processo. Materiais com propriedades de amortecimento e isolamento, como carpetes, tapetes, pisos flutuantes ou sistemas de piso com camadas resilientes, são comumente utilizados para reduzir a transmissão do som entre andares de um edifício.

Nem sempre é viável utilizar a estratégia de aumento da massa como mecanismo de isolamento acústico, pois isso pode demandar um superdimensionamento da barreira, resultando em pouco benefício prático. Tal abordagem pode inviabilizar a obra sob diversos aspectos, como financeiro, funcional e estrutural. A cada vez que se dobra a frequência ou se dobra a massa, o índice de atenuação aumenta em aproximadamente 4 dB.

Embora esses conceitos estejam estabelecidos, existem espaços para interpretações individuais e soluções de projeto, com lacunas ainda não preenchidas. Cabe ao profissional da área tomar decisões projetuais para alcançar as melhores soluções possíveis.

3 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como descritiva exploratória de caráter qualitativo, realizada em um laboratório acadêmico de conforto ambiental de um centro universitário no interior do estado de Minas Gerais. A pesquisa descritiva envolveu observar, registrar, analisar, classificar e interpretar os dados coletados para estudo, sem nenhum tipo de interferência do pesquisador (Gil, 2008). Neste caso, os dados foram agrupados conforme o instrumento de coleta de dados desenvolvido pelos autores.

O estudo exploratório visou proporcionar uma visão geral de um determinado fato, sendo de natureza aproximativa. A pesquisa exploratória é conduzida sobre um problema ou questão de pesquisa que geralmente apresenta pouco ou nenhum estudo anterior (Gil, 2008). A análise aplicada foi do tipo de conteúdo, fundamentada nas etapas de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados obtidos, seguida de interpretação, conforme descrito por Bardin (2009).

A revisão de conteúdo consistiu em estudos de documentos, revisão bibliográfica e webliográfica a partir de fontes de pesquisa primárias, secundárias e terciárias. Será utilizado o método conceitual-analítico de materiais teóricos, incluindo livros, artigos, manuais e normas específicas das áreas de Acústica Ambiental e Arquitetônica.

Os levantamentos e medições dimensionais para representar graficamente a complexidade do objeto de estudo, foi realizada uma pesquisa de campo. Esta incluiu levantamento de dimensões e características construtivas do laboratório, utilizando trenas manuais e digitais. Técnicas de desenho técnico projetivo foram empregadas para digitalização bidimensional e tridimensional do levantamento, utilizando os softwares AutoCAD e SketchUp, disponíveis nas salas informatizadas da instituição educacional. Os dados relativos ao volume útil geral da edificação (em metros cúbicos) e áreas específicas de cada elemento discriminado pela sua materialidade (em metros quadrados) foram organizados em uma planilha do software Excel, que serviu de suporte aos cálculos acústicos posteriores.

As Medições Acústicas para análise do nível de isolamento e isolação da sala, foram realizadas medições de níveis de pressão sonora utilizando um sonômetro (decibelímetro) disponível no acervo do próprio laboratório em estudo. As medições seguiram o manual de uso do fabricante e os parâmetros e orientações da norma ABNT NBR ISO 16283-1 (2018): Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos das edificações, disponível no Portal Acadêmico da instituição na área Target GEDWeb. Os dados relativos aos pontos de medição do nível de pressão sonora foram demonstrados em desenho projetivo (em planta baixa) com nomenclatura individual. Posteriormente, esses dados foram organizados em uma planilha do software Excel, servindo de suporte aos cálculos acústicos subsequentes.

Os Cálculos Acústicos para a análise do comportamento relacionado ao Tempo de Reverberação da sala, foi desenvolvida uma planilha de cálculo de Tempo de Reverberação utilizando o software Excel, seguindo os parâmetros e orientações da norma da NBR 12179 - Tratamento Acústico em Recintos Fechados – Procedimento (1992), com acesso disponível no Portal Acadêmico da instituição na área Target GEDWeb.

Os resultados obtidos das medições de nível de pressão sonora e do Tempo de Reverberação serão comparados com os critérios e parâmetros normativos e bibliográficos para a elaboração tanto dos resultados parciais quanto dos resultados finais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Laboratório de Conforto Ambiental está localizado no quarto piso de um dos blocos que abrigam salas, laboratórios e outros ambientes educacionais da instituição de ensino. A área total do laboratório é de 73,10 m² e seu volume é de aproximadamente 257,25 m³. Nas proximidades, existem duas vias com tráfego de nível médio a alto, além de um estacionamento de motocicletas na via de acesso ao bloco. No andar superior, encontra-se a laje de cobertura do bloco, onde está instalada uma usina acadêmica fotovoltaica de acesso restrito. Abaixo do laboratório, há uma sala de aula. O laboratório está situado na parte final do bloco da edificação; portanto, sua lateral esquerda (considerando a parede da porta e do quadro como referência frontal) não faz divisa com outra sala. Na lateral direita, encontra-se um laboratório de luminotécnica, utilizado esporadicamente. Na parte frontal, o laboratório faz divisa com o corredor de circulação do bloco, sendo esta a porção final do corredor, sem continuidade de fluxo. Na parte posterior, há quatro janelas que se abrem diretamente para um vazio, em frente a outro bloco de salas e laboratórios.

A configuração espacial interna do laboratório, no que diz respeito à materialidade, inclui uma laje de piso em granilite e paredes de alvenaria cerâmica com reboco desempenado e acabamento em tinta acrílica branca. A laje é composta por vigas pré-fabricadas com enchimento de blocos cerâmicos, revestida com reboco desempenado e pintura em tinta acrílica branca. As janelas são feitas principalmente de vidro temperado, sem caixilhos metálicos significativos. As bancadas possuem estrutura de metalon pintado com tinta esmalte branca e tampo de granito polido tipo cinza andorinha. O quadro é de MDF com acabamento laminado branco liso e brilhante. Os armários fixos sob as bancadas são de MDF fosco branco. As portas são de madeira envernizada com acabamento brilhante e detalhe em vidro simples. Os armários móveis são de aço pintado. As banquetas são de madeira pintada. As cadeiras de computador têm acabamento externo em plástico, com assento e encosto em espuma e tecido. O equipamento Mesa D'água é composto de metalon pintado e vidro temperado, e o equipamento heliodon é composto de metalon pintado.

A Tabela de Tempo de Reverberação (Tabela 2) foi elaborada com base em referências literárias e normativas, incluindo a NBR 12179 de 1992. Os dados foram obtidos por meio de medições e considerações sobre a materialidade do ambiente. Para a análise do ambiente, foi adotado o Tempo de Reverberação ótimo para Salas de Conferência, que varia de 0,6 a 512Hz. Observa-se que o resultado obtido para a frequência de 512 Hz, após a correção do Tempo de Reverberação, foi de 1,04 segundos, o que representa um aumento de 0,44 segundos em relação ao valor adequado. Portanto, o resultado encontra-se fora dos parâmetros de referência estabelecidos pela NBR 12179 (1992). Essa discrepância é principalmente atribuída à predominância de materiais internos com características reflexivas e baixa capacidade de absorção de ondas sonoras.

ANÁLISE DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE UM LABORATÓRIO ACADÊMICO DE CONFORTO AMBIENTAL

Tabela 2 — Tempo de Reverberação

Planilha de Tempo de Reverberação Lab. Conforto Ambiental									
Ítem	Superfície		Coeficiente de Absorção (α)			Absorção Sabine (m ²)			
	Descrição e Especificação	Área(m ²)	128 Hz	512 Hz	2048	128 Hz	512 Hz	2048	
1	Piso Granilite	73,10	0,120	0,150	0,000	8,772	10,965	0,000	
2	Janelas vidro temperado	11,88	0,030	0,027	0,025	0,356	0,321	0,297	
3	Paredes e Laje Reboco c/tinta acrílica	163,17	0,010	0,020	0,020	1,632	3,263	3,263	
4	Portas de madeiras	4,41	0,140	0,060	0,100	0,617	0,265	0,441	
5	Mesas de Mármore	15,93	0,010	0,010	0,015	0,159	0,159	0,239	
6	Bancos de madeira	12,48	0,570	0,750	0,910	7,114	9,360	11,357	
7	Armario e Prateleira Metalicos	7,36	0,180	0,100	0,080	1,325	0,736	0,589	
8	Quadro liso	4,88	0,030	0,030	0,030	0,146	0,146	0,146	
9	Armários de madeira compens.	5,25	0,280	0,170	0,100	1,470	0,893	0,525	
10	Mesa D'agua vidro temp.	6,02	0,030	0,027	0,025	0,181	0,163	0,151	
11	Pessoas	13	0,180	0,280	0,320	2,340	3,640	4,160	
12	Cortina Grossa	20	0,250	0,400	0,600	5,000	8,000	12,000	
						0,000	0,000	0,000	
						Somatório - 128 Hz	29,11		
						Somatório - 512 Hz		37,91	
						Somatório - 2048 Hz		33,17	
						Tempo de reverberação - 128 Hz	1,36		
						Tempo de reverberação - 512 Hz		1,04	
						Tempo de reverberação - 2048 Hz		1,19	
						Coeficiente α , médios	0,15	0,17	0,19

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Tabela 3 — Fator de correção do TR aconselhável para linguagem

Frequência	128 Hz	512 Hz	2048 Hz
Fator	1,3	1	1,1
Resultado	2,66	1,04235	1,31053

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

As medições foram conduzidas utilizando um decibelímetro sonômetro digital da marca Instrutherm, modelo DEC-500, com o número de série N748278 e calibração datada de 27 de abril de 2023, coincidindo com o ano de realização dos estudos. O procedimento adotado seguiu as diretrizes das normas NBR 10152, NBR 10151 e NBR ISO 16283-1. As medições foram realizadas da seguinte maneira: cada ponto de medição foi distanciado 1 metro de qualquer elemento relevante, com um tempo de medição de 60 segundos em cada ponto, realizado manualmente. Foram demarcados 9 pontos na sala, com cada ponto recebendo de 2 a 3 leituras, com um intervalo de 10 minutos entre cada leitura. As condições variadas para as leituras foram consideradas conforme detalhado a seguir.

Resultado das Leituras Nível de Pressão sonora com decibelímetro digital nos pontos determinados na sala conforme condições específicas de uso:

- Ambiente fechado sem uso de ar-condicionado e sem aula na sala de aula adjacente: Posição 1: média 47,8 dB. Posição 2: média 47,5 dB. Posição 3: média 47,0 dB. Posição 4: média 46,9 dB. Posição 5: média 45,9 dB. Posição 6: média 45,2 dB. Posição 7: média 44,8 dB. Posição 8: média 44,7 dB. Posição 9: média 46,3 dB. **Média geral: 46,3 dB.**

- Ambiente fechado com uso de ar-condicionado e sem aula na sala de aula adjacente: Posição 1: média 56,5 dB. Posição 2: média 56,7 dB. Posição 3: média 56,6 dB. Posição 4: média 56,7 dB. Posição 5: média 57,4 dB. Posição 6: média 57,6 dB. Posição 7: média 57,7 dB. Posição 8: média 58 dB. Posição 9: média 58,1 dB. **Média geral: 57,6 dB.**
- Ambiente fechado sem uso de ar-condicionado e com aula na sala de aula adjacentes: Posição 1: média 47,0dB. Posição 2: média 46,5dB. Posição 3: média 46,0dB. Posição 4: média 45,8dB. Posição 5: média 45,3dB. Posição 6: média 46,1dB. Posição 7: média 45,4dB. Posição 8: média 46,4dB. Posição 9: média 45,2dB. **Média geral: 46dB.**
- Ambiente fechado com uso de ar-condicionado e com aula na sala de aula adjacente: Posição 1: média 56,7dB. Posição 2: média 56,7dB. Posição 3: média 56,6dB. Posição 4: média 56,8dB. Posição 5: média 57,1dB. Posição 6: média 57,3dB. Posição 7: média 58,0dB. Posição 8: média 58,1dB. Posição 9: média 58,3dB. **Média geral: 57,1dB.**
- Ambiente aberto sem uso de ar-condicionado e sem aula na sala de aula adjacente: Posição 1: média 54,6dB. Posição 2: média 54,8dB. Posição 3: média 52,8dB. Posição 4: média 53,9dB. Posição 5: média 51,7dB. Posição 6: média 51,8dB. Posição 7: média 54,5dB. Posição 8: média 52,1dB. Posição 9: média 52,2dB. **Média geral: 52,8dB.**

Os resultados das medições revelam que, independentemente das condições de uso da sala, os níveis de pressão sonora encontram-se acima do limite normativo de 45 dB estabelecido pela norma NBR 10152 (2020), considerando até mesmo uma tolerância de 5 dB acima desse limite. Notavelmente, mesmo quando os aparelhos de ar-condicionado não estão em funcionamento e a porta principal e janelas estão abertas, o nível de pressão sonora interno permanece próximo ao limite. Além disso, mesmo com a conexão entre o ambiente em estudo e a sala de aula adjacente, os valores de medição permanecem próximos do limite de 45 dB.

Outro ponto a ser destacado é a diferença de aproximadamente 6 dB nos valores de medição entre o ambiente totalmente aberto e o ambiente totalmente fechado, sem o uso do ar-condicionado. Essa diferença pode ser atribuída, principalmente, à localização do ambiente no 4º andar da edificação, com um estacionamento de motocicletas e uma saída para a rua próxima lateralmente ao ambiente, resultando em fluxo de veículos durante determinados períodos do dia letivo. Além disso, o corredor de acesso à sala recebe temporariamente um fluxo de estudantes e professores, que são fontes adicionais de ruído. Quanto à porta que conecta os dois laboratórios, ela permanece fechada durante as atividades acadêmicas.

5 CONCLUSÃO

Com base no desenvolvimento da pesquisa, é possível concluir que o nível de pressão sonora interno da sala e a potencial interferência de ruídos externos estão além dos parâmetros estabelecidos pelas normas. Da mesma forma, em relação ao tempo de reverberação, observa-se que a sala apresenta um desempenho que excede os limites estabelecidos pelas normativas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro. 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16283-1**: Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos das edificações. Rio de Janeiro. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16283-2**: Acústica - Medição de Campo do Isolamento Acústico nas Edificações e Nos Elementos de Edificações - Parte 2: Isolamento a Ruído de Impacto. Rio de Janeiro. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16313**: Acústica – Terminologia. Rio de Janeiro. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 3382-2**: Acústica - Medição de Parâmetros de Acústica de Salas - Parte 2: Tempo de Reverberação em Salas Comuns. Rio de Janeiro. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 717-1**: Acústica — Classificação de Isolamento Acústico em Edificações e Elementos de Edificações - Parte 1: Isolamento a Ruído Aéreo. Rio de Janeiro. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10151**: Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10152**: Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro. 2017.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 4. ed. Lisboa: Edições 70, 2009. 281 p.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2. ed. rev. São Paulo: Blucher, 2011. 380 p.

BRANDÃO, E. **Acústica de salas: projeto e modelagem**. São Paulo: Blucher, 2016. 654 p.

COSTA, E. C. da. **Acústica técnica**. São Paulo: Blucher, 2003. 127 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas. 2008

MURGEL, E. **Fundamentos de acústica ambiental**. São Paulo: SENAC São Paulo, 2007. 131 p.

SILVA, P. **Acústica arquitetônica e condicionamento de ar**. 6. ed. Belo Horizonte: EDTAL, 2011. 347 p.

SOUZA, L. C. L. de; ALMEIDA, M. G. de; BRAGANÇA, L. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura**. São Carlos, SP: EDUFSCAR, 2006. 149 p.

TUAN, Y. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores no meio ambiente**. Londrina: Eduel, 2012. 342 p.

Avaliação da distribuição da tripanossomíase bovina, em propriedades rurais de Patos de Minas (MG), pelos métodos de diagnóstico: esfregaço sanguíneo, RIFI e PCR

Evaluation of the distribution of bovine trypanosomiasis, in rural properties in Patos de Minas (MG), using diagnostic methods: blood swimming, RIFI, and PCR,

LUAN SILVEIRA ROSA

Discente de Medicina Veterinária (UNIPAM)

E-mail: luansilveirar@unipam.edu.br

LUIZ FLÁVIO NEPOMUCENO DO NASCIMENTO

Professor Orientador (UNIPAM)

E-mail: luiznepomuceno@unipam.edu.br

Resumo: Tripanossomíase bovina é uma enfermidade que tem grande importância econômica por levar o indivíduo a uma baixa produtividade e por ocasionar mortalidade nos casos mais graves. Como é uma doença de difícil diagnóstico clínico, torna-se necessária a utilização de exames laboratoriais. O presente trabalho teve como objetivo investigar a ocorrência da tripanossomíase bovina por meio de diferentes técnicas de diagnóstico e avaliar o perfil da doença na região de Patos de Minas (MG) utilizando técnicas de Buffy coat, Reação de Imunofluorescência Indireta (RIFI) e Reação em Cadeia Polimerase (PCR). Foram analisadas 55 amostras de sangue de bovinos coletados. A técnica de Buffy coat foi desenvolvida no Centro Universitário de Patos de Minas, no Laboratório de Parasitologia. Já a RIFI e PCR, por serem testes de metodologias mais complexas, foram feitos em laboratórios especializados. As análises apresentaram resposta negativa para presença de *Trypanosoma vivax* em todas as amostras e testes diagnósticos realizados neste trabalho.

Palavras-chave: bovinocultura; imunodiagnóstico; *Trypanosoma vivax*.

Abstract: Bovine trypanosomiasis is a disease of significant economic importance due to its impact on productivity and mortality in severe cases. Given its challenging clinical diagnosis, laboratory tests are necessary. This study aimed to investigate the occurrence of bovine trypanosomiasis using different diagnostic techniques and assess the disease profile in the region of Patos de Minas (MG) using Buffy coat, Indirect Immunofluorescence Assay (RIFI), and Polymerase Chain Reaction (PCR) techniques. Fifty-five blood samples from cattle were analyzed. The Buffy coat technique was developed at the University Center of Patos de Minas, in the Parasitology Laboratory. The RIFI and PCR, being more complex tests, were conducted in specialized laboratories. The analyses yielded negative results for the presence of *Trypanosoma vivax* in all samples and diagnostic tests performed in this study.

Keywords: cattle farming; immunodiagnosis; *Trypanosome vivax*.

1 INTRODUÇÃO

Tripanossomíase bovina é uma enfermidade causada por um grupo de protozoários do gênero *Trypanosoma*. Essa enfermidade tem impacto econômico mundial (Adam *et al.*, 2012; Batista *et al.*, 2008). A tripanossomíase provocada pelo *Trypanosoma vivax* é originária da África tropical, onde a doença, apesar de afetar principalmente bovinos, afeta também ovinos, caprinos, equídeos e camelídeos. Conhecida como “Nagana” no continente africano, a transmissão ocorre através de vetores biológicos, principalmente em regiões infestadas pelas moscas do gênero *Glossina spp.*, conhecidas popularmente como “tsé-tsé” (Costa, 2018). De forma mecânica, ocorre a transmissão por outras moscas hematófagas como *Stomoxys spp.* e *Tabanus.*, mas também pode ocorrer por agulhas compartilhadas durante a aplicação de medicamentos, como a ocitocina em vacas leiteiras (González *et al.*, 2005).

Cerca de três milhões de bovinos são mortos anualmente e são aplicadas 35 milhões de doses de medicamentos contra o patógeno por ano na África, com déficit de até 4,5 bilhões de dólares por ano (FAO, 2004; Schofield; Kabayo, 2008). Em Minas Gerais, houve uma redução de 27% na produção de leite e declínio de 45% na taxa de prenhez em um surto da doença (Abrão *et al.* 2009); no estado de Goiás, foi observada uma diminuição de 25% na produção de leite em quatro dias posteriormente ao início de um surto (Barbosa *et al.*, 2015).

No Brasil, a tripanossomíase bovina já foi diagnosticada também em caprinos e ovinos em vários estados, como Paraíba, Maranhão, Pernambuco, Ceará, Sergipe e Minas Gerais, com relatos de óbito entre os parasitados. É importante ressaltar que em alguns animais essa enfermidade tem caráter benigno, ou seja, não há caracterização clínica da enfermidade (Madruga, 2009).

Na forma aguda da doença, os animais apresentam temperatura elevada, anemia, letargia, fraqueza e perda moderada da condição física. Os animais podem vir a óbito em cinco semanas. Em decorrência de tantos problemas sanitários, a tripanossomíase bovina vem ganhando espaço. As consequências causadas pela doença trazem vários prejuízos à pecuária, como problemas reprodutivos e queda na produção, tanto de carne como de leite (Guerra *et al.*, 2013).

Os sinais clínicos notados em animais infectados por *T. vivax* são semelhantes e inespecíficos se comparados a outros sinais de doenças parasitárias, como babesiose e anaplasmose. Por ter um difícil diagnóstico na microscopia óptica, devem ser utilizados exames laboratoriais (Meneses, 2016). Técnicas parasitológicas como esfregaço de sangue e teste de micro-hematócrito são de fácil execução (Osório *et al.*, 2008) e promovem o diagnóstico de animais infectados na fase aguda da doença (Bastos *et al.*, 2020). Entre os testes sorológicos mais utilizados para o diagnóstico das tripanossomíases, destacam-se a Reação de Imunofluorescência Indireta (RIFI) e o Ensaio de Imunoabsorção Enzimática (ELISA) (Silva *et al.*, 2002). O teste de detecção molecular como a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) vem apresentando excelentes resultados, pois é possível determinar as espécies de tripanossomas sob investigação (Dagnachew; Bezie, 2015).

O presente estudo teve como objetivo investigar a ocorrência da tripanossomiase bovina por meio de diferentes técnicas de diagnóstico e avaliar o perfil da doença na região de Patos de Minas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O município de Patos de Minas (18° 34' 44" S, 46° 31' 4" W) está localizado no Alto Paranaíba, Minas Gerais, com área total de 3 189,771 km² e população de 153.585 habitantes (IBGE, 2020). As amostras foram analisadas a partir da coleta que se deu em fazendas na região do Alto Paranaíba, representadas no mapa da Figura 1, pegando grupos de animais aleatoriamente para as coletas de sangue bovino.

As propriedades analisadas eram de aptidão leiteira, de média à alta produção, compostas por bovinos mestiços e outras raças, como Holandês, Gir e Girolando. Os critérios de inclusão das propriedades foram propriedades sem diagnóstico anterior, histórico de fluxo de animais provenientes de outros rebanhos, alguns animais apresentando escore de condição corporal baixo e com baixa produtividade.

Figura 1 — Região de coletas no limite de Patos de Minas



Fonte: Google Earth, 2023.

Foram coletadas amostras de sangue de 55 bovinos (n = 55). A coleta para o exame ocorreu por punção da veia jugular externa e/ou da artéria coccígea. De cada animal foram colhidos 10 ml de sangue por venopunção da coccígea utilizando agulhas 25x0,8 mm em tubos tipo vacutainer contendo anticoagulante (EDTA) e sem anticoagulante (banco de soros). As amostras foram devidamente identificadas, de acordo com o brinco de identificação de cada animal e estão descritas na Tabela 1. Foram encaminhadas ao Laboratório de Parasitologia do Centro Universitário de Patos de Minas em caixas de isopor com gelo.

AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DA TRIPANOSSOMÍASE BOVINA, EM PROPRIEDADES RURAIS DE PATOS DE MINAS (MG), PELOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO: ESFREGAÇO SANGUÍNEO, RIFI E PCR

Tabela 1 - Identificação dos animais coletados no município de Patos de Minas (MG) entre o dia 20 a 28 de julho de 2023

Fazenda	Identificação dos animais	Fazenda	Identificação dos animais	Fazenda	Identificação dos animais
	4979ABJ		4926 EPA		170 WG
	2993 ABJ		946 EPA		100 WG
1	3442 ABJ	3	4351 EPA	5	221 WG
	3741 ABJ		3935 EPA		204 WG
	3448 ABJ		LUA EPA		210 WG
	151 ABJ		08 EPA		198 WG
	841 ABJ		4817 EPA		195 WG
	632 ABJ		01 EPA		197 WG
	3458 ABJ		1970 EPA		194 WG
	256 FB		290 EA		043 SM
	384 FB		1194 EA		064 SM
	290 FB		391 EA		065 SM
	905 FB		289 EA		143 SM
2	343 FB	4	1222 EA	6	023 SM
	06 FB		1200 EA		
	026 FB		1218 EA		
	366 FB		1224 EA		
	280 FB		12220 EA		
	387 FB		285 EA		

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

O teste de esfregaço sanguíneo (*Buffy coat*) foi realizado no UNIPAM, nas dependências do Laboratório de Parasitologia do Bloco H, onde também foram preparadas e manipuladas as amostras de RIFI e PCR para envio; por serem testes que demandam metodologias mais complexas, foram feitos em laboratórios especializados. A análise e a preparação das amostras foram feitas em até 6 horas após as coletas, pois, depois desse tempo, ocorre o fenômeno chamado “apoptose”, que é a morte programada das células. As amostras de RIFI foram encaminhadas para o Hospital Veterinário da UNIUBE (Universidade de Uberaba) em Uberaba (MG); já as amostras de PCR foram enviadas para o Laboratório de Bioquímica de Hemoparasitas e Vetores na UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina) em Lages (SC).

2.1 TESTE DE MICROHEMATÓCRITO (WOO, 1970)

A técnica do microhematócrito consistiu em preencher aproximadamente 2/3 do volume de um capilar com o sangue, selar com chama uma das extremidades do

capilar e rotação por cinco minutos, prender o capilar na lâmina e posteriormente fazer leitura dos tubos em microscópio ótico em cinco campos sob imersão em óleo, para visualização das formas sanguíneas, que se concentram entre o plasma e a camada leucocitária no aumento de 40x.

2.2 TESTE DE BUFFY COAT

O teste consistiu em montar uma lâmina, quebrando cada capilar do micro-hematócrito na parte onde se divide o plasma com a parte celular, colocar assim uma ou duas gotas deste material numa lâmina realizando o esfregaço sanguíneo, corando com o Panótico Rápido e visualizando estrutura geral das formas tripomastigotas que pode ser observada em aumento 1000x por microscopia óptica.

2.3 REAÇÃO DE IMUNOFLOURESCÊNCIA INDIRETA PARA *TRYPANOSOMA SPP.*

O teste de fluorescência para detectar anticorpos anti-*T. vivax* foi realizado conforme metodologia descrita por Camargo (1966), com modificações.

Inicialmente, as lâminas com antígeno fixado foram retiradas do freezer e secas à temperatura ambiente e as delimitações foram feitas com esmalte. Os soros controles positivos e negativos foram diluídos em PBS nas diluições de 1:80. Para as amostras de soro dos bovinos, foram diluídos em PBS nas diluições de 1:40, 1:80 e 1:160 e distribuídos 20 µl nas lâminas contendo o Ag de *T. vivax*. A lâmina foi incubada por 30 minutos em câmara úmida a 37^o C e posteriormente lavada com PBS por três vezes de cinco minutos. Em seguida, acrescentou-se ao conjugado anti-bovino marcado com FITC na diluição 1:300. A lâmina foi novamente incubada por 30 minutos e lavada com PBS como descrito previamente. Após a secagem da lâmina a leitura foi realizada em microscópio epifluorescente Nikon[®]. As amostras foram consideradas positivas para a doença na diluição de 1:80.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas 55 amostras, nenhuma foi reagente, apesar do espaço amostral conter diversos animais coletados aleatoriamente em seis fazendas. Obteve-se resultado negativo para presença de *Tripanossoma vivax* em todas as amostras coletadas, em experimentos realizados pelo método *Buffy coat* e PCR. O RIFI não detectou anticorpos para o agente, tendo assim o resultado negativo.

Na cidade de Tapira, em Minas Gerais, foi descrita por Nascimento *et al.*, (2012) uma alta soroprevalência, em que, das 74 amostras testadas, 82,4% (61/74) foram positivas para *T. vivax* e isso pode estar relacionado a três fatores: aumento no trânsito de animais não testados, presença de vetores e uso compartilhado de agulhas entre animais de uma mesma propriedade.

Exposições agropecuárias são bastante comuns na região de Patos de Minas (MG), acarretando alto trânsito de animais não testados. Sendo assim, animais tanto de comercialização como de exposições podem ser reservatórios e disseminar a doença (Batista *et al.*, 2007). Nesse sentido, devido ao histórico apresentado pelos responsáveis

AValiação DA DISTRIBUIÇÃO DA TRIPANOSSOMÍASE BOVINA, EM PROPRIEDADES RURAIS DE PATOS DE MINAS (MG), PELOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO: ESFREGAÇO SANGUÍNEO, RIFI E PCR

das propriedades, houve, nas fazendas escolhidas em Patos de Minas (MG), entradas e saídas de animais, caracterizando-se um fluxo de bovinos oriundos de outros rebanhos. Essa movimentação inclui compras em processos leiloeiros e diretos de outras fazendas, culminando na possível dispersão da doença, como foi citado por Nascimento *et al.* (2022). Entretanto, na busca de uma melhor sanidade do rebanho, em 2023, houve uma parada brusca nas aquisições e trânsito em leilões desses animais, o que pode ter resultado na diminuição ou desaparecimento da transmissão.

Além dessa diminuição de fluxo dos animais, outro ponto a ser observado é que as fazendas desenvolveram métodos de controle da disseminação do vetor como o descarte correto de animais mortos, descarte correto do lixo e descarte de dejetos em local apropriado, diminuindo assim o contágio entre animais, o que, novamente, diminui a chance de transmissão e consequentemente de detectar a doença no rebanho. Isso já havia sido observado por Schenk *et al.* (2001), que citaram que, em rebanhos bovinos infectados por *T. vivax*, o agente contribui com a condição de oportunista, pois as práticas de manejo adotadas, a movimentação frequente dos animais e o período de restrição alimentar prolongado possibilitam a somatória de fatores que se traduzem no quadro clínico.

Outro fator que pode ter influenciado a falta de detecção da doença na região foi a quantidade de fazendas analisadas. Como dito nos estudos de Costa (2018), a prevalência aparente de tripanossomíase determinada pelos métodos parasitológicos é subestimada quando em relação à prevalência real, o que pode ser um problema em áreas de baixa prevalência ou de ocorrência sazonal, ou quando se pretende descartar a ocorrência da doença em uma área ou em um rebanho em particular.

A enfermidade é de difícil diagnóstico clínico, por se tratar de sinais clínicos inespecíficos e semelhantes a outras doenças como babesiose e anaplasmose, conforme Meneses (2016), sendo necessária a combinação de métodos de diagnóstico, como parasitológico direto, sorológico e moleculares.

As técnicas de diagnóstico parasitológico para a identificação do *T. vivax* são mais usadas a campo. É um método de fácil execução, baixo custo e agilidade no reconhecimento dos *Trypanosomas*; esse método é usado principalmente quando a parasitemia da amostra é alta (France, 2013; Gonzatti *et al.*, 2014; Campos *et al.*, 2015). Em análise dos resultados obtidos, não foi encontrado o agente etiológico, isso se dá pela resposta negativa para a presença do agente nos ensaios parasitológicos realizados por meio do teste de *Buffy coat* e PCR.

Para Callow *et al.* (1974), o teste de sorologia (RIFI), por ser de rápido, de fácil execução, de alta sensibilidade e de relativa especificidade, apresenta vantagem em relação aos outros, porém apresenta limitações no quesito de subjetividade de interpretação dos resultados, número limitado de amostras examinadas e “background” fluorescente, devido às ligações não específicas das imunoglobulinas marcadas com contaminantes (debris celulares), o que leva a possíveis falsos positivos. O fato de a sorologia não ter detectado antígenos mostra que o rebanho analisado não teve contato com o agente etiológico.

Enfim, a confirmação da ausência do agente é apresentada após o teste molecular, reação em cadeia polimerase (PCR), considerados pelos autores D’Ávila *et al.* (1997) e Madruga (2004), em seus estudos como o método mais sensível de se detectar a

presença dos *trypansomas* principalmente na fase crônica da parasitemia, quando estão no organismo em menor quantidade. Por ter uma sensibilidade maior se comparado ao exame parasitológico e sorológico, já que representa uma alternativa de diagnóstico direto. O PCR no presente estudo também apresentou resultado negativo para todas as amostras. Desse modo não foram encontrados animais positivos para a enfermidade nas propriedades desta pesquisa.

Nesse sentido, torna-se impossível realizar a análise comparativa de sensibilidade de testes, já que o espaço amostral retornou resposta negativa em relação à presença da doença no rebanho das fazendas analisadas. Porém, pôde-se realizar um confronto dos métodos bibliograficamente utilizando-se das citações dos autores citados neste trabalho.

O método parasitológico é eleito para a fase aguda onde ocorre as fases iniciais da infecção, quando há os maiores picos de parasitemia. Já os testes sorológicos podem ser utilizados em torno de 12 a 15 dias após a infecção. Na fase crônica ou aguda da doença, o teste molecular é sugerido, por detectar pequenas quantidades do *T. vivax* nas amostras (Juchem *et al.*, 2019). O teste parasitológico e o molecular são métodos diretos de diagnóstico; já o sorológico tem a identificação do agente indiretamente.

Vale salientar que, apesar do teste RIFI ter uma alta sensibilidade, pode apresentar falsos negativos como animais tripanotolerantes em que o animal não tem resposta imune contra o agente, tornando-se um portador assintomático da doença, quando o animal analisado foi tratado com drogas antiparasitárias (Callow *et al.*, 1974; Guerra *et al.*, 2013). No entanto, todas as amostras realizadas pelo método de RIFI tiveram os resultados complementados pelo teste PCR, que é uma metodologia complexa com uma alta sensibilidade e alta especificidade, como foi dito por Madruga (2004).

Determina-se sobre o comportamento da doença na região de Patos de Minas (MG) que pode não existir a doença nas fazendas analisadas, apesar das fazendas elencadas possuírem animais com sinais clínicos parecidos com a doença.

4 CONCLUSÃO

Não foi detectada a presença do agente nas fazendas analisadas localizadas na região de Patos de Minas (MG). As técnicas de diagnóstico como *Buffy coat*, RIFI e PCR apresentaram resposta negativa para pesquisa do agente, o que impossibilitou realizar uma análise estatística comparativa entre os testes. Sugere-se, para futuros, análise aprofundada de um percentual amostral maior, a fim de detectar a presença do *T. vivax* e conseqüentemente realizar a comparação dos testes de diagnóstico.

REFERÊNCIAS

ABRÃO, D. C.; CARVALHO, A.; FACURY FILHO, E. J.; SATURNINO, H. M.; RIBEIRO, M. F. B. Impacto econômico causado por *Trypanosoma vivax* em rebanho bovino leiteiro no estado de Minas Gerais. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 1, p. 672-676, 2009.

AValiação DA DISTRIBUIÇÃO DA TRIPANOSSOMÍASE BOVINA, EM PROPRIEDADES RURAIS DE PATOS DE MINAS (MG), PELOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO: ESFREGAÇO SANGUÍNEO, RIFI E PCR

ADAM, Y.; MARCOTTY, T.; CECCHI, G.; MAHAMA, C. L.; SOLANO, P.; BENGALY, Z.; VAN DEN BOSSCHE, P. Bovine trypanosomosis in the upper west region of Ghana: entomological, parasitological and serological cross-sectional surveys. **Research in Veterinary Science**, 92(3), 462-468, 2012.

BARBOSA, J. C.; BASTOS, T. S. A.; RODRIGUES, R. A. Primeiro surto de tripanossomose bovina detectado no estado de Goiás, Brasil. **Ars Veterinaria**, v. 31, n. 2, p. 100, 2015.

BASTOS T. S. A.; FARIA, A. M.; COUTO, L. F. M.; NICARETTA, J. E.; CAVALCANTE, A. S. A.; ZAPA, D. M. B. *et al.* Epidemiological and molecular identification of *Trypanosoma vivax* diagnosed in cattle during outbreaks in central Brazil. **Parasitology**, 147(12): 1313-1319, 2020. <http://dx.doi.org/10.1017/S0031182020001006>. PMID:32624014.

BATISTA, J. S., BEZERRA, F. S. B., LIRA, R. A., CARVALHO, J. R. G., ROSADO NETO, A. M., PETRI, A. A.; TEIXEIRA, M. M. G. Aspectos clínicos, epidemiológicos e patológicos da infecção natural em bovinos por *Trypanosoma vivax* na Paraíba. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 28(1), p. 63-69, 2008.

BATISTA, J. S.; RIET-CORREA, F.; TEIXEIRA, M. M. G.; MADRUGA, C. R.; SIMÕES, S. D. V.; MAIA, T. F. Trypanosomiasis by *Trypanosoma vivax* in cattle in the Brazilian semiarid: description of an outbreak and lesions in the nervous system. **Veterinary Parasitology**, v. 143, p. 174-181, 2007.

CALLOW, L. L., MCGREGOR, W., PARKER, R. J.; DALGLIESH, R. J. Immunity of cattle to *Babesia bigemina* following its elimination from the host, with observations on antibody levels detected by indirect fluorescent antibody test. **Aust. Vet. J.**, v.50, n., p.12-18, 1974.

CAMARGO, M. E. Fluorescent antibody test for the serodiagnosis of Chagas' disease. Technical modification employing preserved cultural forms of *Trypanosoma cruzi* in a slide test. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, n. 8, p. 229-234, 1966.

CAMPOS, M. G. S., FACURY FILHO, E. J., CARVALHO, A. U., RIBEIRO, M. F. B.; URIBE, J. A. Z. Utilização de água de coco (cocos nucifera) industrializada como conservante para *Trypanosoma vivax*. **Biológico**, 77(2), 1-235, 2015.

COSTA, RENATA VITÓRIA CAMPOS. *Trypanosoma vivax* em bovinos no estado do Rio de Janeiro 2018. 67 p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária, Patologia Animal). **Instituto de Veterinária**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018.

D'ÁVILA, A. M. R.; RAMIREZ, L.; SILVA, R. A. M. S. Morphological and biometrical differences among *Trypanosoma vivax* isolates from Brazil and Bolivia. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, 92 (3): 357-358. 1997.

DAGNACHEW S, Bezie M. Review on *Trypanosoma vivax*. **Afr J Basic Appl Sci** 2015; 7(1): 41-64.

FAO. The state of food and agricultura 2003-2004. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, 2004.

FRANGE, R. C. C. **Tripanossomiase em vacas na microrregião de Uberaba (MG): estudo soroepidemiológico e relato de surto. Universidade de Uberaba**, Uberaba – MG, 2013.

GOOGLE. **Google Earth** website. Disponível em: <http://earth.google.com/>,2009. Acesso em: 11 de setembro de 2023

GONZÁLEZ, L. E.; GARCÍA, J. A.; NÚÑEZ, C.; PERRONE, T. M.; GONZALEZ-BARADAT B.; GONZATTI, M. I.; REYNA-BELLO, A. *Trypanosoma vivax*: a novel method for purification from experimentaly infected sheep blood. **Exp. Parasitol**, v.111, p.126-129, 2005

GONZATTI, M. I., GONZÁLEZ-BARADAT, B., ASO, P. M.; REYNA-BELLO, A. *Trypanosoma (duttonella) vivax* and trypanosomosis in latina america: secadera/huequera/cacho hueco, 2014. Disponível em: [Trypanosoma_Duttonella_vivax_and_Typanosomosis_in_Latin_America_SecaderaHuequeraCacho_Hueco](#). Acesso em: 15 set. 2023.

GUERRA, N. R.; MONTEIRO, M. F. M.; SANDES, H. M. M.; CRUZ, N. L. N. da.; RAMOS, C. A. N.; SANTANA, V. L. de A.; SOUZA, M. M. A. de.; Alves, L. C. Detecção de anticorpos igg anti-*Trypanosoma vivax* em bovinos através do teste de imunofluorescência indireta. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 12, p. 1423-1426, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2020**. Patos de Minas: IBGE, 2020.

JUCHEM, P.; DALTO, A. G. C.; GONÇALVES, R.S. **Tripanossomiase bovina**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2019.

MADRUGA, C. R. Diagnóstico e epidemiologia do *Trypanosoma (duttonella) vivax* no Brasil. XIII Congresso Brasileiro de Parasitologia Veterinária & I Simpósio Latino Americano de Ricketisioses. Ouro Preto, MG. **Rev. Bras. Parasitol. Vet.**, 13 (1): 46-47. 2004.

AValiaÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DA TRIPANOSSOMÍASE BOVINA, EM PROPRIEDADES RURAIS DE PATOS DE MINAS (MG), PELOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO: ESFREGAÇO SANGUÍNEO, RIFI E PCR

- MADRUGA C. R.. Epidemiologia do *Trypanosoma vivax* no Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, 2009.
- MENESES, R. M. **Tripanossomose bovina em Minas Gerais, 2011**: soroprevalência e fatores de risco. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), 2016.
- NASCIMENTO, L. F. N.; PRADO, P. P.; VENANCIO, M. A.; BITTAR, J. F. F.; MILETTI, L. Serum prevalence of anti-*T. vivax* antibodies in cattle in Tapira-MG, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, 29(1), 2022.
- OSÓRIO A. MADRUGA, C. R.; DESQUESNES, M.; SOARES, C. O.; RIBEIRO, L. R. R.; COSTA, S. C. G. *Trypanosoma (Duttonella) vivax*: its biology, epidemiology, pathogenesis, and introduction in the new world - a review. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, 2008.
- SCHENK, M. A. M.; MENDONÇA, C. L.; MADRUGA, C. R.; KOHAYAGAWA, A.; ARAÚJO, F. R. Avaliação clínico-laboratorial de bovinos Nelore infectados experimentalmente com *Trypanosoma vivax*. **Pesq. Vet. Bras.**, 21 (4): 157-161, 2001.
- SCHOFIELD, C.J.; KABAYO, J.P. Tripanosomiasis vector control in Africa and Latin America. **Parasit. Vectors**, v. 1, p. 1-7, 2008.
- SILVA, R. A. M. S.; SEIDL, A.; RAMIREZ, L.; DÁVILA, A. M. R. *Trypanosoma evansi* e *Trypanosoma vivax*: Biologia, Diagnóstico e Controle. **Embrapa, Corumbá-MS**, p. 01-137, 2002.
- WOO, P. T. K. 1970. The haematocrit centrifuge technique for the diagnosis of African trypanosomosis. **Acta Tropica**, 27, 384-386.

Avaliação de germinação de sementes de *Carica papaya* L. submetidas a diferentes tratamentos

*Evaluation of germination of papaya *Carica papaya* L. seeds
subjected to different treatments*

SANDRO LÚCIO SILVA JÚNIOR
Discente de Agronomia (UNIPAM)
E-mail: sandrolsj700@gmail.com

WALTER VIEIRA DA CUNHA
Professor Orientador (UNIPAM)
E-mail: walter@unipam.edu.br

Resumo: O mamão é uma das frutas tropicais mais consumidas mundialmente devido às suas características nutricionais. No Brasil essa cultura representa grande importância econômica e por esse motivo tem levado os agricultores a utilizarem técnicas para promover uma melhor qualidade nas sementes, visto que, é o meio mais comum da propagação do fruto. As sementes do mamoeiro possuem uma germinação lenta e desuniforme, devido a incidência de dormência que é causada principalmente pela presença da sarcotesta, um envelope mucilaginoso que possui em sua estrutura compostos fenológicos que protegem a semente, podendo retardar seu desenvolvimento. Várias técnicas utilizadas para alcançar uma maior produtividade têm sido amplamente estudadas e têm como foco principal a germinação, que é a fase primordial para o desenvolvimento da planta. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de germinação de sementes de mamão submetidas a diferentes tratamentos. O experimento foi composto por 5 tratamentos e por 5 repetições, o que totalizou 25 parcelas experimentais. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ao nível de 5% utilizando o software Excel. Os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas em percentual de germinação e em índice de velocidade de emergência, com exceção do ácido acético que inibiu totalmente a germinação, o que pode ser atribuído à sua alta concentração, contendo toxinas que podem inibir a germinação das sementes.

Palavras-chave: mamão; germinação; tratamentos.

Abstract: Papaya is one of the most consumed tropical fruits worldwide due to its nutritional characteristics. In Brazil, this crop represents significant economic importance, leading farmers to use techniques to promote better seed quality, as it is the most common means of fruit propagation. Papaya seeds have slow and non-uniform germination due to dormancy, mainly caused by the presence of sarcotesta, a mucilaginous envelope containing phenolic compounds that protect the seed and can delay its development. Various techniques used to achieve higher productivity have been widely studied, focusing primarily on germination, which is the critical phase for plant development. Therefore, the objective of this study was to evaluate the germination response of papaya seeds subjected to different treatments. The experiment consisted of 5 treatments and 5 repetitions, totaling 25 experimental plots. Data were subjected to analysis of variance and Tukey's test at the 5% level using Excel software. The treatments showed

AVALIAÇÃO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Carica papaya* L. SUBMETIDAS A DIFERENTES TRATAMENTOS

no statistical differences in germination percentage and emergence speed index, except for acetic acid, which completely inhibited germination, likely due to its high concentration containing toxins that can inhibit seed germination.

Keywords: papaya; germination; treatments.

1 INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), pertencente à família Caricaceae, é nativo da América do Sul e destaca-se por sua elevada capacidade nutritiva, ocupando um lugar proeminente entre as frutas tropicais mais importantes cultivadas atualmente em todo o mundo. Os frutos frescos são parte essencial da dieta humana balanceada e são apreciados por suas excelentes propriedades sensoriais, notadamente sua cor, aroma e sabor (Santos, 2015).

O Brasil exerce uma influência significativa no cultivo do mamoeiro, ocupando a segunda posição em produção e exportação (Pádua, 2019). De acordo com dados do IBGE (2020), a produção nacional atingiu 1.235.003 toneladas, com Bahia e Espírito Santo contribuindo com 68,3% desse total, superando a produção de 2019, que foi de 1.161.808 toneladas.

A propagação do mamão é realizada comercialmente principalmente por meio de sementes, tornando crucial a adoção de um manejo adequado para promover uma melhor qualidade, uma vez que a germinação é considerada lenta e desuniforme devido à incidência de dormência (Vale, 2020). Essa dormência é atribuída principalmente à presença da sarcotesta, um envoltório mucilaginoso que contém compostos fenólicos em sua estrutura, os quais protegem a semente e podem retardar seu desenvolvimento. Conforme observado por Carvalho e Nakagawa (2000), esses compostos podem limitar a entrada de oxigênio no interior da semente, impedindo assim a germinação.

Com o objetivo de promover um maior desenvolvimento das sementes, a grande maioria dos produtores tem recorrido a técnicas para estimular a germinação. O uso de substâncias químicas, como o ácido giberélico, por exemplo, tem sido cada vez mais frequente. Hooley (1994) destaca que o uso de giberelinas estimula o crescimento do embrião e induz a produção de hidrolases, que enfraquecem as estruturas ao redor do embrião, facilitando seu rompimento.

Dada a importância econômica da fruticultura no país e o constante surgimento de novas tecnologias, torna-se necessário realizar estudos que comprovem a eficácia dessas diferentes tecnologias e seus efeitos sobre a germinação, visando aprimorar a produtividade da cultura. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a resposta de germinação de sementes de mamão submetidas a diferentes tratamentos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento deste estudo científico foi conduzido na casa de vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), situada ao lado do bloco H, na cidade de Patos de Minas, MG. O tratamento das sementes foi realizado no Laboratório de Genética e Biotecnologia (GENEB).

Foram utilizadas sementes de mamão da cultivar Papaya Formosa, com índice de germinação de 90% e 100% de pureza. O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados (DBC), com 5 tratamentos e 5 repetições, totalizando 25 parcelas experimentais. Cada parcela experimental consistiu em um vaso plástico de 185 ml contendo substrato composto por fibra de coco e turfa de sphagnum.

Posteriormente, foram selecionadas 20 sementes por tratamento, com cada repetição composta por 4 sementes, resultando em um total de 100 sementes. As sementes foram submetidas à imersão nos seguintes tratamentos: T1 controle, T2 ácido acético com 70% de pureza, na concentração de 30 ml diluído em 170 ml de água destilada por 30 minutos, T3 ácido giberélico na concentração de 500 mg/dm³ por 30 minutos, T4 200 ml de refrigerante Coca-Cola por 2 minutos, e o T5 água destilada em temperatura ambiente por 2 minutos. Os tratamentos utilizados estão detalhados na Tabela 1.

A imersão das sementes foi realizada em recipientes plásticos e, em seguida, foram retiradas utilizando peneiras plásticas e colocadas sobre papel toalha para remover o excesso de líquido ao redor das sementes.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos que foram utilizados para a germinação do mamão. UNIPAM, Patos de Minas - MG, 2022.

Tratamentos	Especificações
T1	Controle
T2	Ácido acético 30 ml
T3	Ácido giberélico 500 ppm
T4	Coca-Cola
T5	Água destilada

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

O índice de velocidade de emergência foi determinado utilizando a fórmula de Maguire (1962): $IVE = (N1/E1) + (N2/E2) + (Nn/En)$. Onde: IVE = Índice de Velocidade de Emergência E1, E2, En = número de plantas normais emergidas na primeira, segunda, terceira, quarta, quinta, sexta e na última contagem, respectivamente. N1, N2, Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira, quarta, quinta, sexta e na última contagem, respectivamente.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ao nível de 5% utilizando o Excel.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 2, utilizando o teste de Tukey tanto para a porcentagem de germinação quanto índice de velocidade de emergência (IVE). O controle, que não teve as sementes tratadas, não se diferenciou dos demais tratamentos em percentual de germinação e velocidade de emergência das sementes. Tokuhisa *et al.* (2007), avaliou a germinação de sementes de mamão submetidas a diferentes tratamentos por imersão e

AVALIAÇÃO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Carica papaya* L. SUBMETIDAS A DIFERENTES TRATAMENTOS

secagem a 40°, foi analisado que não houve diferenças estáticas em percentual de germinação e velocidade de emergência entre o controle e os demais tratamentos.

Tabela 2 — Avaliação de germinação de sementes de *Carica papaya* L. submetidas a diferentes tratamentos. GENE B - UNIPAM, Patos de Minas - MG, 2023.

Tratamentos	% Germinação	Índice de velocidade de emergência (IVE)		
T1 - Controle	70,0	a	0,511	a
T5 - Água Destilada	50,0	a	0,365	a
T4 - Coca-Cola	45,0	a	0,325	a
T3 - Ácido Giberélico 500 ppm	33,7	a	0,238	a
T2 - Ácido Acético 30 ml	0,0	b	0,000	b

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Em relação à imersão em água destilada, as sementes de mamão não apresentaram diferença estatística. Este resultado é consistente com o estudo de Wagner Júnior *et al.* (2007), que afirmou que a embebição das sementes de maracujazeiro-doce em água destilada não resultou em uma germinação mais rápida, sendo estatisticamente similar às sementes não embebidas. No entanto, há contradições na literatura, como afirmado por Castro *et al.* (2004), que argumentaram que sementes embebidas em tratamentos germinam mais rapidamente e de maneira mais uniforme devido à embebição facilitar o rompimento da semente para emergir.

Quanto à imersão das sementes em Coca-Cola, observa-se que não houve diferença significativa em relação aos demais tratamentos mencionados. Este resultado está em concordância com o estudo de Macedo *et al.* (2020), que avaliaram a germinação do fruto Buriti (*Mauritia flexuosa*) utilizando vários tratamentos, incluindo a imersão em Coca-Cola por 7 dias. Os resultados mostraram que este tratamento apresentou uma germinação regular, não diferindo estatisticamente dos demais, o que é consistente com os achados deste trabalho.

Para o ácido giberélico, não houve diferença significativa em relação aos demais tratamentos. De acordo com Paixão *et al.* (2018), o uso de giberelinas em doses de 2.000 mg.L⁻¹, e 3.000 mg.L⁻¹, imersas em sementes de mamão por 30 minutos, apresentou valores estatisticamente superiores ao controle em termos de germinação e velocidade de emergência. No entanto, o autor observou que o aumento da concentração de giberelina não teve um efeito positivo na germinação. Neste caso, a dosagem de ácido giberélico utilizada no presente estudo foi de 500 mg.L⁻¹, inferior àquela empregada nos estudos de Paixão *et al.* (2018), o que pode ter influenciado nos resultados.

Por fim, o ácido acético foi o único tratamento que se diferenciou dos demais, inibindo completamente a germinação. Este resultado é semelhante ao encontrado por Augusto (2005), que observou uma porcentagem de germinação do ácido acético variando de 37% a 94%. Este mesmo autor menciona que quanto maior a concentração dos ácidos, menor será o índice de germinação e a velocidade de emergência, devido às toxinas presentes nos ácidos orgânicos, que afetam diretamente o solo e inibem a

germinação das sementes. No presente estudo, foi utilizada uma dose de 30 ml de ácido acético, o que pode ter sido determinante para impedir a germinação das sementes de mamão.

4 CONCLUSÃO

Com base no exposto, é possível concluir que a germinação de sementes de mamão é influenciada por diferentes tratamentos, incluindo ácido giberélico, ácido acético, água destilada e refrigerante Coca-Cola. Os resultados indicaram que, em geral, o tratamento com ácido giberélico não apresentou diferença significativa em relação ao controle, enquanto o ácido acético inibiu completamente a germinação das sementes. Por outro lado, a água destilada e o refrigerante Coca-Cola não demonstraram efeitos diferenciados em comparação com o controle.

A literatura revisada também destaca que o uso de giberelinas pode estimular o crescimento do embrião e induzir a produção de enzimas que facilitam a germinação, embora concentrações muito elevadas possam não ter um efeito positivo. Quanto ao ácido acético, sua alta concentração pode agir como uma toxina, inibindo a germinação das sementes.

Esses resultados ressaltam a importância de avaliar cuidadosamente os efeitos dos tratamentos na germinação das sementes de mamão, considerando tanto a concentração quanto a natureza das substâncias utilizadas. Futuras pesquisas podem explorar diferentes doses e combinações de tratamentos para otimizar a germinação das sementes e, assim, contribuir para uma maior produtividade na cultura do mamoeiro.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 588 p., 2000.

CASTRO, R. D. de; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F.. **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed Editora, p. 149-162, 2004.

HOOLEY, R. Gibberellins: perception, transduction and responses. *Plant Molecular Biology*, [S.L.], v. 26, n. 5, p. 1529-1555, dez. 1994. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/bf00016489>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente**, 2020-2019. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/>.

MACEDO, J. A. *et al.* Teste de germinação de sementes de *Mauritia flexuosa* em diferentes tratamentos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020. Anais do XI

AVALIAÇÃO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Carica papaya* L. SUBMETIDAS A DIFERENTES TRATAMENTOS

Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe, 2020. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/4862>.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n.1, p. 176-177, 1962.

NEVES, L. A. S. das. **Efeito dos ácidos acético e propiônico sobre a qualidade de sementes e o crescimento de plântulas de arroz (cv BR-IRGA-409)**. 2005. 71 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.

PÁDUA, T. R. P. de (ed. tec.). **Plano estratégico para a cultura do mamoeiro 2017-2021**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019. 32 p. (Documentos 228). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197271/1/Documento228-MarcioCanto-Ainfo.pdf>

PAIXÃO, M. V. S. *et al.* Ácido giberélico na germinação de sementes de mamão. VII Simpósio do Papaya Brasileiro (Papaya Brasil), **Anais [...]**, Vitória, ES., 2018.

SANTOS, C. M. dos. Caracterização e utilização de subprodutos do mamão (*Carica papaya* L.). 2015. 150 p. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/10284>.

TOKUHISA, D *et al.* Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol. 29, n.3, p. 80 -188, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/95B4CwNLfXcJFcCKwkgc9DH/?lang=pt>.

VALE, L. S. R. *et al.*. Métodos de remoção da sarcotesta para superação de dormência em sementes de mamão. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 41161–41174, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n6-598. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/12294>.

WAGNER JÚNIOR, A. *et al.* Efeito da pré-embebição das sementes e do substrato na germinação e no desenvolvimento inicial do maracujá-doce. **Ceres**, [S.L.], v. 54, n. 311, p. 1-6, 2007. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/45531432.pdf>

Brotação de cana-de-açúcar em meio de cultura a base de M.S. enriquecido com KIN (Cinetina) e BAP (6-benzilaminopurina)

Sproutin of sugarcane in culture medium based on M.S. enriched with KIN (Kinetin) and BAP (6-benzylaminopurine)

MARIA EDUARDA SOUSA CAIXETA

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: mariasousa1@unipam.edu.br

WALTER VIEIRA DA CUNHA

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: walter@unipam.edu.br

Resumo: A cana-de-açúcar é uma cultura muito importante no agronegócio brasileiro, por isso, a utilização de cultivares com boas características econômicas e industriais torna-se necessária. Dessa forma, a micropropagação ganha destaque nesse mercado, visto que as mudas são de excelente qualidade fitossanitária, além de utilizarem espaço e tempo reduzidos. Portanto, objetivou-se desenvolver um protocolo para propagação *in-vitro* de mudas de cana-de-açúcar. O trabalho foi realizado no Laboratório de Genética e Biotecnologia, do Unipam, sendo primeiramente plantados mini toletes de cana-de-açúcar. Quando brotados foram retirados palmitos de 5 cm e feita a desinfestação superficial, para em seguida retirar os meristemas em solução (PVP) 3%. Estes, foram colocados em frascos com meio MS, sendo o primeiro tratamento somente com meio MS e o segundo acrescido de citocininas, cinetina e 6-benzilaminopurina. Foram mantidos em sala de crescimento a 25°C com fotoperíodo de 16 horas e após 21 dias avaliou-se a presença de brotação, oxidação e contaminação dos meristemas. O meio de cultura suplementado com as citocininas, aumentou a porcentagem de brotação dos meristemas, e não houve diferença estatística entre os meios de cultura com e sem adição de hormônios em relação a oxidação e a contaminação.

Palavras-chaves: citocininas; hormônios; micropropagação.

Abstract: Sugarcane is a very important crop in Brazilian agribusiness, therefore, the use of cultivars with good economic and industrial characteristics becomes necessary. In this way, micropropagation gains prominence in this market, as the seedlings have excellent phytosanitary quality, in addition to using reduced space and time. Therefore, the objective was to develop a protocol for *in-vitro* propagation of sugarcane seedlings. The work was carried out at Unipam's Genetics and Biotechnology Laboratory, with mini sugarcane billets being planted first. When they sprouted, 5 cm palm hearts were removed and surface disinfestation was carried out, and then the meristems were removed in a 3% solution (PVP). These were placed in flasks with MS medium, the first treatment being only with MS medium and the second with cytokinins, kinetin and 6-benzylaminopurine added. They were kept in a growth room at 25°C with a 16-hour photoperiod and after 21 days the presence of sprouting, oxidation and contamination of the

meristems was evaluated. The culture medium supplemented with cytokinins increased the percentage of meristem sprouting, and there was no statistical difference between the culture media with and without the addition of hormones in relation to oxidation and contamination.

Keywords: cytokinins; hormones; micropropagation.

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) ascende como uma das culturas mais proeminentes no cenário do agronegócio brasileiro, com o país destacando-se como o principal produtor global. Conforme dados divulgados pela Conab (2023), o Brasil alcançou um volume total de aproximadamente 600 milhões de toneladas na safra 2022/23, registrando um aumento de 5,4% em relação à safra anterior. Nesse contexto, a região sudeste desponta como a principal produtora da cultura, com ênfase nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Esse crescimento é atribuído à relevância da cultura, que se destaca como a principal fonte para a produção de açúcar e outros subprodutos, como o etanol (Franca, 2016).

Para garantir o êxito da cultura, é imprescindível a utilização de cultivares que apresentem características econômicas e industriais favoráveis. Nesse sentido, o melhoramento genético emerge como um fator determinante para superar desafios como pragas, doenças e aprimoramento industrial e econômico (Rosse; Vencovsky; Ferreira, 2002). Entretanto, a lenta taxa de multiplicação prolonga o ciclo de desenvolvimento, exigindo de 10 a 15 anos para a introdução de uma nova cultivar no mercado (Ali; Naz; Iqbal, 2008).

Para atender à crescente demanda do setor, é essencial otimizar a produção de mudas de cana-de-açúcar. Nesse contexto, a micropropagação emerge como uma técnica de destaque no processo de propagação vegetativa por colmos, pois permite a obtenção de mudas de melhor qualidade com taxas de multiplicação elevadas em um tempo e espaço reduzidos (Etienne; Berthouly, 2002). Para tanto, utiliza-se a técnica de regeneração do explante *in vitro* por meio da cultura de meristemas, capaz de replicar geneticamente características idênticas à planta mãe. Além disso, essa abordagem apresenta baixos índices de perdas devido à contaminação, elimina patógenos como vírus e bactérias, e oferece economia de tempo em comparação com outras técnicas convencionais (Biasi; Passos; Pomer, 1998; Gomide, 2004; Dutra *et al.*, 2011).

A técnica de propagação da cana-de-açúcar por meio de meristema apical é reconhecida como uma alternativa vantajosa para a multiplicação de diversas variedades, devido à obtenção de mudas de excelente qualidade fitossanitária e idênticas ao material de origem. No caso da cana-de-açúcar, o meristema apical é o explante inicial a ser micropropagado, o qual, após ser isolado e inoculado em meio de cultura, desenvolve-se para originar as plântulas que serão multiplicadas, enraizadas e aclimatizadas (Lee, 1987; Sarwar; Siddiqui, 2004; Silva *et al.*, 2009). Nesse contexto, o meio de cultura desempenha um papel crucial, fornecendo suporte ao explante e os nutrientes essenciais para sua sobrevivência. Dentre os componentes do meio de cultura encontram-se os macronutrientes e micronutrientes, reguladores de crescimento, vitaminas e fontes de carboidratos (Carvalho *et al.*, 2006).

Portanto, o crescimento e a morfogênese *in vitro* são fatores regulados pelo equilíbrio e interação dos fitormônios presentes no meio de cultura, com destaque para citocininas e auxinas. Assim, o refinamento e desenvolvimento de protocolos *in vitro* relativos aos fitormônios podem resultar em níveis aprimorados de desenvolvimento dos explantes a serem cultivados (Silva *et al.*, 2009). Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência das citocininas, cinetina e 6-benzilaminopurina, na brotação, oxidação e contaminação de meristemas de mudas de cana-de-açúcar propagadas *in vitro*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO, ORIGEM DO MATERIAL E ASSEPSIA

O estudo foi conduzido no Laboratório de Genética e Biotecnologia - GENE, situado no Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, localizado em Patos de Minas, Minas Gerais.

Inicialmente, mini toletes de cana-de-açúcar foram plantados em sacos plásticos para mudas de 15 cm x 25 cm, contendo substrato Carolina®. Os minis toletes foram posicionados com as gemas voltadas para cima, a uma profundidade de 2 cm, e mantidos em casa de vegetação. Após o brotamento e atingirem um comprimento médio de 20 cm, os palmitos foram retirados, com cerca de 5 cm de altura.

Posteriormente, os palmitos foram então submetidos a um processo de desinfecção em uma câmara de fluxo laminar, primeiro com álcool 70% por 1 minuto, seguido por hipoclorito de sódio 2% por 5 minutos, e, em seguida, enxaguados três vezes com água destilada esterilizada. Após a desinfecção, os palmitos foram individualmente colocados em placas de Petri contendo Polivinilpirrolidona (PVP) 3% autoclavada. Com o auxílio de um bisturi, as folhas externas dos palmitos foram removidas e o meristema foi isolado, seguindo a metodologia descrita por Alcantara *et al.* (2014) com modificações.

2.2 MEIO DE CULTURA

Para avaliar as brotações dos meristemas, foram estabelecidos dois tratamentos utilizando o meio de cultura MS (Murashige; Skoog, 1962) semissólido, enriquecido com 30 g L⁻¹ de sacarose, 6 g L⁻¹ de ágar e 0,1 g L⁻¹ de sulfato de estreptomicina. O primeiro tratamento consistiu apenas no meio de cultura MS, enquanto no segundo tratamento foram adicionadas as citocininas: 0,1 mg L⁻¹ de cinetina (KIN) e 0,2 mg L⁻¹ de 6-benzilaminopurina (BAP). O pH dos dois tratamentos foi ajustado para 5,8 antes da autoclavagem. Cada frasco de cultura continha 60 mL de meio em um volume total de 250 mL.

O material foi mantido em sala de crescimento a 25 ± 2 °C, no escuro, por sete dias para indução de brotações, seguido por um fotoperíodo de 16 horas nas fases subsequentes. Após 21 dias, a presença de brotações, contaminação e oxidação em cada meristema foi avaliada, conforme descrito por Franca (2016) com modificações.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental do trabalho foi realizado de forma inteiramente casualizada, com 12 repetições por tratamento e um meristema por repetição. Os resultados foram avaliados por meio do teste t, com um nível de significância de 5%.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram uma maior taxa de brotação dos meristemas no meio de cultura MS suplementado com cinetina e 6-benzilaminopurina. No tratamento com adição de hormônios, a taxa de brotação foi de 58,3%, enquanto que para o meio de cultura MS sem adição de citocininas foi inferior a 20%. Entretanto, em relação à oxidação e à contaminação, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os meios de cultura com e sem a adição de hormônios. O teste t, com um nível de significância de 5%, indicou diferença estatística apenas para a porcentagem de brotação (ver Tabela 1).

Tabela 1 — Porcentagem de brotação, oxidação e contaminação na presença e ausência de hormônio, cinetina e 6-benzilaminopurina, em cana-de-açúcar. Patos de Minas – MG, 2024.

Parâmetros	Sem Hormônio	Com Hormônio
Brotação	16,7 a	58,3 b
Sem oxidação	58,3 ns	66,7 ns
Sem contaminação	66,7 ns	91,7 ns

*Valores com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste t ao nível de 5%. ns.: não significativo.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

O equilíbrio entre os hormônios adicionados ao meio de cultura MS desempenha um papel crucial na regulação do crescimento e da morfogênese dos tecidos *in vitro*, sinalizando o alongamento e a multiplicação da parte aérea da planta (Aires *et al.*, 2008). O objetivo primordial desses reguladores vegetais é corrigir deficiências de fitormônios que podem surgir nos explantes (Grattapaglia; Machado, 1998). Nesse contexto, fica claro que a adição de citocininas ao meio de cultura MS favorece a brotação de meristemas de cana-de-açúcar, corroborando os resultados obtidos neste estudo. Esses achados estão em consonância com a pesquisa de Franca (2016), que observou um aumento na porcentagem de brotação de meristemas de cana-de-açúcar em meio de cultura MS suplementado com 6-benzilaminopurina e cinetina.

Em relação à oxidação, esta ocorre devido à liberação de compostos fenólicos pelos meristemas no meio de cultura. No entanto, quando em excesso, esses compostos podem gerar substâncias tóxicas que inibem o crescimento dos explantes e causam escurecimento do material vegetal. Essas substâncias são metabolizadas pelas enzimas polifenoloxidasas, alterando a composição do meio de cultura e a absorção de metabólitos (Andrade *et al.*, 2000; Sato *et al.*, 2001; Lima, 2010).

Tendência semelhante foi observada por Bezerra *et al.* (2014), confirmando a existência da relação entre a porcentagem de oxidação e a quantidade de citocinina utilizada no meio de cultura, evidenciando que quanto menor a quantidade de citocinina, maior será os valores de oxidação, corroborando com os resultados encontrados nesta pesquisa. De certa forma, esse resultado pode estar relacionado com o uso de antioxidantes, como polivinilpirrolidona (PVP), na extração e manipulação dos meristemas (Souza, 2015).

No que refere a contaminação no meio de cultura, são causadas por bactérias e fungos, sendo a contaminação por bactérias a mais recorrente e mais drástica (Pereira; Corrêa; Boliani, 2011). O uso de antibióticos é uma alternativa para prevenir e diminuir a contaminação bacteriana, sendo a estreptomicina muito utilizada. Esse antibiótico é o que apresenta menor toxicidade do grupo dos aminoglicosídeos, possuindo efeito proveniente da sua concentração no meio de cultura (Pollock; Barfield; Shields, 1983).

É possível afirmar que no presente estudo não foi observada uma relação entre a contaminação dos meios de cultura e a presença ou ausência de reguladores vegetais nos mesmos. Estes resultados contrastam com os de Costa *et al.* (2007) e Rosa (2009), que relataram um aumento na taxa de contaminação com o aumento da concentração de reguladores vegetais nos explantes. Além disso, Rosa (2009) sugere que as citocininas, em certas concentrações, podem contribuir significativamente para a multiplicação de microrganismos. De acordo com Teixeira (2001), na fase inicial de estabelecimento do explante *in vitro*, a contaminação é um dos principais desafios enfrentados.

4 CONCLUSÃO

A adição das citocininas cinetina e 6-benzilaminopurina ao meio de cultura MS resulta em um aumento na porcentagem de meristemas brotados. No entanto, em relação à oxidação e à contaminação, esses hormônios não demonstraram influência significativa.

REFERÊNCIAS

- AIRES, P. S. R. *et al.* Efeito da citocinina 6-benzilaminopurina na micropropagação *in vitro* da mamona utilizando o genótipo BRS nordestina. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. V. 8, n. 2, p. 80-83, 2008.
- ALCANTRA, G. B. *et al.* Multiplicação, alongamento e enraizamento de brotações *in vitro* de clones de cana-de-açúcar submetidos a diferentes concentrações de 6-benzilaminopurina e ácido giberélico. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 20-25, 4 fev. 2014. Universidade Federal do Tocantins.
- ALI, A.; NAZ, S.; IQBAL, J. An efficient protocol for large scale production of sugarcane through micropropagation. **Pakistan Journal of Botany**, v.40, n.1, p. 139-149, 2008.

BROTAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM MEIO DE CULTURA A BASE DE M.S.
ENRIQUECIDO COM KIN (CINETINA) E BAP (6-BENZILAMINOPURINA)

ANDRADE, M. W. *et al.* Micropropagação da aroeira (*myracrodruon urundeuva* Fr. An.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.1, p.174-180, 2000.

BEZERRA, R. M. de F. *et al.* Efeito de 6-benzilaminopurina sobre a propagação *in vitro* de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (Fabaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 771-778, jan. 2014.

BIASI, L. A.; PASSOS, I. R. DA S.; POMMER, C. V. Estabelecimento *in vitro* de porta-enxertos de videira através de ápices meristemáticos e segmentos nodais. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 55, n. 2, mai./ago. 1998.

CARVALHO, M. F. C. C. *et al.* Fatores inerentes à micropropagação. **EMBRAPA Algodão**. Campina Grande, 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar**. V.8 – Safra 2022/23, N.4 - Quarto levantamento, Brasília, abr. 2023.

COSTA, A. S. *et al.* Estabelecimento de alecrim-pimenta *in vitro*. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 68-72, 2007.

DUTRA, L. F. *et al.* **Protocolo de micropropagação em cana-de-açúcar**. Circular Técnica. Pelotas: Embrapa, 2011.

ETIENNE, H.; BERTHOULY, M. Temporary Immersion Systems in Plant Micropropagation. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**. Kluwer Academic Publishers. p. 215-231, 2002.

FRANCA, M. A. **Micropropagação de cana-de-açúcar cultivar RB966928**. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

GOMIDE, D. G. **Influência do número de subcultivos na multiplicação *in vitro* e na aclimatização de plantas micropropagadas de morangueiro**. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Agronomia/ Produção Vegetal – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2004.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI, 1998. v. 1, p. 183-260.

LEE, T. S. G. Micropropagation of sugarcane (*Saccharum spp.*). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.10, p. 47-55, 1987.

LIMA, G. V. M. **Ação de auxinas e cofatores fenólicos no enraizamento *in vitro* de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2010.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised médium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. **Physiologia Plantarum**. 15:473-479, 1962.

PEREIRA, G. A.; CORRÊA, L. de S.; BOLIANI, A. C. Desinfestação e estabelecimento *in vitro* de explantes de bananeira 'Grande Naine' em diferentes concentrações de hipoclorito de sódio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 222-226, out. 2011.

POLLOCK, K.; BARFIELD, D. G.; SHIELDS, R.. The toxicity of antibiotics to plant cell culture. **Plant Cell Reports**, v. 2, 1983, p. 36-39.

ROSA, F. C. **Superação de dormência de sementes e cultivo *in vitro* de Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. 2009. 52f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R.; FERREIRA, D. F. Comparação de métodos de regressão para avaliar a estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 25-32, jan. 2002.

SARWAR, M.; SIDDIQUI, S. U. *In vitro* conservation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) germplasm. **Pakistan Journal of Botany**, v.36, n.3, p. 549-556, 2004.

SATO, A. Y. *et al.* Micropropagação de *Celtis* sp.: controle da contaminação e oxidação. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 117-123, 2001.

SILVA, C. M. da *et. al.* **Diferentes concentrações de 6-benzilaminopurina e cinetina na micropropagação *in vitro* das variedades RB867515 e RB855156 de cana-de-açúcar**. Campo Digital, Campo Mourão, v.4, n.1, p. 122-126, jan/dez. 2009.

SOUZA, C. B. L. de. **Cultivo *in vitro* de meristema e micropropagação de plantas de *Piper nigrum* L.** 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Federal Rural da Amazônia- Ufra, Belém, 2015.

TEIXEIRA, J. B. **Limitações ao processo de cultivo *in vitro* de espécies lenhosas**. Brasília: Embrapa-Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001.

Comparação do desempenho de matrizes suínas gestantes submetidas à gestação coletiva e gestação em gaiolas individuais

Comparison of the performance of pregnant sows subject to group housing and individual stall housing

GIOVANA GABRIELA SOARES RIBEIRO

Graduanda em Médica Veterinária (UNIPAM)

E-mail: giovanasoares@unipam.edu.br

ELIANE DE SOUSA COSTA

Professora orientadora (UNIPAM)

E-mail: elianesousa@unipam.edu.br

LUIZ FERNANDO ROCHA BOTELHO

Professor co-orientador

E-mail: llfrbotelho89@gmail.com

Resumo: A gestação coletiva vem ganhando relevância na suinocultura mundial. Este estudo compara sistemas de alojamento visando avaliar impactos nas matrizes suínas. O estudo foi realizado em uma granja em Patos de Minas (MG) com 84 matrizes divididas em gestação individual e coletiva. Foram analisados diversos parâmetros, como escore de condição corporal; dias de gestação; duração do parto; tipo de parto; leitões de baixa viabilidade (BV), mumificados, natimortos; número de leitões/porca/ano; partos/fêmea/ano; peso da leitegada; peso médio ao nascimento; repetição de cio e arranhaduras. A comparação foi feita por análise de variância e teste de *Tukey-Kramer*. Dentre as avaliações, leitões BV apresentaram diferença estatística, sendo que as matrizes alojadas em gaiolas individuais apresentaram maior índice, assim como foi necessário interferência no parto dessas matrizes. Em se tratando das arranhaduras, a ocorrência foi maior na coletiva. Em geral, não houve diferenças significativas entre as avaliações, salvo leitões BV, tipo de parto e arranhaduras.

Palavras-chave: desempenho; gestação; matrizes.

Abstract: Group housing for pregnant sows is gaining relevance in global swine production. This study compares housing systems to evaluate their impacts on sows. The study was conducted on a farm in Patos de Minas (MG) with 84 sows divided into individual and group gestation. Various parameters were analyzed, including body condition score; gestation days; duration of farrowing; type of farrowing; low viability (LV) piglets, mummified piglets, stillbirths; number of piglets/sow/year; farrowings/sow/year; litter weight; average birth weight; return to estrus and scratches. The comparison was made using analysis of variance and Tukey-Kramer test. Among the evaluations, LV piglets showed a statistical difference, with sows housed in individual stalls presenting a higher rate, as well as a higher need for intervention during farrowing. As for

scratches, the occurrence was higher in group housing. Overall, there were no significant differences between the evaluations, except for LV piglets, type of farrowing, and scratches.

Keywords: performance; pregnancy; sows.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem grande influência no mercado da suinocultura internacional. É o quarto maior produtor de carne suína mundial e já esteve em quarto lugar mundial na exportação (USDA, 2022). Devido à grande importância socioeconômica mundial da suinocultura, associada ao gradual aumento de debates a respeito da maneira como os alimentos são fabricados, as normas de bem-estar animal (BEA) vêm sendo cada vez mais aplicadas (Dias *et al.*, 2018; Galvão, 2019).

A gestação coletiva é um manejo no qual as matrizes suínas são alojadas em grupos, visto que, na natureza, formam grupos sociais (Brito *et al.*, 2017). Esse sistema viabiliza melhor BEA, propondo maior liberdade para expressar seus comportamentos naturais, assim como possui maior conforto (Ribas *et al.*, 2015). O manejo coletivo é classificado em dois modelos: sistema estático e sistema dinâmico (MAPA, 2018).

O uso de baias coletivas propicia o comportamento natural dos animais, além de permitir a interação entre eles. Reduz, assim, os níveis de estresse e, consequentemente, diminui as atividades estereotipadas; dessa forma, favorece o BEA das matrizes e, ainda, proporciona maior índice de produtividade (Ribas *et al.*, 2015).

Os alojamentos coletivos demandam uma arquitetura que coopere com a movimentação das matrizes dentro da baia, além de áreas de descanso, defecação, alimentação e baia hospital; também é necessário seguir as normas quanto à área do piso. Ademais, existem formas distintas para a alimentação coletiva e, ainda, deve-se atender às necessidades fisiológicas dos animais (Ribas *et al.*, 2015; MAPA, 2018).

Assim, perante o aumento da preocupação com o BEA, a adequação das baias individuais para o sistema de baias de gestação coletiva vem crescendo mundialmente (Brito *et al.*, 2017). Dessa forma, vários países estão solicitando aos produtores a adaptação para as baias coletivas (MAPA, 2018).

Objetivou-se, neste trabalho, comparar o desempenho de matrizes suínas gestantes em gaiolas de gestação (barracões com temperatura ambiente e climatizado) com o de matrizes alojadas em barracões de gestação coletiva (barracões com temperatura ambiente e climatizado), avaliando os efeitos do tipo de criação nos parâmetros reprodutivos, na expressão do comportamento e nos parâmetros de saúde das matrizes suínas.

2 METODOLOGIA

O presente experimento foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) do Centro Universitário de Patos de Minas (MG), número de protocolo 68/22, do dia 21 de setembro de 2022.

O estudo em questão foi conduzido no setor de gestação de uma granja comercial na região de Patos de Minas, no Alto Paranaíba, Minas Gerais, sob clima

tropical úmido. Foram utilizadas no total 84 matrizes, de acordo com a confirmação da gestação na granja. As matrizes suínas foram identificadas individualmente através do uso de brinco já existente nelas. A divisão dos grupos foi feita de acordo com a ordem de parto.

O experimento foi realizado no período de gestação das matrizes, com duração média de 115 dias e adicionalmente 23 dias após o parto, de acordo com o cronograma utilizado no manejo de desmame de leitões da granja. A temperatura ambiente em ambas (gaiolas e gestação coletiva) varia em torno de 28° C. As matrizes alojadas em gaiolas de gestação individual (barracões climatizados e temperatura ambiente) ficaram individualmente em espaço de 2,25 de comprimento x 0,65 largura x 1,10 altura, desde a cobertura até a subida para a maternidade.

As matrizes alojadas em gestação coletiva (barracões climatizados e temperatura ambiente) ficaram em espaços de 40 m², a partir de 35 dias até a subida para a maternidade, feita com três dias antecedentes à data prevista de parto. Na maternidade, as matrizes foram mantidas em gaiolas individuais. As matrizes alojadas em gestação coletiva foram inseminadas nas gaiolas de gestação e ficaram até 34 dias de gestação, seguindo as indicações da Instrução Normativa 113. Essas matrizes, até os 34 dias, ficaram em ambientes semelhantes aos barracões de gestação coletiva de acordo com a divisão dos grupos de temperatura (ambiente e climatizado). Também ficaram em gaiolas individuais nas dimensões 2,25 de comprimento x 0,65 largura x 1,10 altura até os 34 dias.

O piso de ambas as gestações é do mesmo material antiderrapante, feito em concreto antiabrasivo, com área ripada de concreto para escoamento de fezes, correspondendo a 30% das de cada gaiola de gestação e gestação coletiva. A declividade das instalações foi de 5%. As gaiolas de gestação individual possuem bebedouro/chupeta modelo Bite Ball/Bico de pato individual para cada animal. Nas gestações coletivas, foi utilizado o mesmo modelo de bebedouro/chupeta, sendo utilizado 1 bebedouro para cada 10 animais, totalizando em uma baía 6 chupetas.

Nas gaiolas de gestação individual, cada gaiola possui um cocho individual com capacidade de até 4 kg. Na gestação coletiva, em ambas temperaturas, foi utilizado o sistema de minibox com Drops, com capacidade de até 5 kg manuais. O sistema de arraçamento em ambos os modelos de gestação analisados foi: de 0 (após a segunda inseminação) até 22 dias (2,2 kg/dia); 22 até 70 dias (1,6 kg/dia); 71 a 90 dias (2,4 kg/dia) e de 91 dias até o parto (3 kg/dia). A quantidade citada de ração por fase foi dividida duas vezes ao dia, sendo o primeiro trato às 7 h da manhã e o segundo às 16 h. Todas as dietas para cada fase seguiram a Tabela Brasileira para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Todas as matrizes foram submetidas à mesma formulação de ração com os mesmos ingredientes e formas de armazenamento.

Com intuito de avaliar a produtividade das matrizes, foram analisados os parâmetros: escore de condição corporal das matrizes (ECC), aferido através de um calíper antes e após o desmame; dias de gestação; duração do parto; tipo de parto; leitões de baixa viabilidade (BV); leitões mumificados (MUM); nascidos totais (NT); leitões natimortos (NAT); número de leitões por porca por ano; partos por fêmea por ano; peso da leitegada; peso médio ao nascimento e repetição de cio.

COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DE MATRIZES SUÍNAS GESTANTES SUBMETIDAS À GESTAÇÃO COLETIVA E GESTAÇÃO EM GAIOLAS INDIVIDUAIS

No decorrer da gestação, foram avaliados comportamento através das arranhaduras (pescoço, lombo, focinho, orelha, pernis) anotados diariamente em uma tabela destinada a esse fim. Foi avaliado diariamente em horário estabelecido (11h às 12 h) e foi inspecionado todo o exterior de cada fêmea, durante toda a fase gestacional até a subida para maternidade.

Para comparação das médias, os dados foram submetidos à análise de variância e comparadas as médias através do teste de Tukey-Kramer com 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Foram analisadas no total 84 matrizes procedentes de uma granja comercial localizadas da região do Alto Paranaíba, Minas Gerais: 42 matrizes gestantes alocadas de forma individual e 42 matrizes gestantes em baias coletivas. A análise das avaliações se deu pelo método de comparação de médias utilizando o teste de Tukey-Kramer com 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 1 — Resultado do teste de Tukey-Kramer das variáveis analisadas

Avaliações	Tratamento	
	Gestação Coletiva	Gestação Individual
ECC	-0,3809 a	-0,2619 a
Dias De Gestação	116,92 a	114,23 a
Duração Do Parto (horas)	4,62 a	4,48 a
Tipo De Parto	Normal	3 Induzidos
Leitões BV	0,00 a	0,09 b
Leitões MUM	0,30 a	0,64 a
Leitões NT	13,71 a	14,16 a
Leitões NAT	0,80 a	0,61 a
Número De Leitões/Porca/Ano	36,33 a	37,13 a
Partos/Fêmea/Ano	2,41 a	2,43 a
Peso Da Leitegada (Kg)	19,94 a	20,71 a
Peso Médio Ao Nascimento (Kg)	1,52 a	1,52 a
Repetição De Cio	Não	Não

Legenda: médias seguidas de letras semelhantes para a mesma avaliação não diferiram no teste de Tukey, todavia, letras diferentes (a e b) indicam diferenças estatísticas.

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

De todas as avaliações realizadas, somente a variável “Leitões de Baixa Viabilidade” apresentou variação no teste de Tukey-Kramer; dessa forma, nota-se que a quantidade de leitões de baixa viabilidade foi maior na gestação em gaiolas individuais ao se comparar com a gestação em baias coletivas. Por outro lado, não foi observado diferença estatística significativa nas outras análises realizadas, comparando o tipo de alojamento das matrizes.

A gestação de uma fêmea suína é em média 115 dias (3 meses, 3 semanas e 3 dias), podendo passar por pequenas alterações de acordo com manejo e raça do animal, sendo para mais ou menos 3 dias (Silva *et al.*, 2008). Dessa forma, nota-se que o prazo gestacional de ambos os tratamentos do presente estudo estiveram dentro do fisiológico e não foram estatisticamente distintos, sendo 116,92 dias nas fêmeas alojadas em baias coletivas e de 114,23 dias nas gestantes em gaiolas individuais. Segundo Pandorf (2005), Silva e colaboradores (2008) e Santos (2013) em seus trabalhos, também não foi constatada diferença estatística no tempo de gestação das matrizes nos dois tipos de manejo.

Ao avaliar a duração da gestação, é possível observar que as fêmeas alojadas em baias coletivas apresentaram parto um pouco mais extenso ao comparar com as gestantes alojadas em gaiolas individuais, porém não houve diferença estatística entre os dois alojamentos. Por outro lado, Silva e outros autores (2008) concluíram, em seus estudos, que a duração do parto das fêmeas de baias individuais foi maior quando comparada com a da gestação coletiva. O período do parto pode ser afetado por diversas condições, como ambiente, manejo, temperatura, ruídos, entre outros (Cavalcanti *et al.*, 1979).

Num estudo de Perini (2017), a frequência de partos normais foi maior nas matrizes alojadas em baias coletivas ao comparar com as gestantes em gaiolas individuais, assim como no presente estudo, visto que 3 matrizes necessitaram de parto induzido.

Em se tratando de leitões de baixa viabilidade, estatisticamente, os leitões oriundos de matrizes alojadas em gaiolas individuais apresentaram maior número ao comparar com os leitões nascidos de matrizes alojadas de forma coletiva.

Ao analisar o índice de leitões mumificados, percebe-se que a taxa de leitões mumificados foi maior na gestação individual (0,64) do que o resultado encontrado na gestação coletiva (0,30), todavia sem diferença estatística no teste de Tukey com probabilidade de 5%. Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Silva e colaboradores (2008), em que os mumificados nascidos de matrizes instaladas em baias individuais foram superiores, mas não distintos estatisticamente.

No presente estudo, o número de nascidos totais não foi estatisticamente divergente nos dois tratamentos, todavia o número de nascidos totais das matrizes gestantes em gaiolas individuais foi de 14,16, enquanto os nascidos de matrizes alojadas em baias coletivas foi de 13,71. Conforme Silva e colaboradores (2008), não foram averiguadas diferenças estatísticas, entretanto o número de leitões nascidos vivos do sistema individual foi menor do que o sistema coletivo.

Do mesmo modo, Cunha (2015) e Whittaker e colaboradores (2015) não encontraram diferença no número de leitões nascidos entre os dois tipos de sistema de alojamento. Todavia, no estudo de Perini (2017), o número de nascidos totais e nascidos vivos no sistema de gestação coletiva foi estatisticamente superior.

Ao avaliar o número de leitões nascidos e o peso médio ao nascimento, observa-se relação entre as duas variáveis e, segundo Perini (2017), se o número de leitões nascidos for menor, o peso médio ao nascimento daquela leitegada será maior. Porém, ao confrontar com o presente estudo, não foi possível observar essa afirmação, pois não houve diferença estatística significativa. Já Jang e outros autores (2017) constataram um

COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DE MATRIZES SUÍNAS GESTANTES SUBMETIDAS À GESTAÇÃO COLETIVA E GESTAÇÃO EM GAIOLAS INDIVIDUAIS

maior número de leitões nascidos vivos no sistema de gestação em gaiolas ao comparar com gestação coletiva.

Ao comparar a média estatística dos leitões natimortos, constata-se que não houve diferença, todavia, esse número foi superior nos leitões provenientes de matrizes alojadas em baias coletivas, sendo 0,80 contra 0,61 das matrizes em alojamento coletivo. Ao contrário do presente trabalho, Costa (2014) encontrou diferença estatística no número de leitões natimortos, sendo que o valor encontrado em gaiolas de gestação coletiva foi estatisticamente menor, assim como a duração do parto.

No estudo de Kummer *et al.* (2023), foram avaliadas as seguintes variáveis: nascidos totais, nascidos vivos, natimortos, mumificados, leitões de baixa viabilidade, peso da leitegada, peso médio e escore de condição corporal. Ao analisarem os dados dos índices zootécnicos, notaram que não houve diferenças significativas entre os sistemas de alojamento. A única avaliação que difere dessa pesquisa com a do presente estudo foi a análise da variável BV, que, no presente estudo, a diferença foi significativa.

Carvalho (2018) constatou, em sua pesquisa, que, ao comparar as estatísticas do grupo de gestação individual e de gestação coletiva, não houve diferença significativa na estatística, resultado similar ao encontrado no presente trabalho.

Assim como no presente estudo, Perini (2017) concluiu em seu estudo que a estatística adquirida da taxa de repetição de cio e número de parto por fêmea por ano não apresentou resultados diferentes estatisticamente.

Tabela 2 — Frequência de Arranhaduras nos dois tipos de gestação

Avaliação	Tratamento	
	Gestação Coletiva	Gestação Individual
Frequência de Arranhaduras	5,18 a	3,14 b

Legenda: médias seguidas de letras semelhantes para a mesma avaliação não diferiram no teste de Tukey, todavia, letras diferentes (a e b) indicam diferenças estatísticas.

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

A frequência de arranhões encontrados no presente estudo obteve diferença estatística, sendo que a gestação coletiva obteve maior frequência de arranhaduras. Os resultados de frequência encontrados foram: 5,18 nas fêmeas alojadas em gestação coletiva e 3,14 nas fêmeas mantidas em gestação individual. Assim como no estudo de Jang e colaboradores (2017), já que, ao avaliarem a condição física das matrizes, notaram que a incidência de arranhões corporais encontrados nas matrizes das baias coletivas foi maior.

Karlen e outros autores (2007) constataram em suas análises que as fêmeas oriundas das baias coletivas exibiram maior frequência de arranhaduras ao comparar com as de baias individuais. Anil e colaboradores (2005) concluíram, em seu estudo, que as fêmeas mantidas em gestação coletiva apresentaram maior escore de lesões no corpo.

4 CONCLUSÃO

Após uma análise das diversas variáveis abordadas neste estudo (escore de condição corporal, dias de gestação, duração do parto, tipo de parto, leitões de baixa viabilidade, leitões mumificados, leitões natimortos, número de leitões/porca/ano, partos/fêmea/ano, peso da leitegada, peso médio ao nascimento, repetição de cio e arranhaduras), observou-se que apenas as diferenças estatísticas foram notáveis ao comparar os leitões de baixa viabilidade, a frequência de arranhaduras e o tipo de parto.

Os resultados revelaram que os leitões alojados provenientes de matrizes em baias coletivas não apresentaram baixa viabilidade, diferentemente do observado nas baias individuais. Além disso, constatou-se que não foi necessário auxiliar no parto das matrizes em baias coletivas. No contexto das arranhaduras, as baias individuais evidenciaram um menor número dessas ocorrências.

Concluiu-se que não foram identificadas diferenças estatísticas significativas ao comparar os dois tipos de manejo gestacional, salvo nos leitões de baixa viabilidade, arranhaduras e tipo de parto, indicando uma equivalência nos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

AMARAL FILHA, W. S.; COSTA, M. S.; MESQUITA, R. C. T.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F. P. Estratégias ao desmame das primíparas para um bom desempenho subsequente. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 35, p. 72-82, 2007.

AMOS, Nicky; SULLIVAN, Rory. The business benchmark on farm animal welfare 2016 report. **Available at SSRN 2933184**, 2017.

ANIL, L.; SUKUMARANNAIR, S. A.; DEEN, J.; BAIDOO, S. K.; WHEATON J. E. **Evaluation of well-being, productivity, and longevity of pregnant sows housed in groups in pens with an electronic sow feeder or separately in gestation stalls.** *AJVR*, 2005.

BENCH, C. J. *et al.* Group gestation sow housing with individual feeding-II: how space allowance, group size and composition, and flooring affect sow welfare. *Livestock Science*, v. 152, n.2-3, p.218-227, 2013.

BRASIL. Instrução Normativa nº 113, de 16 de dezembro de 2020. Estabelece as boas práticas de manejo e bem-estar animal nas granjas de suínos de criação comercial. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2020.

BRASÍLIA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Gestação coletiva de matrizes suínas: boas práticas para o bem-estar na suinocultura.** Brasília: MAPA, 2018.

COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DE MATRIZES SUÍNAS GESTANTES SUBMETIDAS À GESTAÇÃO COLETIVA E GESTAÇÃO EM GAIOLAS INDIVIDUAIS

BRITO, Thais Rayane Rios *et al.* **Influência da gestação coletiva em matrizes suínas no sistema de produção**, 2017.

CARVALHO, Patrícia Soster de. **Avaliação de indicadores de desempenho reprodutivo e de bem-estar animal de matrizes suínas alojadas em gaiolas individuais ou em baias coletivas durante o período da gestação**. 2018. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

CAVALCANTI, S. S.; BARBOSA, A. S.; SAMPAIO, I. B. M. Efeito da duração do parto na incidência de leitões natimortos. **Arquivos da Escola de Veterinária da UFMG**, v.3, n.1, p.9-43, 1979.

COSTA, Alberto Neves. Impacto das demandas fisiológicas e metabólicas sobre a reprodução e o bem-estar de matrizes suínas. **Acta Veterinaria Brasilica**, Pernambuco, v. 8, n. 2, p. 305-308, jan. 2014.

COSTA, A. N. Produção e bem-estar animal: aspectos técnicos e éticos da produção intensiva de suínos. **Ciência Veterinária dos Trópicos**, Recife-PE, v. 11, suplemento um, p. 43-48, 2008.

CUNHA, E. C. P, 2015. **Avaliação de diferentes sistemas de alojamento durante a gestação de leitões nas lesões, desempenho reprodutivo e peso dos leitões ao nascimento**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias.

CUNHA, E. C. P.; MENEZES, T. A.; BERNARDI, M. L.; MELLAGI, A. P. G.; ULGUIM, R. R.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F. P. Reproductive performance, offspring characteristics, and injury scores according to the housing system of gestating gilts. **Livestock Science**, 2018

DIAS, C. P. **Bem-estar na suinocultura**. 2014. 412f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

DIAS, Cleandro Pazinato et al. Panorama brasileiro do bem-estar de suínos. **Rev. Acad. Ciênc. Anim**, v. 16, p. e161101, 2018.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **USDA.gov - United States Department of Agriculture**. 2022

FAWC. (2009). *Farm animal welfare in Great Britain: Past, present and future*. England: Farm Animal Welfare Council.

FERREIRA, A. H.; CARRARO, B.; DALLANORA, D.; MACHADO, G.; MACHADO, I. P.; PINHEIRO, R.; ROHR, S. **Produção de suínos: teorias e práticas**. Brasília: ABCS, p. 23, 2014.

GALVÃO, Andria Tavares *et al.* Bem-estar animal na suinocultura: revisão. **PUBVET**, v. 13, p. 148, 2019.

HANSEN, Vitória. **Modelagem de exigências nutricionais de porcas gestantes e lactantes utilizando o INRAPORC**. Medicina Veterinária – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

JANG, J. C.; JIN, H. S. S.; KIM, Y. Y. Comparing gestating sows housing between electronic sow feeding system and a conventional stall over three consecutive parities. **Livestock Science**, 2017.

KARLEN G. A. M., HEMSWORTH P. H., GONYOU, H. W., FABREGA E., STROM A. D., SMITS R. J. The welfare of gestating sows in convencional stalls and large groups on deep litter. **Applied Animal Behavior Science**, v. 105, p. 87-101, 2007.

KEMP, B.; SOEDE, N. M. Reproductive Issues in welfare- friendly housing systems in Pig Husbandry: a review. **Reproduction in Domestic Animals**, v.47, n SUPPL. 5, p. 51-57, 2012.

KIM, S. W.; ALMEIDA, F. Nutrição e alimentação da fêmea gestante. In: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, **Produção de suínos: teoria e prática**. Brasília, DF, 2014. p 375-384.

KIRKWOOD, R. N.; ALTHOUSE, G. C.; YAEGER, M. J.; CARR, J.; ALMOND, G. W. Diseases of the Reproductive System. In: ZIMMERMAN, J. J.; KARRIKER, L. A.; RAMIREZ, A.; SCHWARTZ, K. J.; STEVENSON, G. W. **Diseases of Swine**. 10. ed., cap. 20, p. 329-347, 2012.

KUMMER, A. D.; SANTOS, E. F. B. O sistema de alojamento de matrizes suínas em gestação afeta o desempenho da leitegada ao nascimento? **Revista Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v. 2, p. 97-107, 2023.

LIMA, J. A. F.; OLIVEIRA, A. I. G.; FIALHO, E. T. **Suinocultura técnica**. Lavras: Editora UFLA/FAEPE. 1999.

LUDTKE, C. B., DALLA COSTA, O. A., NEVES, J. E. G., CARMO, N.; VALENTINI, R., 2012. **Avaliação dos índices de produtividade do sistema de gestação coletiva de matrizes em comparação com a gestação convencional em gaiolas**. Pôster apresentado no 2º Encuentro Regional de Investigadores en Bienestar Animal: Bienestar animal: avances y estrategias para el futuro de las especies productivas. Uruguay, Montevideú.

COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DE MATRIZES SUÍNAS GESTANTES SUBMETIDAS À GESTAÇÃO COLETIVA E GESTAÇÃO EM GAIOLAS INDIVIDUAIS

MAIA, A. P. A.; SARUBBI, J.; MEDEIROS B. B. L. *et al.* Enriquecimento ambiental como medida para o bem-estar positivo de suínos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 14, n.14, p. 2862-2877, 2013.

MARTINS, S. M. M. K *et al.* Influência da nutrição na reprodução das matrizes suínas. **Ciência Animal**, v. 25, n. 1, p. 93-108, 2015.

MAURO, P. A.; LEMME, C. F.; RIBAS, J. C. R. Comparação financeira de granjas de suinocultura com sistemas de gaiolas de gestação e de gestação coletiva. **World Animal Protection**. 2016.

MAURO, P. A.; LEMME, C. F.; RIBAS, J. C. R. Comparação financeira de granjas de suinocultura com sistemas de gaiolas de gestação e de gestação coletiva. **World Animal Protection**. 2016.

PANDORFI, Héilton. **Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo**: suinocultura de precisão. 2005. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

PERINI, J. E. G. N. **Comportamento, bem-estar e desempenho reprodutivo de matrizes suínas gestantes alojadas em baias coletivas e em gaiolas individuais**. 2017. 123 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

RIBAS, J. C.; RUEDA, P. M.; CIOCCA, J. R. P. **Guia do produtor**: gestação coletiva de matrizes suínas. São Paulo: World Animal Protection; 2015.

RIBAS, J. C. R.; NEVES, J. E. G.; MAURO, P. A.; LEMME, C. F.; RUEDA, P.; CIOCCA, J. R. P. Gestação coletiva de matrizes suínas: visão brasileira da utilização de sistemas eletrônicos de alimentação. **World Animal Protection**, 2016.

ROSA, Lorena Silva da *et al.* Grupo genético e ordem de parte no desempenho produtivo e reprodutivo de matrizes suínas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, n. 16, p. 47-56, 2015.

SANTOS, W. G. **Comportamento de matrizes suínas em gestação submetidas a diferentes tipos de alojamento e condições de sazonalidade**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG, 2013.

SARUBBI, J.; LORINI, D.; MOURA, D. J.; MAIA, A. P. A.; MEDEIROS, B. B. L. Ionização de instalações para suínos em fase de creche: efeitos na qualidade do ar. CONGRESSO ABARAVES, XV, 2011, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABRAVES, 2011.

SCHENKEL, A. C.; BERNARDI, M. L.; BORTOLOZZO, F. P.; WENTZ, I. Quais as principais características das fêmeas que manifestam a síndrome do segundo parto?. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.35, p.63-72, 2007

SILVA, I. J. O. da, PANDORFI, H.; e PIEDADE, S. M. de S. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. **Revista Brasileira De Zootecnia**, 37(7), 1319-1329, 2008.

WHITTAKER, A. L.; KENNAWAY, D. J.; PLUSH, K. J.; TERRY, R. W.; VAN WETTERE, H. E. J. Effects of space allocation and parity on selected physiological and behavioural measures of well-being and reproductive performance in group-housed gestating sows. **Livestock Science**, 176. p.161-165, 2015.

ZANGERONIMO, Márcio Gilberto; OBERLENDER, Guilherme; MURGAS, Luis David Solis. Efeito da nutrição na reprodução em marras: revisão de literatura. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, Garça, São Paulo, v. 20, p. 1-20, 2013.

Construção de uma bancada didática para práticas de automação industrial

Construction of a didactic bench for industrial automation practices

MURILO MACHADO DE MATOS
Discente de Engenharia Elétrica (UNIPAM)
E-mail: murilomachado@unipam.edu.br

GASPAR EUGENIO OLIVEIRA RAMOS
Professor orientador (UNIPAM)
E-mail: gasparramos@unipam.edu.br

Resumo: Este projeto tem como objetivo construir uma bancada didática de automação industrial utilizando o CLP Clic02, destinada aos estudantes de Engenharia Elétrica do UNIPAM, com a intenção de integrar teoria e prática na formação acadêmica. A bancada será composta por diversos componentes, incluindo sensores indutivos, capacitivos e outros dispositivos, permitindo a simulação e o projeto de sistemas de automação industrial. Ao proporcionar aos alunos a oportunidade de aplicar conhecimentos teóricos em atividades práticas relevantes, o projeto visa enriquecer significativamente sua formação e prepará-los para os desafios do mercado de trabalho no campo da automação industrial. Os resultados obtidos demonstraram uma integração eficaz dos componentes, garantindo o funcionamento adequado da bancada didática. Esses resultados positivos oferecem uma ferramenta educacional valiosa, promovendo uma compreensão abrangente e prática dos conceitos de automação industrial aos alunos de Engenharia Elétrica do UNIPAM.

Palavras-chave: controlador lógico programável; didático; automação.

Abstract: This project aims to build a didactic bench for industrial automation using the Clic02 PLC, intended for Electrical Engineering students at UNIPAM, with the intention of integrating theory and practice in academic education. The bench will be composed of various components, including inductive, capacitive sensors, and other devices, allowing simulation and design of industrial automation systems. By providing students with the opportunity to apply theoretical knowledge in relevant practical activities, the project aims to significantly enrich their education and prepare them for the challenges of the job market in the field of industrial automation. The results obtained demonstrated an effective integration of the components, ensuring the proper functioning of the didactic bench. These positive results offer a valuable educational tool, promoting a comprehensive and practical understanding of industrial automation concepts to Unipam's Electrical Engineering students.

Keywords: programmable logic controller; didactic; automation.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Roggia e Fuentes (2016), a humanidade, desde os seus primórdios, sempre procurou uma forma de criar ferramentas que facilitassem a execução de alguma tarefa. De maneira análoga, a automação industrial surgiu com o mesmo propósito, pois ela relaciona diferentes componentes de um processo para se comunicarem sem intervenção humana, agilizando tarefas e trazendo economia, repetibilidade e segurança no processo.

A automação industrial só foi possível quando os avanços tecnológicos na área de circuitos integrados (CI's) e microprocessadores possibilitaram a criação de componentes eletrônicos que podiam ser programados com linguagem de programação. O processo de automatizar consiste em utilizar uma Unidade Central de Processamento (UCP) para processar os dados do sistema e tomar decisões automáticas quando as condições estabelecidas forem cumpridas. Tais microprocessadores são encontrados em computadores, placas de desenvolvimento, controladores lógicos programáveis (CLP), entre outros. (Roggia; Fuentes, 2016).

Conforme Oliveira (2006), por ser muito eficiente e versátil, o CLP se difundiu bastante em aplicações industriais, sendo hoje um dos controladores mais utilizados nas indústrias. Considerando-se todas as suas características positivas, o CLP se tornou objeto de estudo na disciplina de automação industrial, sendo um componente essencial na maioria das aplicações.

Segundo Carvalho (2018), a otimização de recursos didáticos, ou seja, a associação entre conceitos adquiridos em aulas teóricas com atividades práticas, é de grande relevância para a educação do estudante de graduação, pois o estimula buscar novos conhecimentos de forma independente.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho consistiu em construir uma bancada didática de automação industrial usando o CLP Clic02, que serve como material de estudo para os estudantes de graduação em Engenharia Elétrica do UNIPAM.

A construção da bancada didática envolveu a instalação de componentes como sensor indutivo, sensor capacitivo, botoeiras de pulso, chave seletora, leds de monitoramento etc. Esses componentes permitem simular, testar e projetar sistemas no âmbito da automação industrial, utilizando o CLP como ferramenta de processamento de dados de entrada e dados de saída.

2 REVISÃO TEÓRICA

Segundo Roggia e Fuentes (2016), a automação industrial é tida como um sistema de controle em que seus próprios componentes verificam a operação do sistema, realizando medições e, por meio delas, aplicando correções sem a necessidade de um operador. Dessa maneira, inúmeros mecanismos de acionamento e movimentação podem ser utilizados, como os dispositivos elétricos (motores, eletroválvulas, válvulas solenoides), pneumáticos (válvulas e cilindros pneumáticos), hidráulicos (válvulas e cilindros hidráulicos) e mecânicos (correias, engrenagens, polias).

A automação surgiu com a necessidade de criar sistemas que fossem econômicos, eficientes e versáteis, substituindo o esforço físico repetitivo e garantindo

um alto grau de repetibilidade do processo produtivo. Dessa maneira, os instrumentos de medição surgiram com a necessidade de obter informações do processo para tomada de decisão (Ribeiro, 1999).

Conforme Silva (2017), o processo da automação só foi possível com o surgimento dos circuitos integrados (CI's) e dos microprocessadores, de forma que essa nova tecnologia possibilitava, por meio de linguagens de programação, programar uma unidade central de processamento (UCP), também conhecido como CPU, para realizar uma ação específica com base em condições.

Para o dimensionamento de um sistema automático, são necessários elementos básicos de operação, como os computadores. Eles são compostos por microprocessadores, possuindo uma elevada capacidade de processamento e armazenamento de dados, podendo controlar o sistema de automação (Rocha, 2021).

Além dos computadores, existem dispositivos conhecidos como CLP's (controladores lógicos programáveis), que podem ser utilizados na automação de processos. Tais dispositivos, em conjunto com sensores e atuadores, fazem com que seja possível a automação de processos.

2.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O CLP, descrito na Figura 1, é um dispositivo eletrônico digital que, através de uma linguagem de programação, pode ser programado para executar funções lógicas, operações aritméticas, contagem, temporização, entre inúmeras outras funções. Possui entradas analógicas e digitais para aquisição de dados e saídas para realizar o acionamento de outros dispositivos que compõem o processo (Roggia; Fuentes, 2016).

Figura 1 – Controlador Lógico Programável (CLP)



Fonte: WEG, 2023¹

Segundo Oliveira (2006), devido a sua facilidade de uso e capacidade de processamento, os CLP's têm sido bastante utilizados principalmente nas indústrias e, por esse motivo, foram sendo melhorados a cada geração de fabricação. Conforme cita Quinto (2021), os CLP's da 5ª geração têm protocolos que facilitam a comunicação com equipamentos de fabricantes diferentes, por meio de sistemas supervisórios e redes

¹ Disponível em: <https://www.weg.net>




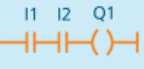
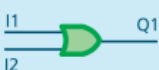
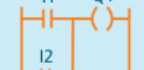
internas de comunicação. Dessa maneira, são capazes de realizar a comunicação com outros CLP's, sensores, atuadores, receber sinais, realizar conversões e, com o auxílio de outros *softwares*, monitorar e controlar o processo por meio de um computador.

Segundo Natale (2018), a arquitetura de um CLP consiste em uma CPU para realizar o processamento dos dados, fonte de alimentação, módulos de entrada e saída (I/O) e a base, que é responsável por realizar a conexão mecânica e elétrica entre esses componentes. Os módulos de I/O fazem a conexão física entre módulos externos e a CPU do CLP, realizando diversas funções específicas. Conforme cita Ribeiro (1999), os módulos externos mais utilizados são discretos, digitais, contador, BCD, inteligentes, comunicação, controle, rede, IHM e analógicos.

Segundo Roggia e Fuentes (2016), para que o CLP execute a função desejada, é necessário, através de um *software*, programar sua sequência de ações com base em condições. Para isso, é usada uma linguagem de programação de alto nível que se aproxima da linguagem humana e facilita o processo de automação. As linguagens que são mais usadas no CLP são: lista de instruções, diagrama de blocos e diagrama de contatos (ladder), sendo a última a mais utilizada atualmente.

A linguagem ladder é uma forma de programação gráfica com símbolos e, como podem ser vistos na Figura 2, os diagramas são compostos por duas linhas verticais e linhas horizontais, em que as instruções podem ser contatos, bobinas, contadores, temporizadores, etc.

Figura 2 – Simbologia e representação do diagrama de contato

Representação das funções lógicas básicas no diagrama ladder			
Função	Equação	Símbolo	Diagrama de contatos
NOT NÃO	$Q1 = \bar{I1}$		
AND E	$Q1 = I1 \cdot I2$		
OR OU	$Q1 = I1 + I2$		

Fonte: Roggia e Fuentes, 2016.

2.2 SENSORES

O sensor é um tipo de elemento que apresenta sensibilidade a uma forma de energia do ambiente (energia cinética, sonora, térmica etc.), relacionando as grandezas buscadas, como temperatura, corrente, pressão, vazão e posição. Os sensores podem ser divididos em analógicos e digitais. Os analógicos são usados para medir uma grandeza física que apresenta valores diferentes ao longo do tempo e apresentando como saída um valor de tensão, corrente ou resistência. Os digitais medem a ocorrência ou não de

um evento, tendo como saída apenas dois estados, 0 (off) ou 1(on) (Roggia; Fuentes, 2016).

Conforme destaca Roggia e Fuentes (2016), os sensores capacitivos, Figura 3, são dispositivos utilizados para detectar proximidade de materiais orgânicos, pós, plásticos, líquidos, metais e não metais, entre outros. Seu modo de funcionamento consiste na geração de um campo elétrico por um oscilador controlado por capacitor. Dessa maneira, quando um objeto se aproxima do sensor, o dielétrico do meio se altera, variando o valor da capacitância, com essa alteração acionando o valor de saída.

Figura 3 — Sensor Capacitivo



Fonte: WEG, 2023²

Já os sensores indutivos, Figura 4, são usados para detectar a presença de objetos metálicos e seu funcionamento se dá pela geração de um campo eletromagnético por uma bobina presente na face sensora. Quando o objeto metálico se aproxima, ele absorve a energia do campo e diminui a amplitude do sinal, que é normalmente gerado no oscilador, acionando, dessa forma, o valor de saída (Roggia; Fuentes, 2016).

Figura 4 — Sensor Indutivo



Fonte: WEG, 2023³

2.3 ATUADORES

Conforme Nepin (2022), os atuadores são tipos de dispositivos responsáveis por produzir movimento, ou seja, convertem energia proveniente da eletricidade, de fluídos ou do ar para gerar energia cinética. Há três tipos distintos de atuadores: elétricos, pneumáticos e hidráulicos.

² Disponível em: <https://www.weg.net>

³ Disponível em: <https://www.weg.net>

CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA PRÁTICAS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

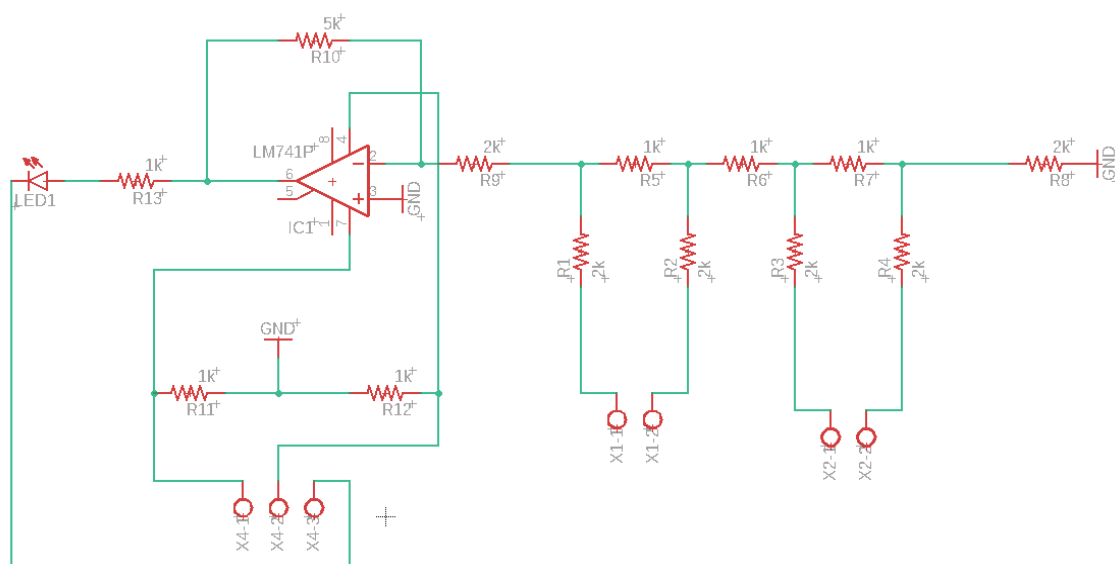
Os atuadores possuem aplicações que podem ser utilizadas com um CLP, pois geralmente estão conectados às saídas de um CLP e, com base na resposta de sensores, desempenham funções específicas em um processo, como acionamento de válvulas solenoides, controle de motores, gerenciamento de iluminação e qualquer outro dispositivo que requeira um mecanismo de ação por meio de lógica de controle (Jack, 2010).

3 METODOLOGIA

A bancada didática foi construída de acordo com os elementos essenciais para sua composição, como sensores, atuadores e controladores, além de dispositivos de controle manual, como botoeiras de pulso, chave seletora etc. Para o material da bancada didática, foi utilizada uma chapa de MDF de 6mm, que possui bastante resistência mecânica, durabilidade, baixo custo e, principalmente, é um material que é disponibilizado para corte a laser no Fablab. Na construção da bancada, foram utilizados os seguintes componentes: Sensor capacitivo NA; Sensor indutivo NF; Conversor D/A 4 bits R-2R; Potenciômetro 10k; LDR; Encoder; Chaves seletoras 2 posições; Botoeiras de pulso; LED's indicadores de estado; CLP Clic02 WEG 12HR-D; Micro Motor DC Akiyama 12V 12500 RPM.

O conversor D/A (Digital-Analógico) de 4 bits do tipo R-2R é um tipo específico de circuito usado para converter dados digitais (representados em forma binária) em sinais analógicos correspondentes. Ele foi construído, conforme o circuito exibido na Figura 5, utilizando resistores e amplificador operacional (Amp. Op.). Essa tensão analógica de saída é utilizada para acionar dispositivos analógicos, como motores, transdutores ou atuadores que requerem um sinal analógico para operar.

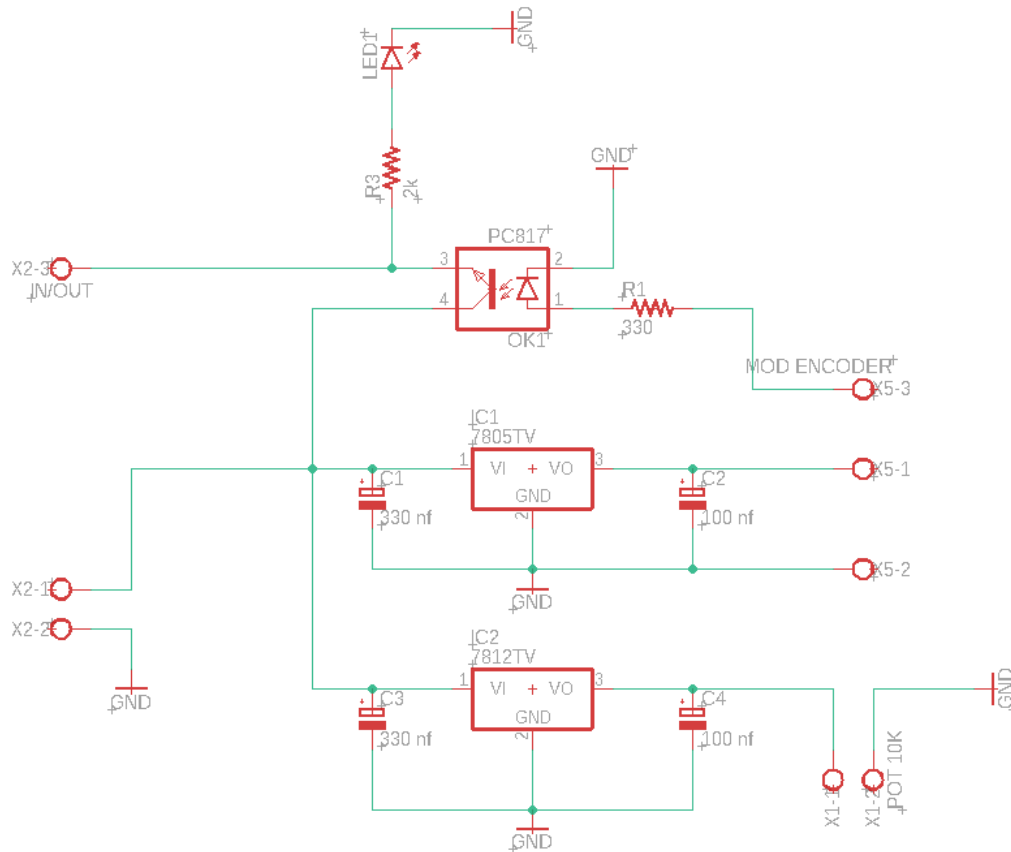
Figura 5 — Circuito utilizado na construção do conversor D/A 4 bits R-2R



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Um encoder óptico é um dispositivo sensor usado para medir a velocidade angular, posição e direção de rotação de um eixo ou eixo rotativo em sistemas mecânicos ou de automação. Dessa forma, com base no circuito demonstrado na Figura 6, foi projetado um encoder que permite mensurar a velocidade de rotação do micro motor DC instalado na bancada, mensurando os pulsos de saída do sensor em cada rotação completa. Além disso, o circuito da Figura 6 possui alimentação para o potenciômetro, que é responsável por controlar a velocidade de rotação do micro-motor DC.

Figura 6 – Circuito utilizado na construção do encoder e na alimentação do micro-motor DC



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Componentes como bornes, botoeiras de pulsos, CLP, chave seletora, Led's e outros foram instalados na bancada utilizando fixadores, como porcas, arruelas e parafusos e trilho DIN.

Um dos objetivos principais deste trabalho, além da construção da bancada e componentes auxiliares, foi o desenvolvimento de um manual de utilização da bancada. Dessa maneira, o manual foi desenvolvido abordando as informações cruciais para operação da bancada didática, com detalhes sobre o processo de comunicação e utilização do CLP. Além disso, foi desenvolvido um capítulo dedicado a experimentos práticos para serem realizados na bancada, abordando diversas funções e sistemas do mundo real onde a automação industrial é presente.

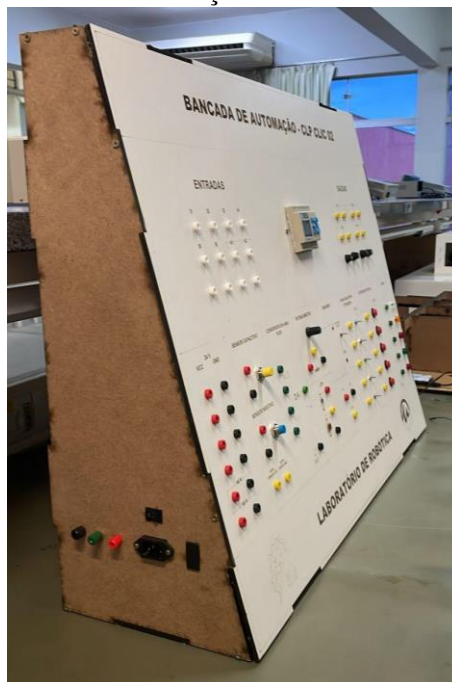
4 RESULTADO

O objetivo deste projeto consistiu no desenvolvimento de uma bancada didática de automação industrial e um manual com informações essenciais e experimentos práticos para serem realizados na bancada. O desenvolvimento do projeto foi embasado na justificativa pedagógica, considerando a disponibilidade do projeto como um todo para os alunos da Engenharia Elétrica, reforçando os conhecimentos obtidos durante a graduação, em especial na disciplina de Automação Industrial.

A primeira etapa do projeto envolveu uma análise detalhada para a definição dos componentes que seriam integrados à bancada de automação industrial. Isso incluiu uma revisão dos requisitos do sistema e das especificações técnicas para determinar quais componentes seriam necessários para atender aos objetivos do projeto. Uma vez definidos os componentes, foi realizada a medição precisa dos diâmetros e dimensões de cada componente, garantindo uma integração adequada e eficiente na bancada. Essas medidas foram utilizadas para elaborar um projeto CAD de corte a laser da bancada MDF 6 mm, apresentando um resultado positivo devido à precisão de corte.

A segunda etapa envolveu a fixação física de todos os componentes na bancada. Isso incluiu a montagem estrutural dos componentes de acordo com o layout e o projeto preestabelecidos. Além da fixação, foi realizada a conexão desses componentes através da soldagem de fiação nos terminais, abrangendo a ligação entre os bornes de entrada, saída e alimentação do Clic02. Por meio de um teste de continuidade, todas as soldas e conexões realizadas foram verificadas com o uso de um multímetro, garantindo que todos os componentes estivessem conduzindo energia e estivessem prontos para uso. A Figura 7 demonstra a instalação finalizada dos componentes que compõem a bancada didática de automação industrial.

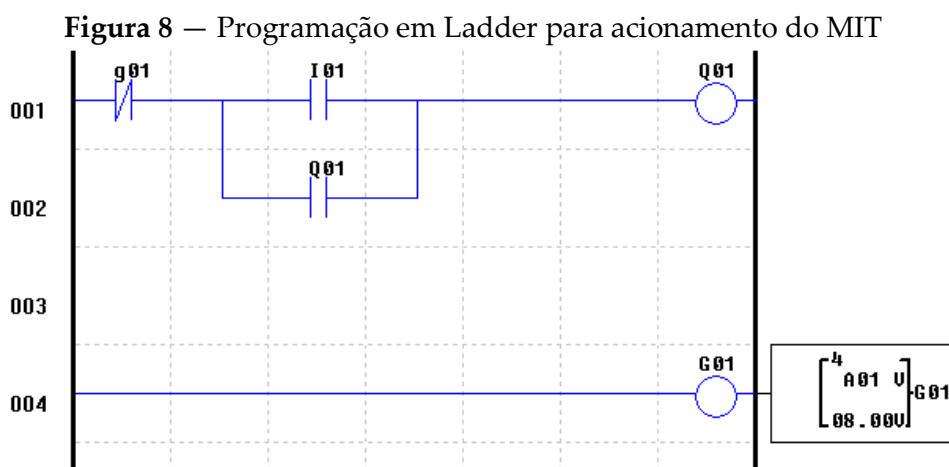
Figura 7 — Bancada de automação montada ao fim da etapa 2



Fonte: elaborada pelos autores, 2023.

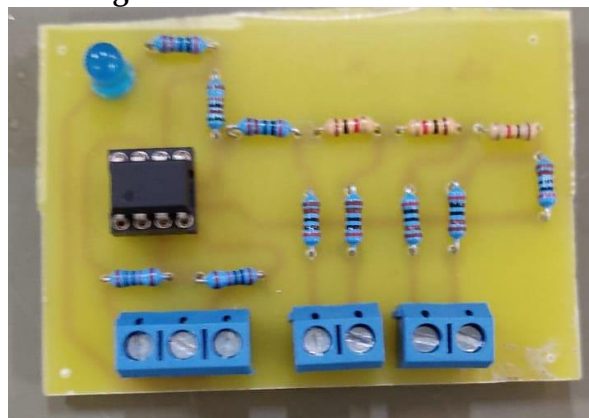
Após a conclusão dessas etapas, uma prática foi conduzida, na qual o motor de indução trifásico (MIT) foi acionado. Para isso, foram utilizados sensores indutivos e capacitivos como mecanismo de partida direta.

O código elaborado no CLP para executar o teste prático está evidenciado na Figura 8 e foi desenvolvido na linguagem Ladder. Nele, o sensor capacitivo (NA) foi designado como a botoeira de ligar, enquanto o sensor indutivo (NF) foi atribuído como a botoeira de desligar, seguindo uma lógica semelhante à de uma partida direta de motores. A variável I01 representa os dados de entrada do sensor capacitivo, G01 representa os dados de entrada do sensor indutivo e Q01 representa a saída, que é responsável por energizar a bobina de um contator e partir o MIT. O resultado foi positivo, demonstrando que a bancada foi montada corretamente e está operando conforme o esperado.



A terceira etapa consistiu na construção dos dispositivos eletrônicos auxiliares, sendo eles o conversor DAC R-2R e o encoder para ser utilizado com o micro motor DC. Eles foram construídos de acordo com os esquemáticos destacados na Figura 5 e Figura 6, respectivamente. O projeto construído do conversor digital-analógico é destacado na Figura 9.

Figura 9 — Conversor DAC R-2R

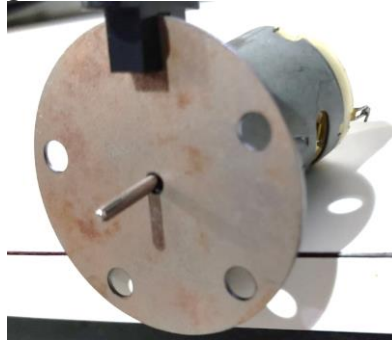


Fonte: arquivo dos autores, 2023.

CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA PRÁTICAS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

O projeto do sistema do encoder inclui o módulo encoder, composto por um LED emissor e um receptor, responsáveis por detectar a interrupção do feixe de luz. Além disso, envolve o uso de um micro-motor DC e uma chapa metálica perfurada, que impedem que o feixe de luz seja detectado pelo emissor, contando uma rotação completa do sistema. A cada rotação completa do motor, um sinal é enviado para o CLP, o qual processa os dados e os converte para rotação por minuto (rpm). O projeto construído do encoder é destacado na Figura 10.

Figura 10 – Conversor DAC R-2R



Fonte: arquivo dos autores, 2023.

Após o desenvolvimento e a construção dos componentes, eles foram testados em prática e verificou-se o funcionamento correto.

A quarta e última etapa consistiu no desenvolvimento de um manual direcionado aos alunos que utilizarão a bancada. O objetivo desse manual é tornar mais acessível o entendimento dos procedimentos necessários para uma utilização eficaz da bancada, fornecendo instruções detalhadas e passo a passo sobre como conectar os diversos componentes, configurar as definições adequadas e realizar os experimentos propostos. Foram criadas cinco práticas que abordam questões comuns na indústria, permitindo que os alunos aprendam a maioria das funções disponíveis no Clic02. A estruturação do manual está ilustrada na Figura 11.

Figura 11 — Sumário do manual de utilização da banda didática de automação

Sumário	
1 OBJETIVOS	3
2 CONHECENDO O CLIC02.....	4
3 SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO	5
3.1 Instalação.....	5
3.2 Conexão.....	6
3.3 Operação	6
4 PRÁTICAS DE AUTOMAÇÃO	10
4.1 Controle de nível de tanque.....	11
4.2 Partida direta de motor usando sensores	12
4.3 Envasamento de bebidas	13
4.4 Remoção de garrafas vazias de uma esteira	14
4.5 Controle de iluminação de semáforos em um cruzamento.....	15
5 APRENDENDO LADDER.....	16
6 PROJETO CONVERSAR D/A R-2R	18
6 PROJETO ENCODER.....	19
7 RESOLUÇÃO DAS PRÁTICAS.....	20

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão deste projeto de desenvolvimento da bancada didática de automação industrial e elaboração do manual de experimentos é um marco importante para os alunos de Engenharia Elétrica do UNIPAM. O resultado desse esforço conjunto representa não apenas a criação de um recurso valioso para aprimorar o aprendizado dos alunos, mas também uma oportunidade para fortalecer suas habilidades práticas e teóricas no campo da automação industrial.

Este projeto não apenas reforça os conhecimentos adquiridos durante a graduação, especialmente na disciplina de automação industrial, mas também oferece uma oportunidade única para os alunos aplicarem esses conhecimentos na prática. A disponibilidade do manual de experimentos, juntamente com as práticas propostas, permite que os alunos explorem e compreendam de forma abrangente as funcionalidades da bancada, preparando-os para desafios futuros na indústria.

Além disso, a estruturação do manual de forma clara e detalhada, juntamente com a abordagem de questões comuns na indústria, oferece uma experiência educacional completa e enriquecedora. Os alunos poderão não apenas aprender a utilizar os diversos componentes da bancada, mas também desenvolver habilidades práticas essenciais para sua formação profissional.

Em suma, este projeto não apenas beneficiará os alunos de Engenharia Elétrica do UNIPAM, fornecendo-lhes um recurso valioso para aprimorar seu aprendizado e desenvolver suas habilidades práticas, mas também contribuirá para o fortalecimento do programa acadêmico como um todo, ao oferecer uma experiência educacional de alta qualidade e relevância no campo da automação industrial.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, J. M D. **Utilização de bancada didática de simulação de defeitos na UC de instalações industriais**: uma abordagem inspirada na aprendizagem baseada em problemas. Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Florianópolis/SC. 2018.

JACK, H. **Automating manufacturing systems with PLCs**. S. L.: S.N, 2010.

NATALE, F. **Automação industrial**: Série Brasileira de Tecnologia. 10. ed. São Paulo: Saraiva Educação S. A., 2018.

NEPIN. **Atuadores**: o que são e para o que servem. 17 fev. 2022. Disponível em: <https://www.nepin.com.br/blog/solucoes-industriais/atuadores-o-que-sao-e-para-o-que-servem/>.

OLIVEIRA, Diego Santos. **Automação dos experimentos do Laboratório de Instalações Elétricas**. 2006.

QUINTO, Hugo Oliveira Andrade. **Construção de uma bancada didática para práticas de automação industrial**. [manuscrito], 2021. 70 f.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Automação industrial**. 4. ed. Salvador: Outono, 1999.

ROCHA, Genir dos Santos. **Automação industrial**: desenvolvimento de uma bancada didática, esteira transportadora, contadora e seletora de peças. Jataí: IFG, Departamento de Processos Industriais – Engenharia Elétrica, 2021.

ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Automação industrial**, 2016.

SILVA, Derlone Araújo Jarcelon. **Desenvolvimento e construção de processadores**: uma breve história da micro a nanotecnologia. São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2017.

SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Controlador lógico programável**. Piracicaba, 2007. 40p. Apostila.

Controle químico e biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* *sclerotiorum in vitro*

Chemical and biological control of Sclerotinia sclerotiorum in vitro

RAFAELA CAMILA BONTEMPO

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: rafaellabomtempo@unipam.edu.br

LUCAS DA SILVA MENDES

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: lucassm@unipam.edu.br

Resumo: O mofo-branco, causado pelo patógeno *Sclerotinia sclerotiorum*, representa uma ameaça significativa para diversas culturas. Dessa forma, para o manejo da doença devem-se adotar medidas que reduzam o inóculo, utilizando métodos de controle químico e biológico. Este estudo objetivou avaliar a eficiência de *Trichoderma harzianum*, Fluazinam, Tiofanato Metílico e Procimidona no controle do mofo-branco. O estudo foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia do Unipam, com seis tratamentos e oito repetições cada: T1: controle, T2: *T. Harzianum*, T3: Fluazinam, T4: Tiofanato Metílico, T5: Procimidona e T6: Procimidona + Fluazinam. As análises do crescimento micelial do patógeno foram realizadas no quarto e quinto dia após a instalação do experimento. Os métodos mais eficientes foram Tiofanato Metílico, Fluazinam + Procimidona e Fluazinam, todos demonstrando resultados semelhantes em todas as avaliações. Já o *Trichoderma harzianum* apresentou eficácia apenas na segunda avaliação, enquanto os outros métodos mantiveram um desempenho contínuo.

Palavras-chaves: inóculo; mofo-branco; patógeno.

Abstract: White mold, caused by the pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*, poses a significant threat to various crops. Therefore, disease management measures should be adopted to reduce inoculum, using chemical and biological control methods. This study aimed to evaluate the efficacy of *Trichoderma harzianum*, Fluazinam, Thiophanate Methyl, and Procymidone in controlling white mold. The study was conducted at the Plant Pathology Laboratory of Unipam, with six treatments and eight repetitions each: T1: control, T2: *T. harzianum*, T3: Fluazinam, T4: Thiophanate Methyl, T5: Procymidone, and T6: Procymidone + Fluazinam. Analyses of the pathogen's mycelial growth were performed on the fourth and fifth day after the experiment was set up. The most efficient methods were Thiophanate Methyl, Fluazinam + Procymidone, and Fluazinam, all demonstrating similar results in all evaluations. *Trichoderma harzianum* showed efficacy only in the second evaluation, while the other methods maintained consistent performance.

Keywords: inoculum; white mold; pathogen.

1 INTRODUÇÃO

O mofo-branco é uma doença causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, conhecido mundialmente por sua agressividade. Esse patógeno pode causar danos significativos em diversas culturas de importância econômica, demonstrando grande versatilidade ecológica e vasta adaptação a diferentes ambientes (Kreyci, 2016).

Esse fungo se reproduz de forma assexuada por meio de micélio, formando hifas brancas ou marrons que podem penetrar na cutícula do hospedeiro (Silva, 2007). A reprodução sexuada ocorre na forma carpogênica, com a formação de apotécios que produzem ascósporos. Estes ascósporos são liberados no ar e infectam as plantas, iniciando a maioria das epidemias causadas por este fungo (Santos, 2021).

Para combater esse fungo, são utilizados agentes biológicos capazes de se estabelecer, colonizar e se dispersar no ecossistema. Nesse contexto, pesquisadores buscam microrganismos com potencial biológico, visando reduzir o uso de fungicidas sem comprometer a produtividade agrícola (Ávila *et al.*, 2005). A utilização do controle biológico pode ser justificada por representar um passo em direção a uma produção mais limpa e sustentável (Morandi; Bettiol, 2009). Desse modo, os programas de controle biológico devem priorizar a seleção de microrganismos potencialmente antagônicos ao fitopatógeno alvo (Mello *et al.*, 2007).

Um dos métodos para o controle da doença é o químico, feito por meio da aplicação de fungicidas (Reis; Casa, 2007). Esse tipo de controle se baseia principalmente no uso de compostos químicos conhecidos como fungicidas, que possuem a capacidade de matar esses organismos. O manejo do mofobranco deve realizar a adoção de medidas que tendem a reduzir o inóculo (escleródios no solo). No entanto, o uso do controle químico é um grande desafio devido às características dos patógenos e do ambiente no solo. Os fungicidas aplicados diretamente ao solo acabam sendo diluídos, fazendo com que as doses que realmente alcançam o patógeno sejam baixas (Drebes, 2022). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar e comparar a eficiência de *Trichoderma harzianum*, Fluazinam, Tiofanato metílico e Procimidona no controle do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), localizado no primeiro andar do Bloco H, em Patos de Minas, no estado de Minas Gerais.

2.1 PREPARO DO BDA (BATATA-DEXTROSE-ÁGAR)

O meio de cultura utilizado no experimento foi o meio BDA (Batata Dextrose Ágar) da Kasvi. Para o preparo de um litro de meio de cultura, utilizou-se 1000 mL de água destilada e 39 g do meio em pó. Após a pesagem do meio em pó, este foi transferido para um erlenmeyer, onde foi acrescentada a água. Em seguida, a solução do meio foi misturada com um bastão de vidro. Após a mistura, o erlenmeyer foi vedado e levado à autoclave por 20 minutos a uma temperatura de 120°C (Mello *et al.*, 2011).

2.2 OBTENÇÃO DOS ISOLADOS DE *S. sclerotiorum* E *Trichoderma harzianum*

Os isolados de *S. sclerotiorum* e *Trichoderma harzianum* utilizados neste experimento foram cedidos pelo Laboratório de Fitopatologia do UNIPAM. Os isolados foram apenas repicados para uso no experimento. Ambos os processos foram realizados em placas de Petri com meio BDA, e em seguida, essas placas foram colocadas na sala de crescimento a uma temperatura média de 25°C, por 15 dias, para a colonização.

2.3 EXPERIMENTO IN VITRO

O experimento *in vitro* foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e oito repetições, totalizando 48 parcelas.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos utilizados no controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Tratamento	Descrição	Doses
Tratamento 1	Controle	0,8 cm Ø
Tratamento 2	T. harzianum	0,8 cm Ø
Tratamento 3	Fluazinam (Zignal)	1L/ha
Tratamento 4	Tiofanato Metílico (Cercobin)	700 g/ha
Tratamento 5	Procimidona (Sumilex)	1 kg/ha
Tratamento 6	Fluazinam e Procimidona (Zinal+ Sumilex)	1 L/ha + 1 kg/ha

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

2.4 APLICAÇÃO DOS MICRORGANISMOS NA PLACA

A partir das colônias formadas entre o patógeno e o fungo *Trichoderma harzianum*, foi realizada a técnica de pareamento de colônias. Primeiramente, foi transferido um disco de 0,8 cm de diâmetro do patógeno e do T. harzianum para a placa de Petri com meio BDA, a uma distância de 1,5 cm da borda, cada um. Em seguida, essas placas foram colocadas em um ambiente a 25°C (Remuska e Dalla-Pria, 2007). Posteriormente, os fungicidas foram dissolvidos em meio BDA fundente para obter a concentração desejada. Após o preparo do meio de cultura e a adição dos fungicidas, estes foram homogeneizados e vertidos em placas de Petri de 9 cm de diâmetro. Assim que a solidificação ocorreu, um disco de 0,8 cm de diâmetro contendo micélio de *S. sclerotiorum* foi adicionado, com o auxílio de um vazador, ao centro da placa de Petri contendo os fungicidas químicos.

2.5 AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO

As avaliações do experimento foram realizadas no quarto e no quinto dia após a instalação, respeitando o mesmo horário. O parâmetro avaliado foi o crescimento

micelial do patógeno, por meio da medição radial do micélio com o auxílio de uma régua. Os dados foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR®.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 2, nota-se que os tratamentos Tiofanato Metílico, Fluazinam + Procimidona, Fluazinam e Procimidona não apresentaram crescimento micelial do fitopatógeno na primeira avaliação. Nessa mesma análise, o tratamento com *T. harzianum* apresentou crescimento micelial de 0,33 cm, demonstrando igualdade estatística ao controle, que indicou 1,13 cm de crescimento micelial.

Na segunda avaliação, observa-se que os tratamentos Tiofanato Metílico, Fluazinam + Procimidona e Fluazinam apresentaram resultados estatisticamente semelhantes, inibindo totalmente o crescimento micelial do fitopatógeno. Já o tratamento com Procimidona indicou crescimento micelial de 0,21 cm, *T. harzianum* de 0,34 cm, e o controle de 1,13 cm, todos diferindo estatisticamente entre si.

Tabela 2 — Crescimento micelial do fitopatógeno *S. sclerotiorum* ao quarto e quinto dia após a implantação do experimento. Patos de Minas – MG, 2024.

Tratamento	Avaliação 1		Avaliação 2	
Tiofanato Metílico	0,00	a	0,00	a
Fluazinam e Procimidona	0,00	a	0,00	a
Fluazinam	0,00	a	0,00	a
Procimidona	0,03	a	0,21	b
<i>T. harzianum</i>	0,33	b	0,34	c
Controle	1,13	b	1,66	d

*Valores com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

No estudo conduzido por Zancan *et al.* (2012), os fungicidas químicos demonstraram eficiência no controle de *S. sclerotiorum* em condições laboratoriais. Além disso, ao avaliarem *T. harzianum*, os autores obtiveram resultados semelhantes aos deste estudo, observando o crescimento do patógeno, mas com a natureza antagônica resultando na inibição total do crescimento de *S. sclerotiorum*.

No presente estudo, os resultados corroboram os de Cardoso *et al.* (2015) ao destacar a eficácia dos fungicidas Tiofanato Metílico e Fluazinam no controle do mofo-branco. No entanto, vale ressaltar uma divergência significativa, visto que no tratamento com Procimidona não se obtiveram resultados semelhantes, indicando uma variação nos efeitos desse fungicida.

Leite (2021) observou que os fungicidas Fluazinam e Procimidona conseguiram inibir completamente o crescimento micelial dos isolados de *S. sclerotiorum*. No entanto, é importante destacar que, no trabalho desenvolvido, identificou-se que o Procimidona não alcançou a mesma eficiência.

4 CONCLUSÃO

Os métodos de maior eficiência foram o Tiofanato-metílico, Fluazinam + Procimidona e Fluazinam iguais entre si em todas as avaliações feitas, já o T. harzianum foi igual ao controle e só mostrou eficiência na segunda avaliação.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, Z. R. et al. **Seleção de isolados de *Trichoderma spp.* antagônicos a *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia sclerotiorum***. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. 30p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 117).

DREBES, L. **Associação de Produtos Biológicos e Químicos no controle de doenças foliares do trigo e mofo-branco em soja**. 2022. 57 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Santa Maria, Rs, 2022.

CARDOSO, S. S. et al. **Eficiência de fungicidas no controle do mofo-branco na cultura da soja**. Scientia Agraria Paranaensis, v. 14, n. 1, p. 49-52, 2015.

KREYCI, P. F. ***Sclerotinia sclerotiorum*: características morfológicas, agressividade, sensibilidade in vitro a fungicidas e resistência de isolados a tiofanato metílico**. 2016. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.11.2017.tde-06012017-095420>.

LEITE, J. A. B. P. **Metodologias de avaliação e compatibilidade de produtos químicos e biológicos, visando o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja**. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Programa de Pós-Graduação, Instituto Biológico, São Paulo, 2021.

MELLO, S. C. M. et al. **Cepas de *Trichoderma spp.* para el control biológico de *Sclerotium rolfsii* Sacc.** Fitosanidad, Havana, v.11, p.1-11, 2007.

MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. Cap. 1, 7-14.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças dos cereais de inverno: diagnóstico, epidemiologia e controle**. 2. ed. rev. atual. Lages: Graphel, 2007. 176 p.

REMUSKA, A. C.; DALLA-PRIA, M. Efeito de *Bacillus thuringiensis* e *Trichoderma* sp. no crescimento de fungos fitopatogênicos. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v.13, n.03, p.31-36, 2007.

SANTOS, G. C. dos. **Efeito do ambiente no progresso espacial e temporal de *Sclerotinia sclerotiorum*: na cultura do feijoeiro**. 2021. 46 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais, Curitibanos, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/222019>.

SILVA, F. P. M. da. **Germinação carpopôgica de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.): de bary sob diferentes extratos e resíduos de vegetais**. 2007. 68 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados Mato Grosso do Sul, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/295>.

ZANCAN, W. L. A. *et al.* Crescimento micelial, produção e germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* na presença de fungicidas químicos e *Trichoderma harzianum*. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 782-789, set-out. 2012.

Desenvolvimento de uma bancada de acionamentos elétricos aplicando instrumentação virtual

Development of an electric drive bench applying virtual instrumentation

ADRIAN MARTINS PEREIRA

Discente de Engenharia Elétrica (UNIPAM)
E-mail: adrianmartinspereira@unipam.edu.br

MAURÍCIO DOS REIS DE ANDRADE

Discente de Engenharia Elétrica (UNIPAM)
E-mail: mauriciora@unipam.edu.br

VICTOR HENRIQUE DA CUNHA FARIA

Professor orientador (UNIPAM)
E-mail: victorhcf@unipam.edu.br

Resumo: O gerador de sinais é importante em diversas áreas da engenharia elétrica, sendo utilizado em diferentes âmbitos. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um gerador de sinais virtual utilizando o LabVIEW, que possa ser aplicado em salas de aulas e laboratórios. Para esse fim, realizou-se um estudo bibliográfico, criou-se um protótipo que gerasse as formas de onda e permitisse o controle de suas características básicas; foi implementado o recurso de customização de formas de ondas; acrescentou-se a possibilidade de salvar e carregar arquivos; foi criado o recurso de verificação do sinal de saída, realizaram-se testes de campo e validação do software. O gerador de sinais virtual desenvolvido ofereceu interface amigável ao usuário e permitiu a geração das principais formas ondas e criação de ondas personalizadas.

Palavras-chave: gerador de sinais virtual; bancada; acionamento elétrico.

Abstract: The signal generator is important in various areas of electrical engineering, being used in different contexts. The objective of this work was to develop a virtual signal generator using LabVIEW, which can be applied in classrooms and laboratories. For this purpose, a literature review was conducted, a prototype was created to generate waveforms and allow control of their basic characteristics; the feature of customizing waveforms was implemented; the possibility of saving and loading files was added; the output signal verification feature was created, field tests and software validation were performed. The developed virtual signal generator offered a user-friendly interface and allowed the generation of the main waveforms and creation of customized waves.

Keywords: virtual signal generator; bench; electric drive.

1 INTRODUÇÃO

Os motores elétricos são máquinas responsáveis pela conversão de energia elétrica em energia mecânica. Eles possuem ampla aplicação nas mais diversas atividades, em ambientes residenciais, comerciais ou industriais, realizando a movimentação e o transporte de cargas diversas. Estima-se que 38% de toda a energia consumida no Brasil sejam utilizados pelo setor industrial. Grande parte desse consumo é usado no acionamento de motores elétricos.

Em muitos cenários, quando motores elétricos são utilizados, é necessário adotar certos procedimentos com o intuito de reduzir as correntes durante o estágio inicial de acionamento. Esses procedimentos são chamados de chaves de partida; isso se deve à exigência inicial de energia elétrica ser mais elevada para vencer a inércia do motor. Durante a partida, os motores elétricos colocam uma carga adicional no sistema de alimentação, resultando em correntes consideravelmente mais altas, podendo chegar a até 10 vezes o valor nominal. Como resultado, o sistema sofre uma queda de tensão muito superior aos limites previstos para operação normal, o que pode acarretar problemas operacionais sérios nos equipamentos de controle e proteção.

Consequentemente, nos currículos dos cursos de engenharia e tecnologia, existe uma área específica dedicada ao estudo dos acionamentos de motores. Essa disciplina tem como objetivo fornecer conhecimentos sobre o funcionamento e o comportamento das máquinas. Normalmente, essas disciplinas abordam questões teóricas relacionadas ao funcionamento dos dispositivos de proteção e controle, além de incluírem aulas práticas em laboratório para a realização de testes em chaves de partida de máquinas.

É notado que os alunos, durante as aulas, possuem dificuldade no entendimento do tema, sendo assim, fica o questionamento: Seria a falta de meios práticos de demonstração do funcionamento dos mesmos, que acabaria gerando essa dificuldade notada e, ao mesmo tempo, facilitando o entendimento dos conceitos teóricos?

O objetivo geral deste projeto é desenvolver e montar uma bancada didática, aplicando instrumentação virtual para práticas experimentais de acionamentos e comandos elétricos, a fim de ser utilizada no ensino prático de disciplinas de graduação em engenharia elétrica, possibilitando aos alunos realizarem experiências práticas e aplicação dos conceitos vistos em sala de aula.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICAS (MIT)

Os motores de indução trifásicos (MIT) são dispositivos projetados com a finalidade de converter energia elétrica em energia mecânica. Esses motores utilizam o princípio da indução eletromagnética, no qual a corrente elétrica que passa pelos enrolamentos ou bobinas gera um campo magnético giratório. A intensidade desse campo magnético varia de acordo com a corrente elétrica que flui pelos enrolamentos em um determinado momento. Quando a corrente atinge seu valor máximo, o campo

magnético também atinge seu máximo de intensidade, enquanto que, em correntes mínimas ou nulas, o campo magnético se torna fraco ou inexistente.

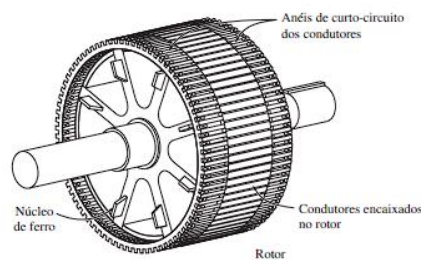
Os motores de indução trifásicos (MIT) consistem principalmente em dois componentes: o estator, que é a parte fixa, e o rotor, que é a parte girante responsável por acionar a carga mecânica (Carvalho, 2007). Como pode ser observado na Figura 1, o estator é composto por chapas de aço com espaços abertos para abrigar os enrolamentos. Por outro lado, o rotor é composto por uma lâmina de aço em uma circunferência menor em relação ao estator e pode ser encontrado em duas formas: bobinado e gaiola de esquilo, como é demonstrado na Figura 2.

Figura 1 – Estator de motor de indução típico



Fonte: Chapman, 2013

Figura 2 – Estrutura de um rotor gaiola de esquilo



Fonte: Chapman, 2013

O rotor do tipo gaiola de esquilo é composto por uma série de condutores encaixados em sua superfície, que são curto-circuitados nas duas extremidades por meio de grandes anéis. Por outro lado, o rotor bobinado possui um conjunto de enrolamentos trifásicos semelhante ao do estator, onde as três fases são geralmente conectadas em Figuração Y e suas três pontas são conectadas ao eixo do rotor (Chapman, 2013).

Como o próprio nome sugere, os MIT usam três fases para seu acionamento e funcionamento, de acordo com o número de polos do motor e o arranjo de ligação das fases aos pólos do motor definem seu sentido de giro, sendo o mais comum utilizar o motor com o sentido de giro horário, definido pela ligação das fases em ABC, e o sentido de giro anti-horário pela inversão de quaisquer uma das fases presentes na ligação (Carvalho, 2007).

Durante o acionamento de um MIT, a corrente necessária para superar o estado inicial de inércia do rotor é maior. Isso ocorre devido à resistência à mudança de

velocidade do rotor e à necessidade de vencer a força de inércia para iniciar o movimento. À medida que o MIT é ligado, a corrente elétrica aumenta, gerando um campo magnético que interage com o rotor. Essa interação causa o movimento do rotor e a geração de torque (Chapman, 2013). No estágio inicial, quando o rotor está parado, a corrente necessária é maior para vencer a inércia e iniciar o movimento. À medida que o rotor ganha velocidade, a potência exigida diminui gradualmente.

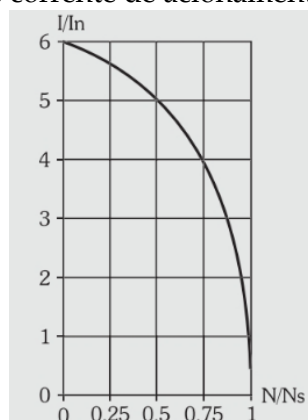
Na partida, a corrente de um MIT pode chegar a alcançar um valor de até oito vezes a corrente nominal do mesmo, o que pode afetar outros equipamentos ligados à rede elétrica; motores de até 7,5 cv podem ter suas partidas realizadas de forma direta, sem a utilização de dispositivos auxiliares, devido a um menor pico de corrente.

2.2 ACIONAMENTOS DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO (MIT)

2.2.1 Partida direta

A partida direta é o método mais simples que pode ser utilizado para partir um MIT. Essa partida consiste em ligar as fases de maneira direta ao motor. Apesar de ser simples, há alguns empecilhos devido ao fato de não ter nenhum método de conter o pico de corrente do motor, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 — Pico de corrente de acionamento do motor trifásico

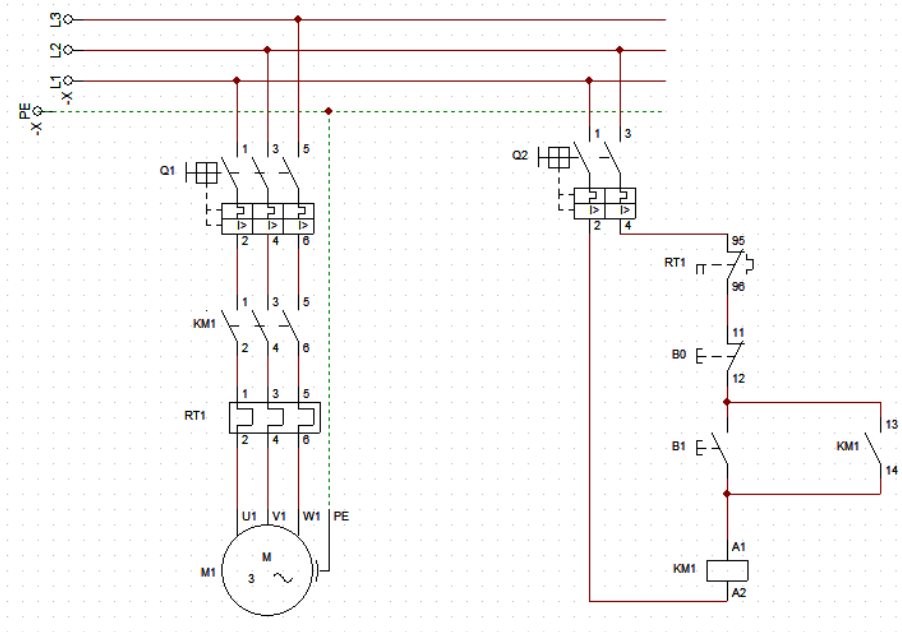


Fonte: Franchi, 2014.

O pico de corrente na partida direta diminui com o passar do tempo e com o aumento de velocidade do MIT, por esse motivo esse tipo de partida acaba gerando perturbações na rede e queda de tensão no sistema de alimentação, obrigando a instalação de cabos superdimensionados, devido ao fato de precisarem aguentar altas correntes durante a partida, não somente a corrente nominal de operação do motor (Franchi, 2014).

Apesar dessas desvantagens, a partida direta é recomendada sempre que possível, devido a sua simplicidade de acionamento, ao seu custo ser consideravelmente menor que outros métodos, por possuir menos componentes necessários, e pela sua alta eficiência, por atingir a velocidade nominal de rotação do motor imediatamente após a partida, como demonstrado na Figura 4.

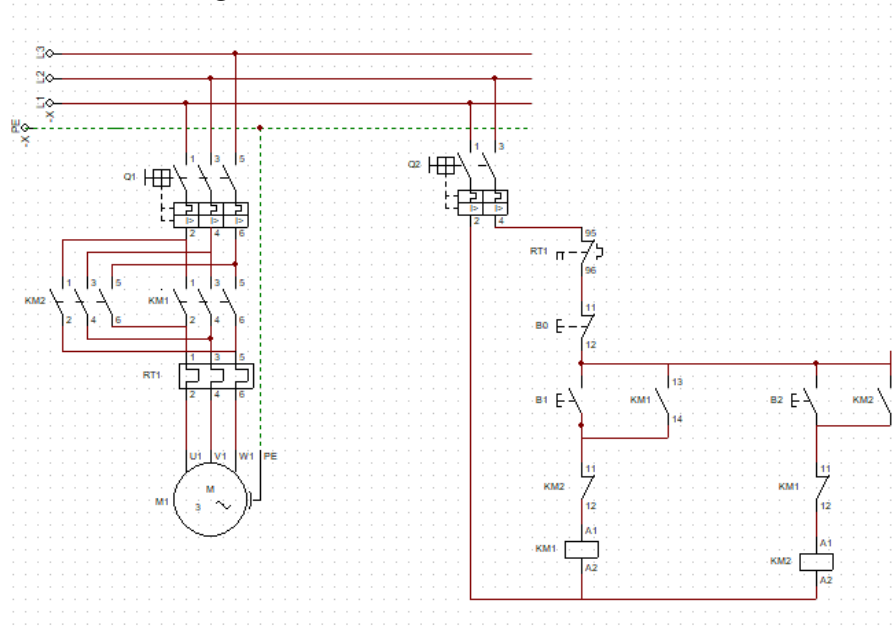
Figura 4 – Partida Direta MIT



Fonte: autoria própria, 2024.

A partida direta reversível parte do mesmo pressuposto. A única diferença é a possibilidade de controle do sentido de giro do motor, mudando apenas o esquema de montagem da sua partida, necessitando de um dispositivo para realizar a inversão das fases de ligação no motor. Seu diagrama elétrico e de comando é demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Partida Direta Reversível MIT



Fonte: autoria própria, 2024.

2.2.2 Partida estrela-triângulo

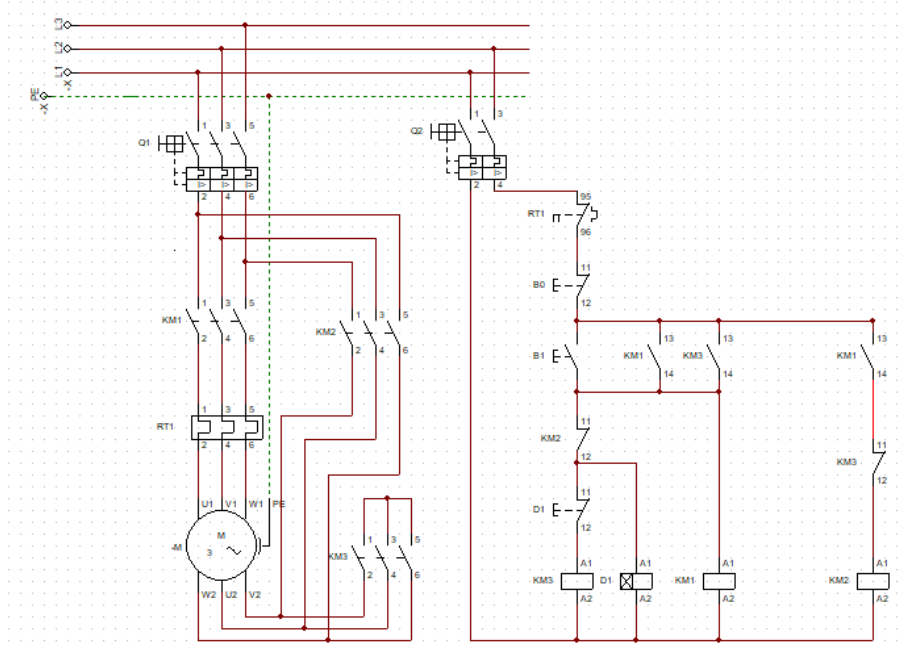
A partida estrela-triângulo é uma técnica de acionamento amplamente empregada em motores de indução trifásicos de média e alta potência. Seu objetivo é reduzir a corrente de partida do motor, minimizando assim o impacto na rede elétrica durante o processo de partida. O procedimento de partida estrela-triângulo consiste inicialmente na conexão dos enrolamentos do motor em um arranjo estrela (Y), seguido pela alteração para um arranjo triângulo (Δ) após um curto intervalo de tempo.

Essa abordagem é adequada quando o motor está operando em vazio ou com carga reduzida, pois, durante esse período, a corrente de partida é inferior à corrente nominal. O acionamento em estrela-triângulo consiste basicamente em três etapas principais:

- Partida em estrela (Y): o motor é acionado com as fases conectadas em um ponto comum formando o arranjo estrela (Y); nessa configuração, a tensão aplicada em cada fase é a tensão nominal do sistema, quando a partida no motor é acionada o motor é energizado e começa a girar em uma velocidade reduzida;
- Transição: após um curto período de tempo do motor funcionando, geralmente alguns segundos, o arranjo de conexões é alterado para triângulo (Δ); dessa forma, as extremidades das fases são interligadas, ficando em série. Durante essa troca de arranjos, ocorre uma interrupção momentânea na alimentação do motor.
- Partida em triângulo (Δ): após a mudança do arranjo do motor para triângulo (Δ), a tensão aplicada em cada fase é reduzida em cerca de um terço da tensão nominal do motor; isso resulta em uma redução significativa da corrente de partida. Após a partida, o motor continua a acelerar até atingir sua velocidade nominal e é capaz de operar em plena carga.

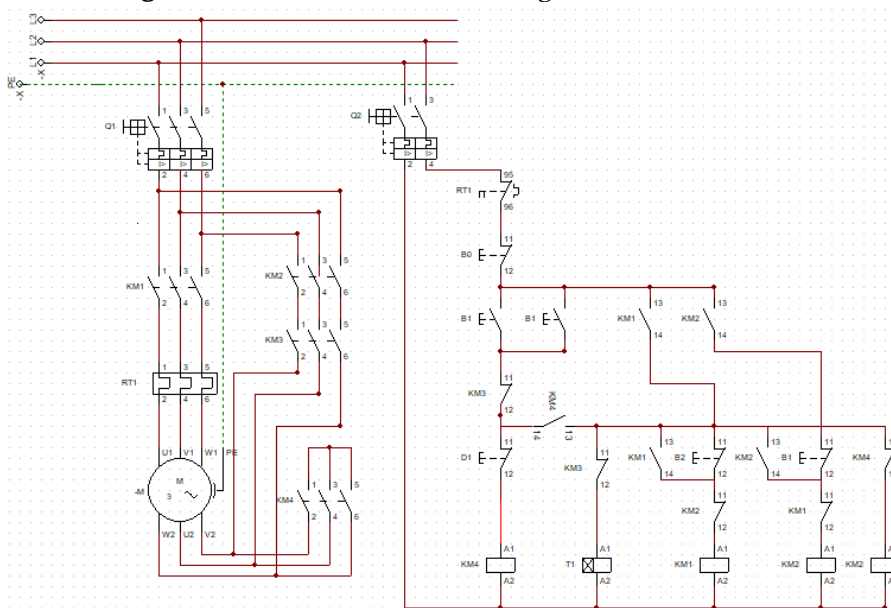
Esse tipo de partida se mostra extremamente eficaz para a redução da corrente de partida e de seu impacto na rede elétrica, porém há algumas limitações. É adequada somente para motores que possuem enrolamentos específicos projetados para esse tipo de partida e não podendo ser aplicada em motores que requerem um alto torque inicial. Além disso, a transição entre os arranjos estrela e triângulo pode resultar em uma breve interrupção na operação do motor. Seu circuito elétrico e de comando é expresso na Figura 6:

Figura 6 — Partida Estrela-Triângulo MIT



Fonte: autoria própria, 2024.

Figura 7 — Partida Estrela-Triângulo Reversível MIT



Fonte: autoria própria, 2024.

Já a partida estrela-triângulo reversível é uma modificação do método convencional de partida estrela-triângulo, permitindo ao motor ser acionado nos sentidos horário e anti-horário. Ao contrário da partida estrela-triângulo padrão, que é limitada a um único sentido de rotação, a partida estrela-triângulo reversível oferece a flexibilidade de inverter o sentido de rotação do motor.

A partida estrela-triângulo reversível requer a utilização de um dispositivo de inversão de fases, como um contato giratório, que possibilita a mudança na ordem de conexão das fases do motor. Esse dispositivo é responsável por modificar a sequência de ligação das fases, garantindo que o motor seja acionado no sentido desejado. O diagrama desse modo de partida pode ser observado na Figura 7.

Como visto nos diagramas de partida, existem alguns componentes insubstituíveis para poder partir os motores com segurança, tanto para a rede quanto para o ser humano. Há uma variedade de componentes com essa finalidade; entre eles, podem ser citados botoeiras, sinaleiros, contatores, relés e disjuntores.

2.3 COMANDOS ELÉTRICOS

Comandos elétricos são conjuntos de técnicas e dispositivos empregados para controlar o funcionamento de equipamentos e sistemas industriais. Esses comandos se baseiam em princípios eletromagnéticos, eletrônicos e de automação, visando iniciar, parar, regular ou proteger máquinas e processos. Os comandos elétricos englobam componentes essenciais como relés, contatores, temporizadores, botões e sinaleiros, entre outros. Esses elementos são interligados por meio de fiação elétrica, formando circuitos de controle que permitem acionar e controlar os equipamentos.

Existem diferentes formas de implementar os comandos elétricos, como sistemas de partida direta, partida estrela-triângulo, soft starters e inversores de frequência. A escolha do método de controle é baseada nas exigências específicas do equipamento ou processo a ser controlado. Dentre os componentes utilizados no desenvolvimento, projeto e montagem de comandos elétricos alguns se destacam sendo mais comumente aplicados (NBR IEC 60947, 2020).

As botoeiras são dispositivos eletrônicos ou eletromecânicos utilizados para acionar sistemas que têm funções específicas dentro de automações. As botoeiras possuem diferentes tipos, formatos e aplicações dentro de sistemas automatizados.

Figura 8 — Botoeira com retenção Schneider



Fonte: Schneider Electric, 2023¹

Os sinaleiros são dispositivos que têm como objetivo indicar o estado do processo, como, por exemplo, se ele se encontra energizado, se está em operação normal,

¹ Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/product/>

se encontra parado devido a algum problema, entre outros. Eles podem ser apenas luminosos ou luminosos e sonoros, e a aplicação de cada um deve ser feita de acordo com a necessidade do processo. Os sinaleiros têm diferentes cores, tamanhos e padrões.

Figura 9 – Sinaleiro WEG



Fonte: WEG, 2023²

Os contatores são dispositivos eletromecânicos utilizados para o acionamento e controle de determinados tipos de circuitos que demandam alta potência e geralmente trifásicos, como motores elétricos de indução por exemplo. Eles consistem basicamente de uma bobina e de contatos, podendo eles serem contatos principais e auxiliares, tendo o acionamento da bobina sendo realizado através de contatos específicos para a mesma, além de possuírem métodos para dissipação de calor mais efetivos.

O funcionamento dos contatores é simples: ao energizar os contatos da bobina, ela mesma gera um campo eletromagnético que realiza o acionamento de uma chave que fecha os outros contatos do contator, permitindo a passagem de energia no caso dos contatos NO, normalmente abertos, ou impedindo a passagem no caso dos contatos NC, normalmente fechados, dependendo do modelo do contator.

Figura 10 – Contator WEG



Fonte: WEG, 2023³

Os relés partem do mesmo pressuposto dos contatores, porém diferentemente dos contatores, eles não aguentam uma potência aplicada elevada, geralmente sendo utilizados para fins mais voltados para a automação, como o acionamento dos próprios contatores. Os relés podem ser simples e funcionar apenas como uma espécie de interruptores em sistemas de automação ou possuírem funções mais específicas, como

² Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/>

³ Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/>

os relés temporizadores, que possuem métodos de acionamento programáveis, relés térmicos, que tem como objetivo proteger um motor contra sobrecargas e superaquecimento, e relés de segurança, que são projetados para serem instalados dentro de sistemas de proteção e servem para monitorar se o equipamento possui condições para operação.

Figura 11 — Relé temporizador WEG



Fonte: WEG, 2023⁴

2.4 SENSORES

Um sensor de tensão nada mais é do que um componente eletrônico desenvolvido para aplicação em diversos circuitos elétricos. Por meio do Arduino, AVR, PIC, Raspberry PI, ou outras plataformas de prototipagem, é possível, aplicando o módulo Sensor de Tensão, medir a tensão de motores, por exemplo. O sensor de tensão CA utilizado no projeto foi o ZMPT101B. Ele é um módulo de alta precisão que tem como finalidade fazer a medição do valor de tensão.

Figura 12 — Sensor de tensão ZMPT101B



Fonte: Usinainfo, 2024⁵

Um sensor de corrente é um componente essencial em diversas aplicações elétricas e eletrônicas. Ele possibilita a medição da corrente elétrica que flui por um condutor, sem a necessidade de interromper o circuito. Essa funcionalidade é

⁴ Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa>

⁵ Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-tensao-arduino/sensor-de-tensao-ac-zmpt101b-voltmetro-arduino-5658.html>

fundamental em sistemas de monitoramento, controle e também em contextos relacionados à segurança.

O sensor de corrente utilizado é o SCT-013 100A, este sensor de corrente possui um design Não Invasivo, o que significa que não é necessário interromper o circuito para sua utilização. Sua aplicação é simples e prática: basta abrir o plugue e envolvê-lo ao redor do fio para realizar a medição da corrente elétrica, sem a necessidade de interrupção no fluxo do circuito.

Figura 13 — Sensor de corrente SCT-013 100A



Fonte: Usinainfo, 2024⁶

3 METODOLOGIA

O presente trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento da bancada de acionamento elétricos, buscando simplificar a conexão dos componentes e possibilitar maior agilidade nas aulas práticas de máquinas elétricas. Além disso, desenvolveu-se um sistema de monitoramento de tensão e corrente do motor elétrico, permitindo acompanhar as curvas em tempo real da partida do motor. Para atingir tal objetivo, as seguintes etapas de planejamento e desenvolvimento foram:

1. realizar estudos e pesquisas a respeito do tema, para conseguir reunir conhecimento acadêmico a respeito desse tema;
2. desenvolver o projeto do protótipo da bancada;
3. desenvolver lista de materiais necessários para o desenvolvimento do protótipo;
4. realizar a montagem do protótipo da bancada e realizar testes para desenvolver aprimoramentos no projeto;
5. realizar testes com a bancada, experimentais e em sala de aula;
6. desenvolver o sistema de monitoramento através do *software* LabVIEW e realizar testes com ele para fazer aprimoramentos;
7. aplicar a bancada para acionamento de um motor elétrico por partida direta, MIT, monitorando a tensão e corrente de operação.

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Conversão de Energia do UNIPAM, utilizando os componentes elétricos que já eram aplicados nas aulas, para integração da bancada. Para construção da caixa da bancada, contendo furação e

⁶ Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-corrente-arduino/sensor-de-corrente-nao-invasivo-100a>

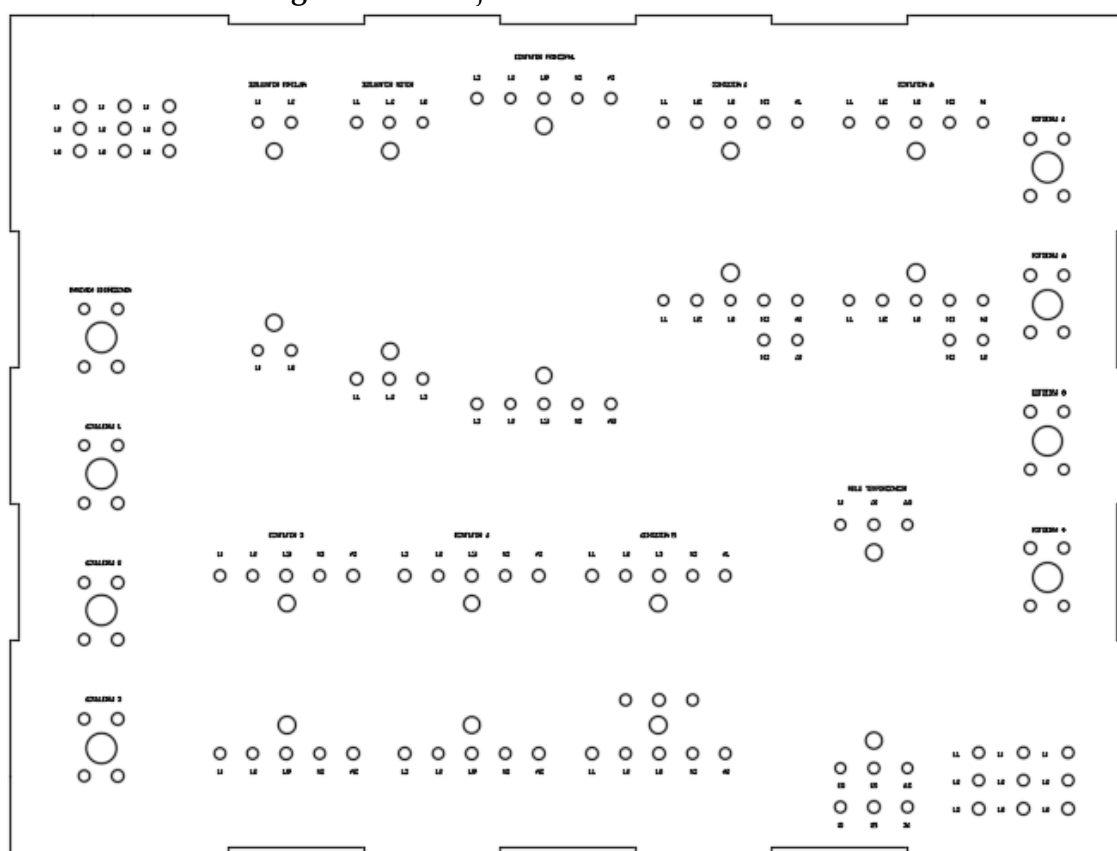
nominação dos componentes, foi utilizada a estrutura do FABLAB do UNIPAM. Entre os componentes, destacam-se disjuntores, contadores, relés e sensores.

4 RESULTADOS

4.1 ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA BANCADA

Para realizar o desenvolvimento do protótipo da bancada, foi utilizada uma base em MDF, permitindo a fixação de todos os componentes necessários de modo rápido e seguro. Tal projeto foi desenvolvido utilizando a plataforma AutoCAD, para realizar o desenho que seria utilizado para corte, como visto na Figura 14.

Figura 14 – Projeto da bancada no AutoCAD



Fonte: autoria própria, 2024.

A bancada foi projetada de modo a simplificar a dinâmica de montagem das partidas dos motores, sendo dimensionada considerando as principais chaves de partida e a sua reversão de rotação: direta, estrela-triângulo e compensadora com autotransformador. Visando simplificar a conexão entre os componentes de partida, trazendo maior agilidade às práticas, foram conectados os conectores tipo parafusos dos equipamentos a bornes banana, como pode ser observado na Figura 15.

Figura 15 — Execução da montagem do protótipo da bancada



Fonte: arquivo dos autores, 2024.

Os modelos e as quantidades dos principais elementos eletromecânicos que compõem a bancada foram relacionados no Quadro 1. Eles são responsáveis pela manobra, proteção e controle do tempo da partida.

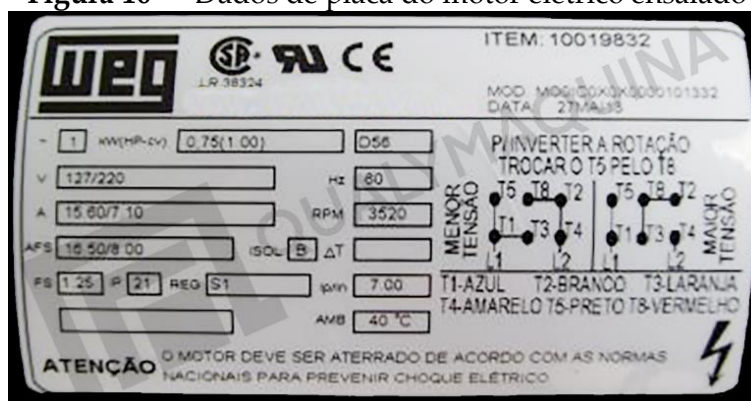
Quadro 1 — Componentes elétricos da bancada didática de acionamento elétricos

Tipo de componente	Quantidade	Modelo
Contator	1	CWM12-10E
Contator	4	CW07-10E
Relé térmico	1	RE27-1D
Disjuntor Motor	1	MPW40-3-003
MiniDisjuntor	1	MDW-C20
Relé Temporizador	1	RTW17G

Fonte: autoria própria, 2024.

Os componentes foram dimensionados visando atender as especificações dos motores do Laboratório de Conversão de Energia, local onde as aulas de acionamentos de máquinas elétricas são realizadas. Os dados de placa do motor elétrico são importantes para comparação e validação do ensaio; essas informações podem ser verificadas na Figura 16. O motor ensaiado apresenta 6 terminais de conexão, potência nominal de 1 cavalo-vapor e relação de corrente de partida (I_p/I_n) de 6 vezes, sendo possível alimentá-lo com 220 V ou 380 V.

Figura 16 – Dados de placa do motor elétrico ensaiado



Fonte: dados da pesquisa, 2024.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO

A bancada desenvolvida também apresenta um sistema de monitoramento de tensão e corrente, possibilitando aos alunos averiguar os efeitos da corrente de partida na máquina elétrica acionada. Esse sistema é integrado por:

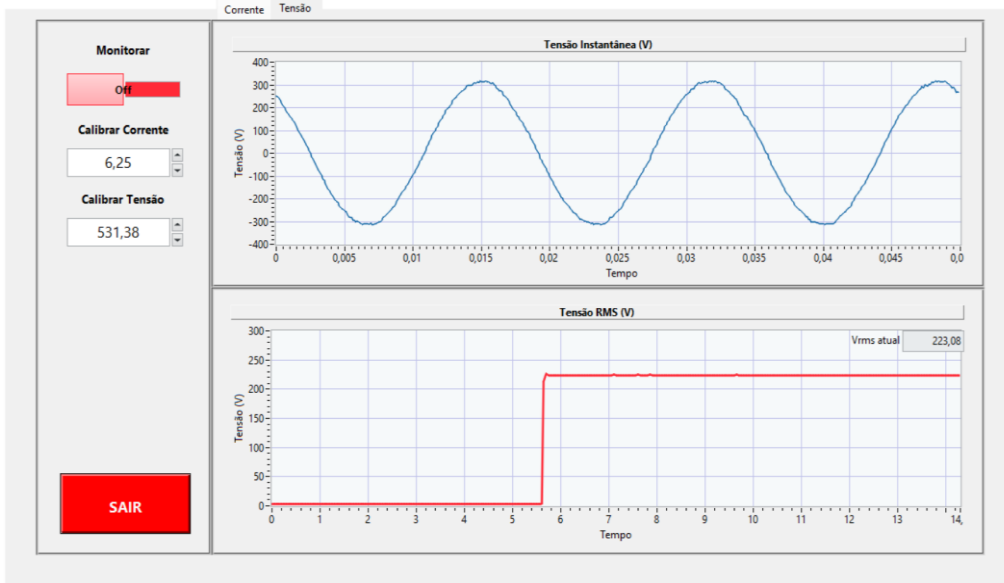
- um sensor de corrente do modelo;
- um sensor de tensão do modelo;
- uma placa de aquisição de dados do modelo NI USB 6002;
- um computador.

O sistema de monitoramento opera com base nos sensores que coletam dados de tensão e corrente e os converte em valores de tensão de 0 a 5 V. Esses sinais são conectados ao DAQ NI USB 6002, responsável por realizar a conversão de analógico para digital, transmitindo os dados para o computador por meio de um barramento USB. No computador, o software de monitoramento desenvolvido processa esses sinais, fornecendo informações sobre a tensão e a corrente monitoradas, apresentando-as aos alunos em formato de gráfico.

O *software* foi confeccionado empregando a linguagem gráfica LabVIEW, sendo esta uma excelente ferramenta para criação de aplicações com aquisição de sinais. A interface gráfica, ou IHM, do software de monitoramento de correntes de partidas de máquinas elétricas pode ser vista na Figura 17.

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DE ACIONAMENTOS ELÉTRICOS APLICANDO INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL

Figura 17 — Interface de usuário do sistema de monitoramento da bancada

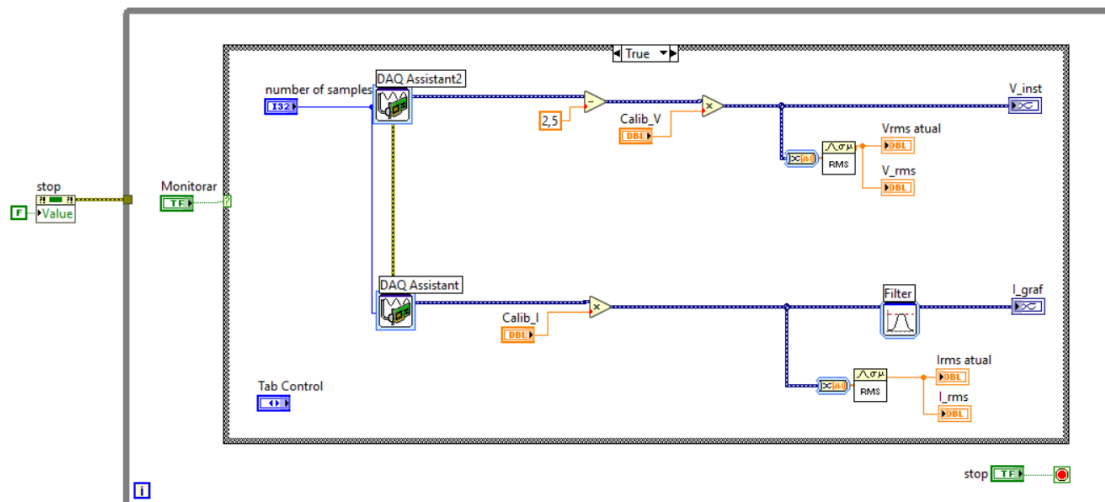


Fonte: dados da pesquisa, 2024.

A interface é projetada com uma estrutura simples e minimalista, proporcionando aos alunos uma visualização clara das grandezas relevantes no momento de partida das máquinas. Ela exibe as formas de onda das tensões e correntes instantâneas, além de permitir o acompanhamento da variação das tensões e correntes eficazes ao longo do tempo. A tela também inclui um botão para ativar/desativar a atualização dos gráficos, bem como controles que permitem ajustar a calibração dos sensores, se necessário.

Tanto para desenvolvimento da interface, quanto para a implementação da rotina de aquisição de dados dos sensores, foi utilizado o LabVIEW. O código principal do sistema de monitoramento pode ser observado na Figura 18.

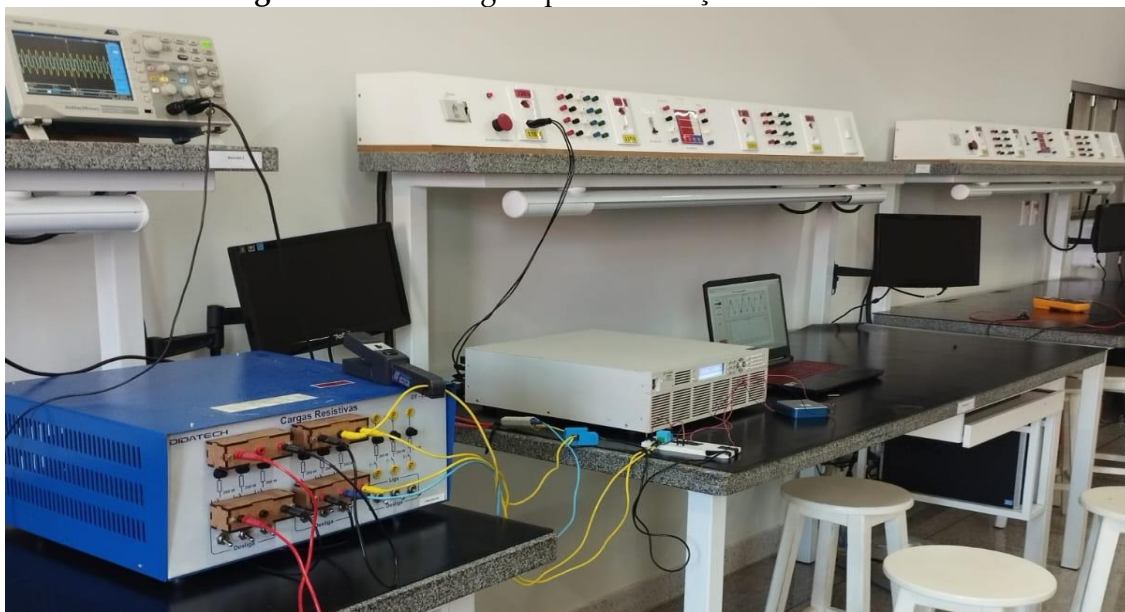
Figura 18 — Código do software desenvolvido em LabVIEW



Fonte: dados da pesquisa, 2024.

Com o objetivo de obter informações precisas das tensões e correntes, foi montado um setup de testes, para calibração dos sensores, que inclui uma fonte monofásica CA, um osciloscópio e um banco de cargas resistivas, conforme ilustrado na Figura 19. Essa calibração foi necessária para garantir a precisão dos sensores utilizados no projeto.

Figura 19 — Montagem para calibração dos sensores



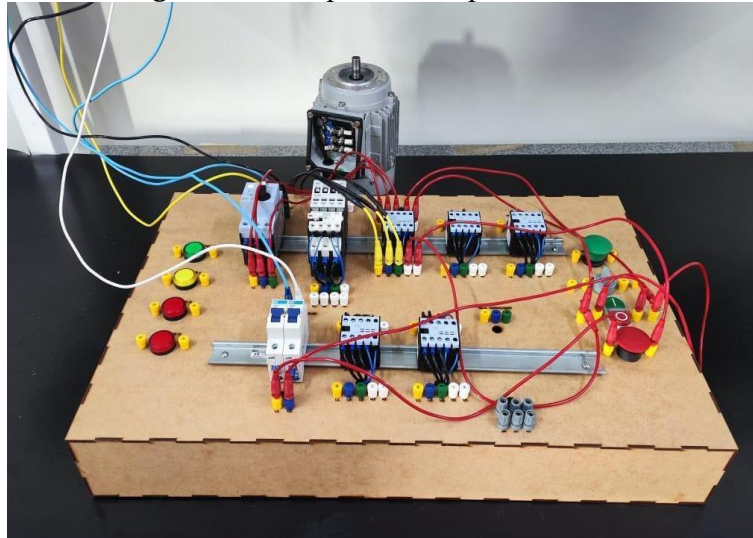
Fonte: arquivo dos autores, 2024.

A calibração foi conduzida utilizando uma fonte de tensão e carga resistiva para gerar uma variedade de valores de tensão e corrente dentro do intervalo de operação dos sensores. Os valores reais foram registrados pelas pontas de prova do osciloscópio e comparados com os valores adquiridos pelo sistema de aquisição desenvolvido. Com base nessas comparações, foi possível determinar a relação de transformação dos sensores e ajustar a calibração no *software*.

4.3 TESTE DA BANCADA

Para verificar o funcionamento da bancada desenvolvida, foi realizado o acionamento do motor com uma partida direta, sem carga. Esse teste específico consistiu em realizar as conexões dos componentes elétricos (disjuntores, contatores, botoeiras, sinaleiro e motor) através da bancada; e através dela partir o motor, em delta, em condições nominais de rede (220 V). A montagem da bancada e do sistema de monitoramento para esse teste específico foi registrada nas Figuras 20 e 21.

Figura 20 — Experimento partida direta



Fonte: arquivo dos autores, 2024.

Figura 21 — Experimento partida direta

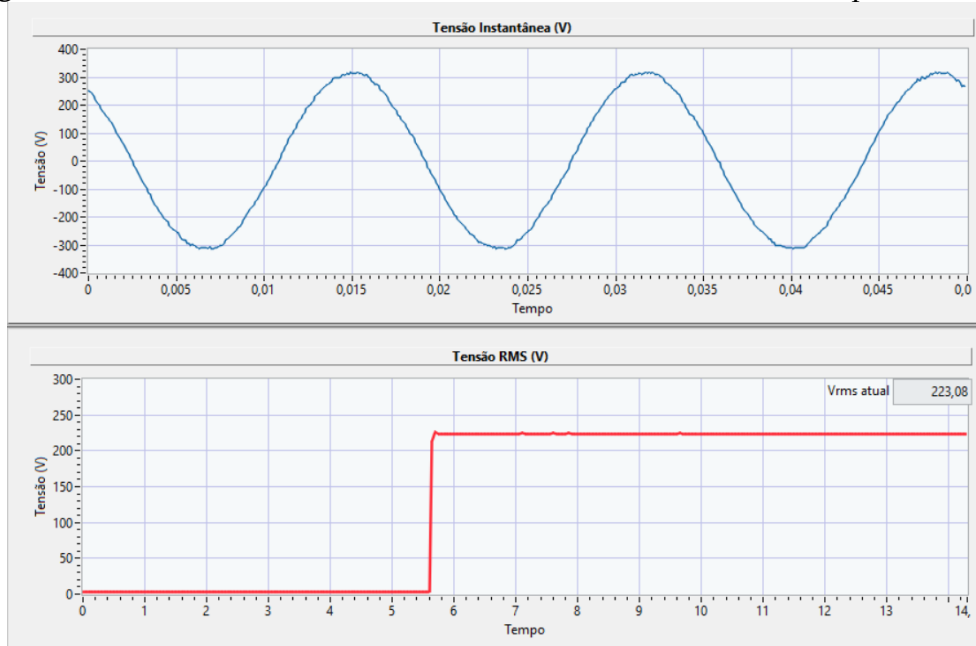


Fonte: arquivo dos autores, 2024.

A interconexão dos componentes, conforme os diagramas de potência e comando da partida direta, foi realizada de forma ágil devido às facilidades de conexão oferecidas pela bancada, projetada para fins didáticos de acionamento de motores. Através dela, qualquer alteração necessária pode ser realizada sem a necessidade de chaves de fenda, chaves Philips ou qualquer outro equipamento.

Durante todo o acionamento, o sistema de monitoramento de corrente e tensão estava em execução e permitiu a captura das respectivas ondas. No teste, foi possível observar que a tensão medida pelo programa se manteve consistentemente próxima do valor da rede, conforme evidenciado na Figura 22.

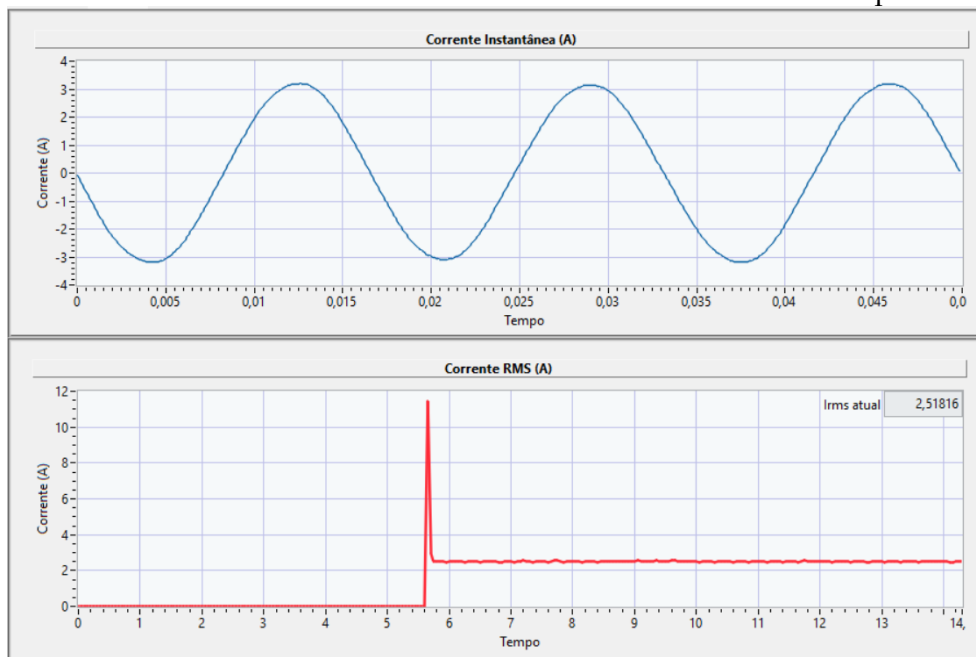
Figura 22 — Tensão instantânea e tensão eficaz durante o teste com partida direta



Fonte: dados da pesquisa, 2024.

Essa proximidade entre os valores medidos e os valores esperados demonstra a eficácia e a precisão do sistema de monitoramento de tensão implementado. Fato que também pôde ser observado nos valores de corrente, como visto na Figura 23.

Figura 23 — Corrente instantânea e corrente eficaz durante o teste com partida direta



Fonte: dados da pesquisa, 2024.

Na análise da corrente de partida do motor, observou-se que ela é aproximadamente 5 vezes maior que a corrente nominal do motor. Embora essa medida

se situe ligeiramente abaixo do valor de placa do motor elétrico ensaiado, é importante ressaltar que tal discrepância pode ser atribuída à operação a vazio do motor. Logo, entende-se que a bancada didática de acionamentos elétricos apresentou uma série de facilidades ao montar as chaves de partida e possibilitou a visualização das ondas de tensão e corrente durante o ensaio com boa precisão.

5 CONCLUSÃO

Com a montagem do projeto e com os testes realizados, foi possível constatar que a bancada pode sim ser utilizada de maneira satisfatória tanto por professores quanto por alunos, como uma forma de aprendizado ou como uma ferramenta para apresentação de projetos. O *software* utilizado também é uma parte muito importante do objetivo proposto. Seu *design* foi feito de modo a oferecer uma interface simples e intuitiva, permitindo assim que até mesmo pessoas que não possuam um conhecimento profundo possam compreender os dados coletados e mostrados.

Com as medições realizadas durante todo o projeto foi possível coletar valores muito próximos dos valores reais. Uma das principais vantagens da bancada didática é a capacidade de visualizar as formas de onda da tensão e corrente em tempo real, permitindo correlacionar teoria e prática de forma direta. Ao visualizar as formas de onda e observar como elas se comportam em diferentes condições de operação, os alunos podem consolidar conceitos teóricos abstratos, como corrente de partida, corrente nominal e características de carga do motor, com experiências práticas do mundo real.

Considerando o objetivo proposto, o projeto demonstrou um resultado satisfatório. No entanto, é importante destacar a necessidade de aprimorar o condicionamento do sinal, uma vez que este pode impactar diretamente na precisão e na confiabilidade das medições obtidas.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a expansão das funcionalidades da bancada didática para acionamentos de motores elétricos através de *softstarters* e inversores, possibilitando o estudo de técnicas de partidas eletrônicas que têm ganhado grande espaço no mercado. Além disso, recomenda-se, como estudo futuro, uma análise comparativa entre os diferentes tipos de partida, empregando a bancada implementada.

REFERÊNCIAS

AGRAZ, J.; POZOS, R. **LabVIEW based control software for finger force sensor instrumentation design**. 2013 Ieee Autotestcon, [S. l.], p.86-91, set. 2013. IEEE.

BARBOSA, R. O. **Instrumentação virtual com labview em laboratório experimental de eletrônica**. 2016. 95 f. (Trabalho de conclusão de curso de Graduação) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.

BKPRECISION. **Function and Arbitrary Waveform Generator: guidebook**. BKPRECISION, 2019. 36 p.

BOTTARO, M. **Instrumentação virtual em laboratório**: introdução ao LabVIEW. São Paulo: IEE-USP, 2012. 128 p. Apostila.

CAO, Y.; CHEN, H. Research on function and design of virtual instrument based on LabVIEW Technology. **Journal Of Chemical And Pharmaceutical Research**, Henan Nanyang, v. 6, n. 6, p.1099-1104, 2014.

CARVALHO, G. **Máquinas elétricas**. São Paulo: Érica, 2007.

CHAPMAN, S. J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. Porto Alegre (RS): AMGH, 2013.

COSTA, C. da. **Apostila de laboratório software LabVIEW**. São Paulo: Instituto Federal de São Paulo, 2016. 39 p. Apostila.

DIEZ, E. **The Fundamentals Of Signal Generation**. 2013. Disponível em: <https://www.electronicdesign.com/test-amp-measurement/fundamentals-signal-generation>.

ELECTRONICSNOTES. **What is a Signal Generator**: different types. Disponível em: <https://www.electronics-notes.com/articles/test-methods/signal-generators/what-is-a-signal-generator.php>.

FRANCHI, C. M. **Inversores de frequência**: teoria e aplicações. 2. ed. São Paulo: Érica, 2009.

FRANCHI, C. M. **Sistemas de acionamento elétrico**. São Paulo: Érica, 2014.

HIGA, M. L.; TAWY, D. M.; LORD, S. M. An introduction to LabVIEW exercise for an electronics class. **32nd Annual Frontiers in Education**, Boston, p.13-16, set. 2002.

LIMA, A. C. S.; SILVEIRA, C. A. da; SILVA, M. S. da. **Gerador de funções senoidais monofásicas e trifásicas**. Florianópolis: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2010. 108p. (Trabalho de aluno).

LOPES, V. J. S. **Instrumentação virtual aplicada ao ensino experimental de engenharia elétrica**. 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

KANG, S. *et al.* Development of a teaching experiment platform for a signal generator based on LabVIEW. **World Transactions on Engineering and Technology Education**, Harbin, v. 12, n. 2, p. 261-265, 2014.

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DE ACIONAMENTOS ELÉTRICOS
APLICANDO INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL

MIN, W.; YAN, X.; YU, J. The design of virtual signal generator. **2012 Ieee International Conference On Computer Science And Automation Engineering (CSAE)**, Xi'an, v. 1, p.7-9, 2012.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Instrumentação Virtual**. 2009. Disponível em:
<http://www.ni.com/white-paper/4752/en/>.

SI, H. Design of virtual function signal generator based on sound card. **Applied Mechanics and Materials**, Zhengzhou, v. 543-547, p. 850-853, 2014.

Desenvolvimento inicial de milho promovido por microrganismos

Initial development of corn promoted by microorganisms

GUSTAVO RODRIGUES PINHEIRO

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: gustavorpinheiro@unipam.edu.br

ANDRÉ SANTANA ANDRADE

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: andreandrade@unipam.edu.br

VICTOR GUSTAVO SOARES RIBEIRO

Professor co-orientador (UNIPAM)

Resumo: O milho é uma das culturas mais cultivadas no mundo, sendo de grande importância econômica. Entretanto, devido às mudanças climáticas, vem sofrendo com estresse hídrico, mesmo tendo seu metabolismo C4. Atualmente, têm-se utilizado bioinsumos para promover o crescimento e aumentar a produtividade das culturas. Entre o grupo dos agentes microbianos utilizados na agricultura, bactérias do gênero *Azospirillum* se destacam, além dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e os fungos do gênero *Trichoderma*. O objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio de análise morfológica, a influência que microrganismos podem promover no desenvolvimento inicial da cultura do milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram utilizados 4 tratamentos com 6 repetições em DBC. Foram avaliados altura da planta, massa fresca e seca de parte aérea e da raiz, além do índice SPAD. Para a estatística, foi aplicado o teste de ANOVA, por meio do qual se percebeu que não houve significância entre os tratamentos. Em virtude dos resultados, são necessários novos estudos para validar a eficiência desses microrganismos na cultura do milho.

Palavra-chave: *Zea mays*; raiz; cultura; milho.

Abstract: Corn is one of the most widely cultivated crops in the world and holds significant economic importance. However, due to climate change, it is experiencing water stress despite its C4 metabolism. Currently, bioinputs are being used to promote growth and increase crop productivity. Among the group of microbial agents used in agriculture, bacteria of the genus *Azospirillum* stand out, as well as arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and fungi of the genus *Trichoderma*. The objective of this study was to evaluate, through morphological analysis, the influence that microorganisms can have on the initial development of corn. The experiment was conducted in a greenhouse at the University Center of Patos de Minas (UNIPAM). Four treatments with six replications in a completely randomized design (CRD) were used. Plant height, fresh and dry mass of shoots and roots, and SPAD index were evaluated. For statistical analysis, ANOVA test was applied, revealing no significant differences between the treatments.

Due to the results, further studies are needed to validate the effectiveness of these microorganisms on corn crops.

Keywords: *Zea mays*; root; crop; corn.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays* L.), pertencente à família Poaceae, é uma das culturas mais cultivadas em todo o mundo. Estimativas apontam para mais de 3.500 aplicações desse cereal. Além da relevância no aspecto de segurança alimentar, na alimentação humana e, principalmente, animal, é possível produzir com o milho uma infinidade de produtos, como combustíveis, bebidas, polímeros, etc. (Miranda, 2018).

O estresse hídrico é um problema em aproximadamente 45% das áreas agrícolas e é a maior restrição global à produtividade, tornando-se um grande problema (Madabula *et al.*, 2016). O milho, apesar de ser uma planta de metabolismo C4 e apresentar bastante eficiência na utilização da radiação solar e no uso da água, tem sua produtividade extremamente afetada pelo déficit hídrico. A resistência da planta ao déficit hídrico está diretamente ligada com o seu crescimento radicular, logo, quanto mais agressivo for o seu desenvolvimento, mais tolerância à seca a planta apresentará, o que consequentemente refletirá em maior produtividade e resistência a agentes patogênicos.

Atualmente, o uso de bioinsumos para promover o crescimento e aumentar a produtividade das culturas através de mecanismos como mineralização e disponibilidade de nutrientes, secreção de hormônios, produção de sideróforos e outros metabólitos secundários, formação de biofilme, sinalização celular e supressão de doenças, está bem estabelecido. Entretanto, é cada vez mais evidente que os efeitos podem ser mais abrangentes, uma vez que as pesquisas baseadas nas interações de microrganismos e plantas, nos níveis fisiológico, bioquímico e molecular, revelam que as associações influenciam amplamente as respostas das plantas aos estresses - temperatura, deficiência hídrica, inundação, salinidade e metais pesados (Lanna *et al.*, 2021).

Entre o grupo dos agentes microbianos utilizados na agricultura, bactérias gram-negativas do gênero *Azospirillum* se destacam, além dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e os fungos do gênero *Trichoderma*. Bactérias do gênero *Azospirillum* podem ser inoculadas em plantas de interesse agrônômico, estimulando seu crescimento por múltiplos mecanismos, incluindo síntese de fito-hormônio, melhoria da nutrição nitrogenada, mitigação de estresse e controle biológico da microbiota patogênica (Bashan; Bashan., 2010).

Segundo Muñoz-Garcia *et al.* (1991), a inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasiliense* cepa UAP 77 provocou aumento na matéria seca de raízes, da ordem de 54 a 86%, e de 23 a 64% no peso seco da parte aérea. Apesar de haver muitos estudos com *A. brasiliense*, novos estudos são necessários por se tratar de um microrganismo que pode ser extremamente benéfico na produção agrícola.

Os efeitos benéficos da inoculação com os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) sobre o crescimento e nutrição de plantas de interesse econômico são bastante acentuados e de grande interesse ecológico e comercial (Zambolim; Siqueira, 1985).

Os estudos mostraram que a presença de fungos micorrízicos no sistema radicular das plantas aumenta a absorção de nutrientes do solo, principalmente daqueles nutrientes imóveis e pouco móveis no solo, como o fósforo. Nas regiões tropicais, que tradicionalmente apresentam solos com níveis baixos de fósforo (P), as associações micorrízicas merecem mais atenção, considerando que, do ponto de vista econômico, podem minimizar os gastos com insumos, como fertilizantes minerais, irrigação e pesticidas (Sieverding, 1991).

De acordo com Oliveira *et al.* (2012) e Silva *et al.* (2012), o fungo do gênero *Trichoderma* pode influenciar positivamente na germinação de sementes, no desenvolvimento e rendimento da cultura devido à produção de substâncias promotoras de crescimento e melhoria na nutrição das plantas, principalmente pela solubilização de fósforo. Quanto à produção hormonal de auxinas, particularmente o ácido indol-acético (AIA), promove o crescimento das raízes e a proliferação de pelos radiculares, o que pode melhorar a absorção de nutrientes e água do solo e, conseqüentemente, melhorar o crescimento da planta (Caballero-Mellado *et al.*, 2006).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio de análise morfológica, a influência que microrganismos podem promover no desenvolvimento inicial da cultura do milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 INSTALAÇÃO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 18° 34' 46" sul, longitude 46° 31' 6" oeste e altitude de 842 m. O clima da região é tropical com estação seca no inverno e chuva no verão.

O solo foi coletado no campus experimental do UNIPAM, na profundidade de 0-20 cm, classificado como Latossolo Vermelho (Santos, 2018). Após a coleta, o solo foi seco em estufa com temperatura controlada a 64° C até que se atingisse a massa constante e depois passado em peneira de 2,0 mm (TFSA). Foram feitas as análises química e física do solo no UNIPAM (laboratório CeFert), além da análise de capacidade de campo (CC) pelo método da proveta (Teixeira *et al.*, 2017). O experimento foi implantado em vasos de polietileno pretos com capacidade de 8 dm³.

A variedade de milho utilizada foi o híbrido AG 7098 trecepta (Agrocere) sem tratamento. A semeadura foi feita de forma manual com quatro sementes por vaso, a 4 cm de profundidade. A adubação de plantio foi de acordo com a necessidade da cultura para produtividade de 8.000 kg.ha⁻¹ com base em Ribeiro, Guimarães e Alvarez, (1999). Os vasos foram irrigados a 60% da CC. Em estado fenológico V1 (primeira folha desenvolvida), foi realizado o desbaste das plântulas que apresentaram menor vigor, deixando apenas duas plântulas por vaso.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e seis repetições, sendo uma unidade experimental por vaso. O tratamento controle (T1) corresponde à testemunha sem inoculação, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Tratamentos do trabalho “Desenvolvimento inicial de milho promovido por microrganismos”, Patos de Minas, 2023.

Tratamento	I.A.	Dose p.c.
T1	-	-
T2	<i>Azospirillum brasilense</i>	100ml/ha-1
T3	<i>Rhizophagus intraradices</i>	120g/ha-1
T4	<i>Trichoderma harzianum</i>	39g/ha-1

As doses utilizadas dos inoculantes seguiram o recomendado pelo fabricante; foi feito o cálculo da quantidade de inoculante utilizado em função da área superficial do vaso. O tratamento das sementes (TS) consistiu na homogeneização do inoculante microbiano na superfície das sementes no interior de uma embalagem plástica durante dois minutos. Na sequência, as sementes inoculadas foram semeadas manualmente. Foi realizado o mesmo procedimento de TS para o tratamento testemunha, porém com água destilada.

2.2 AVALIAÇÕES

As avaliações foram realizadas aos 45 dias após a semeadura. Foram avaliados altura da planta, massa fresca e seca de parte aérea e da raiz, além do índice SPAD.

A avaliação da altura de planta foi realizada com o auxílio de uma régua milimetrada, medindo-se do colo da planta até a inserção da folha bandeira. Para a avaliação de massa fresca e seca da parte aérea, as plantas foram cortadas rente ao solo. Já para a avaliação de massa fresca e seca de raízes, todo o substrato foi peneirado e as raízes foram posteriormente lavadas em água corrente. As raízes e a parte aérea das plantas foram separadas em sacos de papel; em seguida, secas em estufa com circulação forçada de ar, regulada à temperatura de 64° C, até o material atingir peso constante.

O índice SPAD foi medido com auxílio de um aparelho portátil chamado Leaf Porometer (Decagon Pullman USA).

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos ao Teste F da análise de variância (ANOVA), utilizando o software estatístico SISVAR® (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 2, observa-se que não houve significância para as variáveis analisadas. Como hipóteses, a alta temperatura da casa de vegetação e o solo

pobre microbiologicamente não permitiram a sobrevivência das bactérias promotoras de crescimento.

Tabela 2 — Resultados estatísticos do trabalho “Desenvolvimento inicial de milho promovido por microrganismos”, Patos de Minas, 2023.

Tratamento	MFPA (g)	MFR (g)	MSPA (g)	MSR (g)	SPAD
Controle	22,44a	20,97a	1,56a	1,22a	27,08a
<i>Azospirillum brasilense</i>	23,26a	23,08a	1,80a	1,47a	27,07a
<i>Rhizophagus intraradices</i>	22,59a	20,89a	1,67a	1,06a	27,53a
<i>Trichoderma harzianum</i>	22,05a	20,57a	1,49a	0,90a	26,68a

*Letras iguais não se diferem estatisticamente. *Legenda: MFPA: massa fresca de parte aérea; MFR: massa fresca de raiz; MSPA: massa seca de parte aérea; MSR: massa seca de raiz.

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Revolti (2014), estudando os efeitos das formas de inoculação com *A. brasilense* em diferentes híbridos, observou que a inoculação com a bactéria diazotrófica não influenciou o acúmulo de massa. Já para MFR, encontrou diferenças estatística entre os híbridos e a presença da inoculação; sem a inoculação, apresenta-se um melhor desempenho e, para a MFPA, ocorrem diferenças significativas entre os híbridos, sendo que as sementes tratadas apresentaram média semelhante às não tratadas. Em discordância, Costa et al. (2015) evidenciam que ocorre o acréscimo no acúmulo de massa com inoculação de sementes com *A. brasilense*.

Kumar et al. (2017), estudando a influência do *Trichoderma ssp* no crescimento do milho sob diferentes condições de salinidade, observaram um aumento da área foliar em mudas de milho comparadas com as de outros tratamentos. Esse aumento na área foliar contribui para aumento da matéria fresca de parte aérea e resulta em incremento de massa seca.

Campagnac et al. (2008), Zocco et al. (2008) e Calonne et al. (2011), usando vários fungicidas em diferentes concentrações em diferentes plantas olerícolas, relataram uma redução acentuada do ciclo de vida dos FMA (germinação de esporos, alongamento do tubo germinativo, porcentagem de colonização, crescimento de hifas extra-radulares e esporulação) de *Rhizophagus intraradices* e *Rhizophagus irregularis*, conforme as doses de agroquímicos eram acentuadas e expostas por mais tempo junto ao FMA.

Stoffel (2019) constatou, em seu trabalho, que o inoculante micorrízico comercial à base de *Rhizophagus intraradices* contribui para o crescimento do algodão, cana-de-açúcar, girassol e milho, além de proporcionar uma maior absorção de P nas culturas. O mesmo inoculante comercial também aumenta a produtividade e a biomassa vegetal do milho em diferentes condições edafoclimáticas do Brasil (Stoffel et al., 2020).

4 CONCLUSÃO

São necessários novos estudos para validar a eficiência, no período inicial da cultura do milho nas mesmas condições de ambiente, dos microorganismos analisados.

REFERÊNCIAS

- BASHAN, Y; BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in agronomy**, [S. l.], v. 108, p. 77-136, 2010.
- CABALLERO-MELLADO, J. Microbiologia agrícola y interacciones microbianas con plantas. **Revista Latinoamericana de Microbiología**, México, v. 48, n. 2, p. 154-161, abr./jun. 2006.
- CALONNE, M. *et al.* Side effects of the sterol biosynthesis inhibitor fungicide, propiconazole, on a beneficial arbuscular mycorrhizal fungus. **Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences**, v. 76, n. 4, p. 891-902, 2011.
- CAMPAGNAC, E. *et al.* Differential effects of fenpropimorph and fenhexamid, two sterol biosynthesis inhibitor fungicides, on arbuscular mycorrhizal development and sterol metabolism in carrot roots. **Phytochemistry**, v. 69, n. 17, p. 2912-2919, 2008.
- COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. S. F.; NAVES, D. C. F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. S. Eficiência de inoculante com *Azospirillum brasilense* no crescimento e produtividade de milho de segunda safra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 304-311, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- KUMAR, K.; MANIGUNDAN, K.; AMARESAN, N. Influence of salt tolerant *Trichoderma* spp. on growth of maize (*Zea mays*) under different salinity conditions. **Journal of basic microbiology**, v. 57, n. 2, p. 141-150, 2017.
- LANNA, A. C. *et al.* **Mitigação dos estresses abióticos na agricultura mediada pela interação de microrganismos e plantas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021.
- MADABULA, F. P. *et al.* Rice genotypes for drought tolerance: morphological and transcriptional evaluation of auxin-related genes. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 428- 434, 2016.
- MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. **A granja**, [S. l.], v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MUÑOZ-GARCIA, A.; CABALLERO-MELLADO, J.; VALDÉS, M. Promoción del crecimiento del maíz por cepas productoras de siderófos de *Azospirillum* y *Pseudomonas fluorescentes*. In: CONGRESO NACIONAL DE LA FIJACION BIOLOGICA DEL NITROGENO Y I ENCUESTRO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACION SOBRE FIJACION DE NITROGENO, 3., 1991. Cuernavaca. **Anais** [...]. Cuernavaca: [s. n.], 1991.

OLIVEIRA, A. G. *et al.* Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 3, p. 149-155, 2012.

REVOLTI, L. T. M. **Interação genótipo vs formas de inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho**. 2014.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SIEVERDING, E. *et al.* **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: GTZ, 1991.

SILVA, J. C. *et al.* Rice sheath blight biocontrol and growth promotion by *Trichoderma* isolates from the Amazon. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém-PA, v. 55, n. 4, p. 243-250, 2012.

STOFFEL, S. C. G. **Inoculante micorrízico à base de *Rhizophagus intraradices* no crescimento e nutrição de culturas de importância agrícola**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos e Vegetais), Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2019.

STOFFEL, S. C. G.; SOARES, C. R. F. S.; MEYER, É.; LOVATO, P. E.; GIACHINI, A. J. Yield increase of corn inoculated with a commercial arbuscular mycorrhizal inoculant in Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, n. 7, 2020.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

ZAMBOLIM, L.; SIQUEIRA, J. O. **Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. (Série Documentos, 26).

ZOCCO, D. *et al.* Effects of two sterol biosynthesis inhibitor fungicides (fenpropimorph and fenhexamid) on the development of an arbuscular mycorrhizal fungus. **Mycological Research**, v. 112, n. 5, p. 592–601, 2008.

Diversidade da entomofauna edáfica associada ao sistema de cultivo integrado lavoura-pastagem-floresta-ILPF

Diversity of edaphic insects associated with the integrated crop-pasture-forest-ICPF system

NATAN BERNARDES LIMA MARQUES

Discente de Ciências Biológicas (UNIPAM)

E-mail: natanbernardes@unipam.edu.br

ELISA QUEIROZ GARCIA

Professora orientadora (UNIPAM)

E-mail: elisaqg@unipam.edu.br

Resumo: O objetivo desta pesquisa foi avaliar a diversidade da entomofauna edáfica associada ao cultivo lavoura-pastagem-floresta (ILPF). Para isso, o estudo foi realizado no campo experimental oeste da EPAMIG no município de Uberaba (MG). Na área pesquisada, existem seis sistemas de cultivo: floresta, lavoura, pastagem, pastagem-degradada e LPF. Em cada área, foram instaladas armadilhas de interceptação de queda *pitfalls*. As armadilhas ficaram expostas do dia 28 de maio de 2023 ao dia 10 de julho de 2023, totalizando quatro coletas. Foram identificadas e listadas as ordens coletadas e a abundância de cada grupo. Também foram estimados os índices de diversidade de Shannon Wiener (H') e de Jaccard. Foram coletados 8.164 indivíduos distribuídos por 11 ordens, das quais se destacaram pela maior abundância Diptera e Hymenoptera, formadas principalmente por espécies praga do milho e formigas, respectivamente. As áreas de cultivo integrado apresentaram menor índice de diversidade comparado às áreas de monocultivo, graças à dominância de alguns grupos amostrados.

Palavras-chave: fauna epigeica; levantamento de insetos; agroecossistema.

Abstract: The aim of this research was to evaluate the diversity of soil entomofauna associated with the crop-livestock-forest (ILPF) cultivation system. For this purpose, the study was conducted in the experimental field west of EPAMIG in the municipality of Uberaba (MG). In the research area, there are six cultivation systems: forest, crop, pasture, degraded pasture, and LPF. In each area, interception pitfall traps were installed. The traps were exposed from May 28, 2023, to July 10, 2023, totaling four collections. The collected orders and the abundance of each group were identified and listed. Shannon Wiener diversity indices (H') and Jaccard indices were also estimated. A total of 8,164 individuals distributed across 11 orders were collected, with Diptera and Hymenoptera standing out for their higher abundance, mainly composed of corn pests and ants, respectively. Integrated cultivation areas showed lower diversity indices compared to monoculture areas, due to the dominance of some sampled groups.

Keywords: epigeic fauna; insect survey; agroecosystem.

1 INTRODUÇÃO

A riqueza de espécies vegetais no ambiente contribui significativamente para a riqueza de espécies de insetos. De maneira geral, ambientes com cobertura vegetal heterogênea apresentam maior número de espécies de insetos quando comparado com monocultivos (Monteiro *et al.*, 2020). Portanto, um isolamento criado pela fragmentação e simplificação de habitats pode minimizar a abundância de algumas espécies da entomofauna e até sua extinção local (Oliveira, 2014).

A conversão dos ecossistemas naturais em agroecossistemas modifica as interações bióticas e a disponibilidade de recursos, levando a consequências em nível local e regional. Isso fica ainda mais evidente com o emprego de monocultivos e de práticas agrícolas inadequadas que simplificam o ambiente e contribuem para a degradação do solo e dos recursos naturais. Por isso, técnicas agrícolas inadequadas maximizam a ocorrência de insetos praga e, conseqüentemente, reduzem a produtividade na lavoura (Macedo, 2009; Oliveira, 2014).

No que se refere à paisagem, diferentes coberturas vegetais têm efeitos significativos na composição da comunidade de solo. A fauna edáfica é bem preservada quando a estrutura do ecossistema está próxima da sua estrutura original, ou seja, onde há menor intervenção antrópica. Por isso, a diversidade da fauna edáfica é influenciada pela qualidade dos solos (Wink *et al.*, 2005).

O sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) pode contribuir para uma agricultura sustentável. É uma forma alternativa à produção intensiva de monoculturas, uma vez que busca contornar e corrigir os desequilíbrios impostos pela simplificação do agroecossistema. A associação do componente arbóreo à lavoura e à pastagem é ainda mais interessante em locais onde as atividades agropastoris fragmentaram fortemente a vegetação natural (Balbino *et al.*, 2012).

O aumento da biodiversidade nos sistemas agrícolas permite o estabelecimento de condições favoráveis para que processos ecológicos-chave possam funcionar genuinamente. A intervenção de inimigos naturais sobre os insetos praga e a manutenção de insetos polinizadores são favorecidas por meio da manipulação do agroecossistema, como o incremento na diversidade de plantas. A disponibilização de alimentos (néctar e pólen), abrigos e microclimas adequados e presas/hospedeiros alternativos são importantes atrativos e nidificadores para insetos benéficos no agroecossistema (Flausino, 2021).

Os insetos são organismos frequentemente usados em inventários agrícolas e há razões para isso. De acordo com Duelli e seus colaboradores (1999), a maioria das espécies de insetos são de predadores polípagos (generalistas), por isso são considerados organismos benéficos e importantes para a sustentabilidade ecológica. Por se tratar de um ambiente agrícola, dificilmente são capturadas espécies protegidas ou ameaçadas. Os táxons são facilmente coletados com armadilhas de interceptação de queda, e o número de amostras é consideravelmente elevado. Essa grande amostragem proporciona padronização nos dados e normalização do tratamento estatístico.

O aumento da complexidade de ambientes e da disponibilidade de alimento interfere positivamente na diversidade da entomofauna e negativamente na diversidade de insetos-praga (Alves *et al.*, 2016). Em monoculturas, o alvo dos insetos praga é a

espécie vegetal cultivada justamente por ser a única fonte de alimento no ambiente (Root, 1973). Por isso, espera-se que, em sistemas de policultivos como lavoura-pecuária-floresta, seja encontrada maior diversidade de insetos por termos diferentes fontes de alimento.

Estudar a entomofauna de áreas de cultivo integrado tem importância científica, já que se verifica o impacto desse sistema no aumento da complexidade dos agroecossistemas. Mais pesquisas sobre essa temática são fundamentais para incrementar estratégias de manejo que auxiliem no controle de insetos pragas e que promovam um cultivo sustentável. Dessa forma, é possível contribuir para a economia, principalmente do Brasil, que é baseada no agroecossistema, uma vez que um ambiente mais biodiverso proporciona um incremento na produtividade. Além disso, em um agroecossistema mais complexo, o uso de fertilizantes tende a ser menor devido à maior ciclagem dos nutrientes do solo. Da mesma forma, o uso de inseticidas é minimizado como decorrência da quebra do ciclo de insetos praga.

Este estudo teve como objetivo avaliar se a complexidade dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta influencia na diversidade e abundância de insetos edáficos. Para isso, foram feitos o levantamento da entomofauna edáfica encontrada em áreas do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, a listagem da abundância das ordens presentes nas áreas estudadas e a comparação da ocorrência dos grupos taxonômicos entre as áreas estudadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA ESTUDADA

Este estudo foi realizado no Campo Experimental Oeste gerenciado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). O campo experimental está localizado no município de Uberaba (MG) (19° 45' 56" de latitude sul e 47° 57' de longitude oeste) com altitude de 774 m. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura Franco Arenosa (EMBRAPA, 1999), com relevo suave. Nesse local, o clima é classificado como tropical semiúmido, a precipitação anual média é de 1684,6 mm e a umidade média relativa do ar é de 71,4% (Fernandes; Reis; Paes, 2010).

Na área experimental, o sistema de plantio é o LPF (Lavoura-Pastagem-Floresta), de maneira que o sistema florestal é formado por eucalipto, *Eucalyptus* sp. (Myrtaceae), a lavoura, por plantio de milho, *Zea mays* (Poaceae), e a pastagem, por capim marandu, *Urochloa brizantha* (Poaceae).

2.2 AMOSTRAGEM

Para quantificar a diversidade e abundância de insetos das áreas, foram utilizados conjuntos de armadilhas por sistema de plantio (floresta, pastagem, lavoura, pastagem degradada, pastagem-lavoura, pastagem-lavoura-floresta) em três blocos totalizando 18 conjuntos de armadilhas de interceptação e queda (*pitfalls*) sem atrativo.

DIVERSIDADE DA ENTOMOFAUNA EDÁFICA ASSOCIADA AO SISTEMA DE CULTIVO
INTEGRADO LAVOURA-PASTAGEM-FLORESTA-ILPF

Cada conjunto foi composto por três potes plásticos (7,5 cm de diâmetro, 8 cm de profundidade) distantes aproximadamente 30 cm entre si (Tabela 1, Figura 1 e Figura 2). Os potes enterrados a nível do solo com abertura para cima e abastecidos com água (1/3 da capacidade total) e detergente neutro para matar/conservar os animais. O uso do detergente é indicado para romper a tensão superficial da água fazendo com eles não fiquem dispersos no recipiente (Aquino; Aguiar-Menezes; Queiroz, 2006). Sob a abertura de cada armadilha, havia uma tampa plástica apoiada por dois espetos de madeira distante 5 cm do solo, para evitar transbordamento por água da chuva e queda acidental de outros artrópodes e pequenos vertebrados (Teixeira, 2012).

As coletas foram feitas por 43 dias (28/05/2023 a 10/07/2023). Na primeira e segunda coletas, as armadilhas ficaram expostas por sete dias, enquanto na terceira e quarta durante 15 dias.

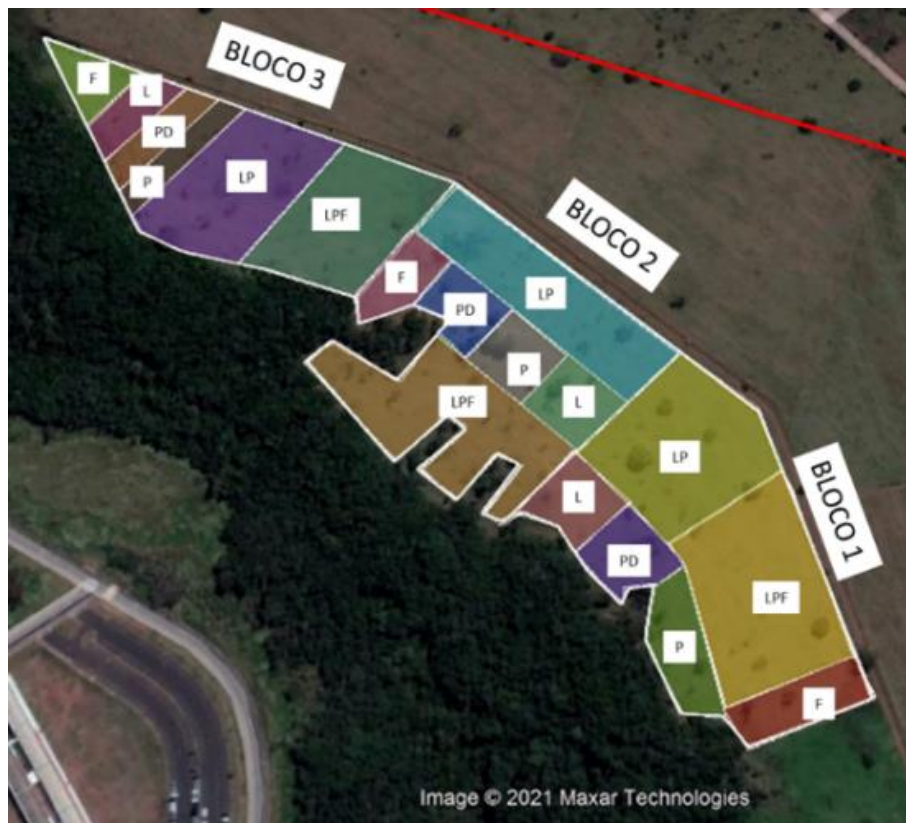
O material coletado foi triado, separado e identificado no laboratório de Biologia, Zoologia e Entomologia (LaBZE) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) com auxílio de placa de petri e sob foco de estereomicroscópio. Os insetos separados foram identificados a nível de ordem com auxílio de chave dicotômica disponíveis em Rafael *et al.* (2012) e Gallo *et al.* (2002).

Tabela 1 – Localização dos pontos de amostragem com armadilhas de interceptação e queda (pitfall) para o monitoramento da entomofauna edáfica do campo experimental oeste de propriedade da EPAMIG no município de Uberaba, MG.

Ponto	Localização		Descrição
	Lat.	Long.	
Pitfall F1	-19.70960742	-47.95640856	Área com floresta - Bloco 1
Pitfall F2	-19.70709969	-47.95829516	Área com floresta - Bloco 2
Pitfall F3	-19.70523457	-47.96115004	Área com floresta - Bloco 3
Pitfall P1	-19.70927885	-47.95704089	Área com pastagem – Bloco 1
Pitfall P2	-19.70746299	-47.95780633	Área com pastagem – Bloco 2
Pitfall P3	-19.70659751	-47.95989275	Área com pastagem – Bloco 3
Pitfall L1	-19.70813372	-47.95706	Área com lavoura – Bloco 1
Pitfall L2	-19.70793298	-47.95758605	Área com lavoura – Bloco 2
Pitfall L3	-19.7054126	-47.96055224	Área com lavoura – Bloco 3
Pitfall PD1	-19.708866	-47.95744892	Área com pastagem degradada – Bloco 1
Pitfall PD2	-19.70685539	-47.95857176	Área com pastagem degradada – Bloco 2
Pitfall PD3	-19.70583682	-47.96036985	Área com pastagem degradada – Bloco 3
Pitfall LP1	-19.7083433	-47.95737248	Área com pastagem e lavoura – Bloco 1
Pitfall LP2	-19.70728276	-47.95763786	Área com pastagem e lavoura – Bloco 2
Pitfall LP3	-19.7064116	47.95936804	Área com pastagem e lavoura – Bloco 3
Pitfall LPF1	-19.70910714	-47.95669254	Área com pastagem, lavoura e floresta – Bloco 1
Pitfall LPF2	-19.70786606	-47.95868743	Área com pastagem, lavoura e floresta – Bloco 2
Pitfall LPF3	-19.70659151	-47.95874242	Área com pastagem, lavoura e floresta – Bloco 3

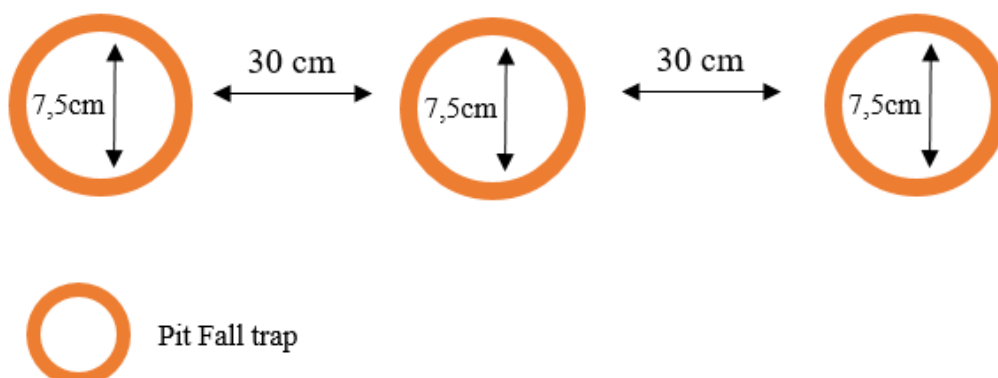
Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Figura 1 — Pontos de amostragem das armadilhas de interceptação e queda (pitfall) para o monitoramento da entomofauna do campo experimental oeste de propriedade da EPAMIG no município de Uberaba, MG. Polígono amarelo: área do campo experimental oeste.



Fonte: Google Earth, 2023.

Figura 2 — Desenho esquemático das armadilhas de interceptação e queda (pitfall) para o monitoramento da entomofauna do campo experimental oeste de propriedade da EPAMIG no município de Uberaba, MG.



Fonte: elaboração dos autores, 2023.

2.3 ANÁLISE DE DADOS

Os insetos coletados nas *pitfalls* foram analisados quantitativamente, por meio das listagens, empregando o cálculo de índice de diversidade de Shannon Wiener (H'). O índice de diversidade de Shannon Wiener (H') representa a proporção de grupos em relação ao número total de espécimes encontrados nos levantamentos (Leão, 2018). A diversidade de Shannon Wiener foi obtido pela fórmula:

$$H' = -\sum pi \log pi$$

Onde: $pi = ni/N$, sendo ni a densidade de cada grupo e $N = \sum$ da densidade de todos os grupos.

Para avaliar a semelhança da riqueza de ordens de insetos entre as áreas estudadas, foi usado o índice de Jaccard. Obtém-se o valor pela função:

$$S = \frac{a}{(a + b + c)}$$

Onde: $a =$ é o número de espécies/famílias em ambos os locais (A e B); $b =$ é o número de espécies no local B, mas não presentes em A; c representa as espécies exclusivas do local A.

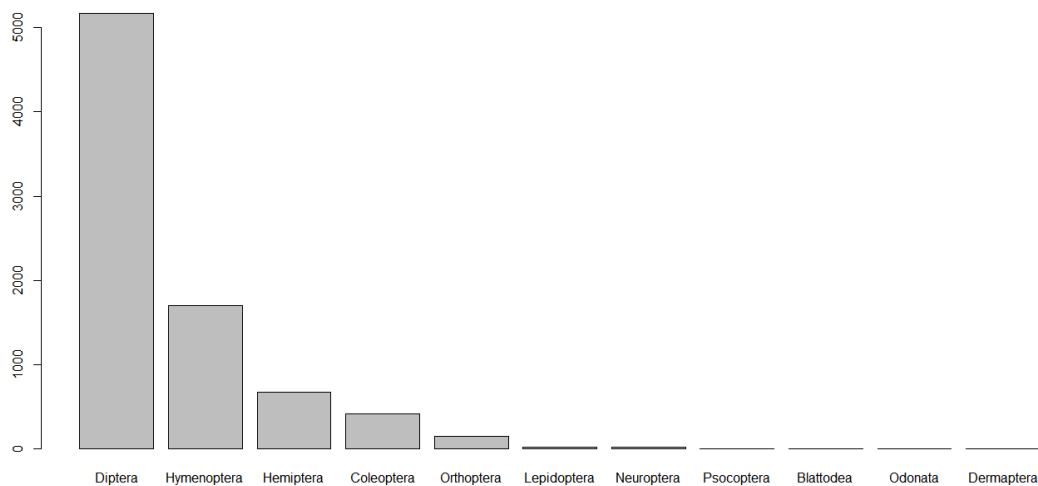
A partir desse valor, foi obtido um dendrograma comparativo entre as áreas estudadas. Todos os testes estatísticos foram realizados usando o programa R Studio versão 1.3.1073 (R CORE TEAM, 2014).

3. RESULTADOS

Durante o período de amostragem, foram coletados 8.164 indivíduos da classe Insecta distribuídos por 11 ordens: Hymenoptera, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Orthoptera, Neuroptera, Lepidoptera, Psocoptera, Blattodea, Odonata e Dermaptera. Do total, 489 indivíduos foram coletados nas áreas de floresta, 985 indivíduos nas áreas de pastagem, 966 nas áreas de lavoura, 710 indivíduos na área de pastagem-degradada, 2665 nas áreas de lavoura-pastagem e 2349 nas áreas de lavoura-pastagem-floresta.

No período referido, a ordem Diptera foi a mais abundante, representando 63,3% dos indivíduos coletados, seguida da ordem Hymenoptera (20,8%) e Hemiptera (8,2%) (Figura 3). Em todas as áreas, Diptera foi a ordem mais abundante, exceto na área de pastagem-degradada, na qual a ordem Hymenoptera foi a mais abundante. A segunda ordem mais abundante foi Hymenoptera para as áreas florestais, lavoura, lavoura-pastagem e LPF; apenas para as áreas de pastagem a ordem Hemiptera foi em média mais abundante que a ordem Hymenoptera. A abundância média de ordens por sistema de cultivo pode ser observada na Tabela 2, em que é possível observar a dominância da ordem Diptera sobre as outras.

Figura 3 — Número de ordens (riqueza) por número de indivíduos (abundância) de insetos coletados em pitfalls em sistema de cultivo integrado lavoura-pecuária-floresta (LPF), no campo experimental oeste da EPAMIG no município de Uberaba, MG.



Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Tabela 2 — Abundância média das ordens de insetos por sistema de cultivo: Floresta (F), Pastagem (P), Lavoura (L), Pastagem-degradada (PD), Lavoura-pastagem (LP) e Lavoura-pastagem-floresta (LPF), no campo experimental oeste da EPAMIG no município de Uberaba, MG.

Ordens	F	P	L	PD	LP	LPF
Diptera	63,3	203,6	206	54	605,3	590,3
Hymenoptera	52	38	53,3	113,3	204,3	105,3
Hemiptera	32,3	41,3	24,6	33	40,3	52
Coleoptera	10,3	28,6	31,6	25,3	21,3	21
Orthoptera	4	14	3,3	9	12,6	8,3
Lepidoptera	1	1	1,6	0,6	2,6	2,3
Neuroptera	0	1,3	1,3	0,6	1,6	2,6
Psocoptera	0	0	0	0,3	0	0,3
Blattodea	0	0	0	0	0	0,6

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

O valor de Shannon-Wiener ilustra a diversidade do conjunto de áreas estudadas. As áreas de monocultivo (F; L; P; PD) foram as que menos capturaram insetos, por outro lado, obtiveram maiores índices de diversidade; as áreas de cultivo integrado (LP e LPF) foram as que mais capturaram insetos, porém obtiveram menor índice (Tabela 3).

Tabela 3 — Valores do índice de diversidade de Shannon das ordens de insetos capturados em armadilha pitfalls em diferentes sistemas de cultivo Floresta (F), Pastagem (P), Lavoura (L), Pastagem-degradada (PD), Lavoura-pastagem (LP) e Lavoura-pastagem-floresta (LPF), no campo experimental oeste da EPAMIG no município de Uberaba, MG.

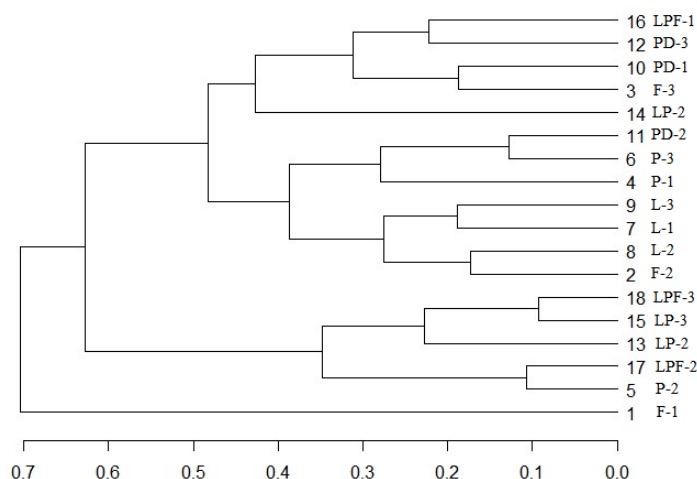
Sistemas	F	P	L	PD	LP	LPF
H'	1,35	1,19	1,10	1,37	0,91	0,85

H'—Índice de diversidade Shannon.

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Para verificar a similaridade entre as áreas estudadas, foi construído um dendrograma (Figura 4) que se baseia no índice de Jaccard e considera a semelhança das áreas tanto no número de ordens comuns quanto na abundância desses grupos. O valor da correlação cofenética foi 0,85. Valores maiores que 0.7 para a correlação da distância cofenética corroboram a confiabilidade de um cluster, sendo 1 a correlação ideal. As áreas LPF3 e LP3 foram as que possuíram maior similaridade (90%).

Figura 4 — Dendrograma apresenta as relações de similaridade baseado no índice de Jaccard para 18 áreas de cultivo dos sistemas: Floresta (F), Pastagem (P), Lavoura (L), Pastagem-degradada (PD), Lavoura-pastagem (LP) e Lavoura-pastagem-floresta (LPF), no campo experimental oeste da EPAMIG no município de Uberaba, MG. Quanto mais próximos de zero os pares se bifurcam, maior a taxa de similaridade entre eles.



Fonte: dados da pesquisa, 2023.

4 DISCUSSÃO

As ordens mais abundantes encontradas no estudo foram Diptera, Hymenoptera, Hemiptera e Coleoptera. No estudo desenvolvido por Oliveira e seus colaboradores (2013), os autores realizaram o levantamento de ordens mais abundantes em uma área de fragmento de caatinga e encontraram, de forma muito semelhante a este estudo, as ordens Diptera, seguida de Hymenoptera, como as mais abundantes. Os

autores atribuíram esses resultados ao fato de que Diptera é uma ordem mega diversa, ainda que pitfalls seja especialista em coletar espécimes edáficos, e a ordem Hymenoptera pela abundância característica e sua capacidade de se adaptar a diversos ambientes.

A abundância média de dípteras foi maior nas áreas de lavoura, lavoura-pastagem e lavoura-pastagem-floresta. A possível relação positiva entre a presença da lavoura (milho) e a presença de dípteros é o fato de que a maior parte da amostragem de dípteros tenha sido responsável por moscas do gênero *Euxesta* spp. (Otitidae). Esse gênero é considerado uma praga secundária do milho e ataca os ponteiros das espigas (Gallo *et al.*, 2002); a sua principal ocorrência é durante o florescimento do milho, momento em que ocorre oviposição da praga (Link *et al.*, 1984).

Estudos de inventário de fauna edáfica são caracterizados pela abundância de Hymenoptera, principalmente Formicidae (Leão, 2018; Oliveira *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2016; Gutjahr *et al.*, 2020;). As formigas possuem hábitos alimentares diversificados e exploram muito bem os ambientes terrestres, daí o sucesso em capturar esses himenópteros. Além disso, por terem o hábito de forragear em grupos, estão sempre em grandes quantidades em estudos de monitoramento edáfico (Carvalho *et al.*, 2021).

Os baixos valores apresentados pelo teste de Shannon demonstram que há baixa diversidade de ordens nas áreas de cultivo integrado. A alta frequência de grupos como Diptera e Hymenoptera em determinadas áreas promove elevação da dominância e redução da diversidade da área (Ribeiro, 2005). Provavelmente foi o que aconteceu com as áreas de LPF; em virtude da alta abundância das ordens, houve redução do índice de Shannon. Isso acontece pelo fato de que o teste combina riqueza com uniformidade, atribuindo maior peso às espécies raras (Ferraz *et al.*, 2009).

No estudo de Aquino, Chaves e Pino (2020), os autores compararam a diversidade da entomofauna edáfica associada ao plantio de café em monocultura e em consórcio com seringueiras. Eles observaram que o índice de Shannon foi maior para a monocultura, tendo em vista a uniformidade na distribuição dos insetos pelos grupos, ainda que o consórcio tivesse maior riqueza. Esses mesmos autores apontam duas hipóteses para a redução da diversidade nos ambientes com maior diversidade vegetal. A primeira, o aumento da diversidade vegetal não necessariamente aumenta a diversidade de insetos, mas essas plantas podem inclusive ajudar no aumento das populações de espécies pragas. A segunda, a falta de capina nas áreas de cultivo estudadas e as plantas daninhas servem de atrativo para os insetos.

LPF-3 e LP-3 foram as áreas que apresentaram maior semelhança entre os pares formados. Por serem áreas de cultivo integrado, possuem integração com os componentes de lavoura e pastagem; é possível que isso contribua para a composição semelhantes da abundância e riqueza de espécies. Além disso, outro fato que pode ter contribuído substancialmente para a semelhança encontrada é que as duas áreas são vizinhas (Figura 1). Santos e colaboradores (2016), ao compararem a composição da entomofauna associada a uma mata Ripária e um sistema agroflorestal, encontram grande semelhança entre as áreas e atribuíram essa semelhança à proximidade das duas áreas estudadas, o que pode ter possibilitado fluxo contínuo de insetos entre elas, bem como ao número reduzido de coletas realizadas em seu estudo. Dessa forma, é possível

unir as duas hipóteses, a proximidade entre as áreas LPF-3 e LP-3 e a composição vegetal equivalente, o que pode ter contribuído para o resultado encontrado.

5 CONCLUSÃO

Durante o período de amostragem, foram coletadas 11 ordens de insetos: Hymenoptera, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Orthoptera, Neuroptera, Lepidoptera, Psocoptera, Blattodea, Odonata e Dermaptera. Entre elas, Diptera foi a ordem mais abundante, seguida da ordem Hymenoptera.

As áreas de monocultivo apresentaram maiores índices de diversidade se comparadas às áreas de cultivo integrado. Para entender essa estrutura, serão necessários estudos mais profundos para conhecer toda a entomofauna associada às áreas pesquisadas tanto no período seco, quanto no chuvoso.

As áreas de maior similaridade foram LPF-3 e LP-3. Essas áreas, além de possuírem uma composição vegetal muito semelhante, são vizinhas, o que propiciou, provavelmente, o fluxo de insetos entre as áreas.

REFERÊNCIAS

ALVES, W. da S. B.; MARTINS, D. dos S.; FERREIRA, P. S. F.; ROSA, R.; SANTOS, B. C. dos; GOMES, C. F.; FERREIRA, L. S. F.; FORNAZIER, M. J.; QUEIROZ, R. B. Entomofauna com indicador ecológico em sistemas agrofloretais no bioma Mata Atlântica. *In*: Seminário de iniciação científica e tecnológica (SICT) do Incaper, 1., 2016. **Jornada de iniciação científica, desenvolvimento tecnológico e inovação do IFES**, 11., 2016. Venda Nova do Imigrante, ES: IFES; Incaper, 2016. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/2501>.

AQUINO, A. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; QUEIROZ, J. M. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“pitfall-traps”). **Circular Técnica Embrapa**. Rio de Janeiro, n. 16, 2006.

AQUINO, DR; CHAVES, Q. da S.; PINA, W. da C. Entomofauna edáfica em dois sistemas de cultivos de café conilon no extremo sul da Bahia / Entomofauna edáfica em dois sistemas de cafezais conilon no extremo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [S. l.], v. 5, pág. 25703–25711, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-138. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9735>.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P. de; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da integração Lavoura-pecuária-floresta (iLPF). **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.138, p. 1-18, jun. 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1111127/1/BalbinoAgriculturasustentavel.pdf>.

CARVALHO, L. L. B. de; CASTRO, H. de S.; CAMPOS, I. L.; ANHÊ, B. B.; JUCÁ, A. C. C.; OLIVEIRA, D. A. de; LINS, P. M. P.; SILVA, G. B. da; BATISTA, T. F. V.

Entomofauna edáfica associada a lavouras de coqueiro na Amazônia oriental. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 42, n. 5, p. 2615–2628, 2021. DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n5p2615. Disponível em:

<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/40400>.

DUELLI, P.; OBRIST, M.K.; SCHMATZ, D.R. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes above-ground insects. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, n.1-3, p. 33-64, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00029-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00029-8).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 412p, 1999.

FERNANDES, L. de O.; REIS, R. A.; PAES, J. M.V. Efeito da suplementação no desempenho de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu pasture*. **Ciência e Agrotecnologia** [online], v. 34, n. 1 pp. 240-248, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000100031>.

FERRAZ, A. C. P.; GADELHA, B. Q.; AGUIAR-COELHO, V. M. Análise faunística de Calliphoridae (Diptera) da Reserva Biológica do Tinguá, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v.53, n.4, p. 620-628, 2009.

FLAUSINO, B. F. **Avaliação da abundância de pragas e inimigos naturais no consórcio milho-braquiária**. 2021. 42f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários) - Universidade Federal de Viçosa, Florestal, 2021. Disponível em:

<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3997/1/texto%20completo.pdf>.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GUTJAHR, A. L.; MARTINS, A.; BRAGA, C. E.; SANTOS, S. Artropodofauna edáfica de um sistema agroflorestal (SAF) em um assentamento agrário na região amazônica.

Enciclopédia Biosfera, [S. l.], v. 17, n. 33, 2020. Disponível em:

<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/657>.

LEÃO, M. D. M. **Diversidade da entomofauna edáfica no "Sítio Brotando a Emancipação/Cascavel-CE", em diferentes coberturas vegetais e períodos sazonais**.

2018. 43f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em:

<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/40015>.

LINK, D. *et al.* Ocorrência da mosca *Euxesta* sp. em milho doce na região de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Revista de Centro de Ciências Rurais**, v. 14, p. 93-99, 1984.

- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia** [online]. 2009, v. 38, p. 133-146. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300015>.
- MONTEIRO, L. F. PEIXOTO, L. N. QUEIROGA, J. L. de RAMOS FILHO, L. O. MARINHO-PRADO, J. S. Diversidade de insetos em horta de sistema agroflorestal. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2020, Campinas. Anais... Campinas: **Embrapa Informática Agropecuária**, 2020. p. 1-12. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1126330>.
- OLIVEIRA, I. B. R.; MOURA, J. Z. de; MOURA, S. G. de; BRITO, W. C.; SOUSA, A. A. de; SANTANA, J. de D. P.; MAGGIONI, K. Diversidade da entomofauna em uma área de Caatinga no município de Bom Jesus-PI, Brasil. **Científica**, Dracena, SP, v. 41, n. 2, p. 150–155, 2013. DOI: 10.15361/1984-5529.2013v41n2p150-155. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/409>.
- OLIVEIRA, R. M. de. **Importância da vegetação espontânea na polinização de pimenta *Capsicum frutescens***. 2014. 50f. Dissertação (Mestrado em entomologia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2014. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3997/1/texto%20completo.pdf>.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014.
- RAFAEL, J. A. *et al.* (Ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto. Holos, 2012.
- RIBEIRO, F. V. **Biodiversidade e distribuição geográfica de *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) no Alto e Médio Rio Solimões, Amazonas**. 2005. 106f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia) -Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2005.
- ROOT, R. B. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monographs**, v. 43, p. 95–124, 1973.
- SANTOS, R. S. *et al.* Levantamento da entomofauna edáfica associada à mata ripária e sistema agroflorestal, em Rio Branco, AC. **Rev. Agrotrópica**, v. 28, p. 277-284, 2016.
- TEIXEIRA, F. M. Técnicas de captura de Hymenoptera (Insecta). **Vértices**, v.14, n. 1, p. 169-198, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fm-Teixeira/publication/264414345_Tecnicas_de_captura_de_Hymenoptera_Insecta/links/53dbbc2f0cf216e4210bffb8/Tecnicas-de-captura-de-Hymenoptera-Insecta.pdf.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5405>. Acesso em: 2 ago. 2022.

Efeito antagonista de *Bacillus* spp. sobre o fungo *Fusarium verticillioides*

Antagonist effect of Bacillus Spp. on the fungus Fusarium Verticillioides

NATHÁLIA SILVA PORTO
Discente de Agronomia (UNIPAM)
nathaliaporto@unipam.edu.br

JANAÍNE MYRNA RODRIGUES REIS
Professora orientadora (UNIPAM)
janaine@unipam.edu.br

Resumo: O fungo *Fusarium verticillioides* causa grandes perdas de produtividade e qualidade de grãos, principalmente no milho. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial antagonístico *in vitro* de cepas de *Bacillus* spp. no controle do *Fusarium verticillioides*. O experimento foi conduzido em laboratório em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 11 tratamentos (dez cepas *Bacillus* spp. e um Controle) e seis repetições. Foi utilizada a técnica de culturas pareadas, adicionando-se em placas de Petri um disco contendo o micélio fitopatógeno e do lado oposto a bactéria. As placas foram incubadas em BOD a 25° C. Após 15 dias, foram avaliados o crescimento micelial e a zona de inibição. Os dados foram submetidos ao teste de Tukey, em que se verificou diferença estatística de oito cepas de bactérias em relação ao controle. Concluiu-se que as oito cepas das bactérias possuem potencial antagonístico no controle *in vitro* de *F. verticillioides*.

Palavras-chave: bactéria; biocontrole; fitopatógeno; *in vitro*.

Abstract: The fungus *Fusarium verticillioides* causes significant losses in grain productivity and quality, especially in corn. Thus, the objective of this study was to evaluate the *in vitro* antagonistic potential of *Bacillus* spp. strains in controlling *Fusarium verticillioides*. The experiment was conducted in the laboratory in a Completely Randomized Design (CRD) with 11 treatments (ten *Bacillus* spp. strains and one Control) and six replications. The paired cultures technique was used, adding a disk containing the phytopathogenic mycelium to Petri dishes and the bacteria on the opposite side. The plates were incubated in a BOD at 25°C. After 15 days, mycelial growth and the inhibition zone were evaluated. The data were subjected to Tukey's test, which showed a statistical difference for eight bacterial strains compared to the control. It was concluded that the eight bacterial strains have antagonistic potential in the *in vitro* control of *F. verticillioides*.

Keywords: bacteria; biocontrol; phytopathogen; *in vitro*.

1 INTRODUÇÃO

Os fungos do gênero *Fusarium* são responsáveis por elevadas perdas produtivas em culturas agrícolas devido à sua diversidade, à ampla distribuição, à variedade de

hospedeiros e aos eficientes mecanismos de disseminação (Farias, 2020). Entre as principais espécies desse gênero, encontra-se o *Fusarium verticillioides* (sinônimo, *F. moniliforme*), que está intimamente associado com o milho e suas regiões produtoras. Esse fungo provoca podridões de colmo e espiga, causando grandes perdas de produtividade e qualidade de grãos. Além disso, pode produzir micotoxinas com efeitos tóxicos para animais e humanos (Porto, 2018).

O método de controle predominantemente usado para suprimir esse patógeno é a aplicação de produtos químicos. Entretanto, a eficiência desse manejo tem apresentado redução devido ao uso intensivo e indiscriminado que seleciona variantes de fitopatógenos resistentes e elimina microrganismos benéficos presentes no solo. Ademais, acarreta efeitos negativos ao meio ambiente e aumento do custo de produção para o agricultor (Alves, *et al.* 2013).

Diante disso, técnicas alternativas para controle e manejo desse fungo estão sendo consideradas para que os problemas advindos do uso excessivo e incorreto de químicos sejam sanados. Uma dessas técnicas é o uso de controle biológico, que consiste na redução do inóculo ou das atividades da doença por um microrganismo com potencial antagonista. Os mecanismos de ação dos antagonistas normalmente envolvidos no controle biológico são a antibiose, parasitismo, hiperparasitismo e micoparasitismo, competição e indução de resistência. (Farias, 2020).

As bactérias do gênero *Bacillus* têm grande facilidade de colonização e multiplicação no solo, onde conseguem atuar como antagonistas a fitopatógenos (Carrer Filho, Dianese, Cunha, 2015). Nesse sentido, destacam-se principalmente, devido ao fato de apresentarem estruturas de resistências e de exibirem uma multiplicidade de mecanismos antagônicos (Carrer Filho, 2014).

Desse modo, esses procaríotos são considerados importantes agentes de biocontrole, porque apresentam baixo custo e nenhuma agressividade ao ecossistema (Silva *et al.* 2004). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial antagônico *in vitro* de cepas de *Bacillus* spp. no controle do *Fusarium verticillioides*.

2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado no mês de janeiro de 2024, no Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia, no Bloco H, do Centro Universitário de Patos de Minas – MG (UNIPAM).

2.1 OBTENÇÃO E ISOLAMENTO DAS CEPAS DE *Bacillus* spp. E DO *Fusarium verticillioides*

As cepas de *Bacillus* spp. utilizadas foram extraídas do solo em diferentes locais na região do Alto Paranaíba (MG), utilizando a metodologia descrita no protocolo World Health Organizations (WHO, 1985). Nesse método, cada amostra de 1 g de solo foi homogeneizada em 5 mL de solução salina (0,8 g NaCl/L) e levada à agitação a 80 rpm por um período de 12 horas. Após isso, uma alíquota de 1 mL foi transferida para tubos tipo “ependorf” e colocado em banho-maria à temperatura de 65° C durante 30 minutos. Realizou-se um choque térmico em gelo; em seguida, plaqueou-se uma

alíquota de 200 µl em placa de Petri contendo meio Luria-Bertani (LB). Posteriormente, o material foi incubado em estufa bacteriológica a 30°C, por 48 h.

O isolado do fungo *Fusarium verticillioides* foi obtido de multiplicação própria do Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia do UNIPAM. O fungo foi repicado em placa de Petri com meio Batata Dextrose Ágar (BDA) para purificar e para evitar possíveis contaminações.

2.2 PREPARO DO MEIO DE CULTURA ÁGAR NUTRIENTE (AN) + BATATA DEXTROSE ÁGAR (BDA)

O meio de cultura utilizado para a montagem do experimento foi o Ágar Nutriente (AN) mais o meio Batata Dextrose Ágar (BDA). Sendo assim, para o preparo de um litro de meio de cultura, foram utilizados 1000 mL de água destilada, 2,5g de peptona, 1,5g de extrato de carne, 4g de cloreto de sódio, 19,5g de BDA e 12,5g de ágar. Após a pesagem, os produtos foram transferidos para o Erlenmeyer juntamente com água. Em seguida, com auxílio de um bastão de vidro, foi misturado até a dissolução. Posteriormente, o Erlenmeyer foi vedado e levado para autoclave por 30 minutos a uma temperatura de 120°C (Mello *et al.*, 2011). Além disso, as placas de Petri com dimensões de 90x15mm e volume de 30 mL cada uma também foram autoclavadas para esterilização.

Após a autoclavagem dos materiais, o meio de cultura foi transferido para placas de Petri dentro da câmara de fluxo. Posteriormente, utilizou-se a luz germicida UV durante 20 minutos para evitar contaminação. Em seguida, com o meio de cultura solidificado, as placas foram fechadas e vedadas com plástico filme.

2.3 ANÁLISE ANTAGONISTA DE *Bacillus* spp. E *Fusarium verticillioides*

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) com 11 tratamentos e 6 repetições, considerando-se cada placa uma unidade experimental (Tabela 1). Para análise de antagonismo foram avaliados dez isolados de *Bacillus* spp. e um tratamento controle.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos utilizados no ensaio intitulado “Efeito antagonista de *Bacillus* spp. sobre o fungo *Fusarium verticillioides*”. Patos de Minas – MG, 2024

Tratamentos	Produtos
T1	cepa <i>Bacillus</i> spp. 1
T2	cepa <i>Bacillus</i> spp. 2
T3	cepa <i>Bacillus</i> spp. 3
T4	cepa <i>Bacillus</i> spp. 4
T5	cepa <i>Bacillus</i> spp. 5
T6	cepa <i>Bacillus</i> spp. 6
T7	cepa <i>Bacillus</i> spp. 7
T8	cepa <i>Bacillus</i> spp. 8

EFEITO ANTAGONISTA DE BACILLUS SPP. SOBRE O FUNGO FUSARIUM
VERTICILLIOIDES

T9	cepa <i>Bacillus</i> spp. 9
T10	cepa <i>Bacillus</i> spp. 10
T11	Controle

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Para o teste, foi utilizada a técnica de culturas pareadas, em que foi adicionado, em placas de Petri contendo meio AN + BDA, um disco de 0,8 cm de diâmetro, contendo micélios do fitopatógeno posicionados a 1,0 cm da borda da placa. Posteriormente, o isolado bacteriano foi inoculado por uma estria reta, com o auxílio de uma alça de platina, do lado oposto da placa e a uma distância de 1,0 cm da borda.

O controle consistiu em depositar um disco contendo micélio do fungo de 0,8 cm de diâmetro a 1,0 cm de distância da borda da placa, sem a semeadura da bactéria. Após a implantação do experimento, as placas foram transferidas para a incubadora BOD e mantidas a 25° C, por 15 dias. Todos os procedimentos foram realizados em condições assépticas, em câmara de fluxo laminar.

2.4 AVALIAÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após 15 dias de incubação, foi realizada a avaliação do crescimento micelial a partir da mensuração do diâmetro da colônia do fitopatógeno, com o auxílio de um paquímetro. Além disso, foi calculada a zona de inibição (ZI) de cada microrganismo com metodologia descrita por Campanile *et al.* (2007), utilizando a seguinte expressão: $ZI (\%) = (N1 - N2 / N1) \times 100$, sendo: (ZI)% = percentagem da zona de crescimento; N1= raio do micélio encontrado na ausência do antagonista; N2= raio do micélio na presença do antagonista.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA, Teste F a 5% de probabilidade), e os tratamentos comparados por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade com auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 2, observou-se que a cepa *Bacillus* spp. 4 apresentou porcentagem de inibição de aproximadamente 65% e crescimento micelial de 2,7 cm. As cepas *Bacillus* spp. 9, 7 e 8 foram semelhantes estatisticamente e apresentaram inibição do fungo de 45,4%, 57,5% e 59,8%, respectivamente, e o crescimento micelial não ultrapassou 4,3 cm.

Nota-se que as cepas *Bacillus* spp. 2, 3, 6 e 5 apresentaram porcentagem de inibição entre 42% e 44% e o crescimento micelial do *F. verticillioides* de 4,4 cm a 4,3 cm e não evidenciaram diferença estatística entre si. Já as cepas *Bacillus* spp. 10 e 11 não apresentaram inibição contra o fitopatógeno e não mostraram diferenças significativas quando comparados com o controle.

Tabela 2 – Zona de inibição (%) e crescimento micelial (cm) do fungo *Fusarium verticillioides* em teste de culturas pareadas com 10 cepas de *Bacillus* spp. visando ao biocontrole. Patos de Minas-MG, 2024.

Tratamento	Zona de inibição (%)	Crescimento Micelial (cm) *		
cepa <i>Bacillus</i> spp. 4	64,764	2,766	a	
cepa <i>Bacillus</i> spp. 9	59,873	3,150	a	b
cepa <i>Bacillus</i> spp. 7	57,541	3,333	a	b
cepa <i>Bacillus</i> spp. 8	45,439	4,283	a	b
cepa <i>Bacillus</i> spp. 2	44,803	4,333		b
cepa <i>Bacillus</i> spp. 3	43,312	4,450		b
cepa <i>Bacillus</i> spp. 6	42,892	4,483		b
cepa <i>Bacillus</i> spp. 5	42,892	4,483		b
cepa <i>Bacillus</i> spp. 11	10,191	7,050		c
cepa <i>Bacillus</i> spp. 10	2,981	7,616		c
Controle	0,000	7,850		c

*Média de seis repetições, seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Segundo Brzezinska & Jankiewicz (2012), a porcentagem de inibição do crescimento micelial se enquadra em quatro critérios: sem inibição (0 – 20%), inibição moderada (21-30%), inibição forte (31-50%) e inibição muito forte (> 50%). Dessa maneira, no presente estudo, as cepas 10 e 11 não apresentaram inibição do crescimento micelial e as demais cepas demonstraram uma inibição que variou de forte a muito forte.

No estudo de Alves *et al.* (2013), em que foi avaliada a atividade antagonista de isolados de bactérias contra *F. verticillioides*, os maiores índices de inibição das bactérias B.1433, B.01 e B.BAC expressaram 53,10%, 52,50% e 50,00% de inibição, respectivamente. Dessa forma, os autores demonstraram que nas avaliações não se apresentou inibição muito forte, mas apenas forte, diferentemente do que ocorreu no presente trabalho.

Baard *et al.* 2023 avaliaram o potencial de biocontrole de *Bacillus subtilis* e *Bacillus tequilensis* contra quatro espécies de *Fusarium*, constatando-se que o *F. verticillioides* foi significativamente inibido por todos os isolados bacterianos após 12 dias. Tais resultados distinguem-se do que aconteceu no presente estudo, em que duas das dez cepas não apresentaram potencial de inibição significativo após 15 dias da montagem do experimento.

Em trabalho semelhante, avaliando o potencial de *Bacillus* spp. controlar *F. verticillioides*, Ferreira *et al.* (2021) observaram que a inibição do crescimento micelial e da germinação de conídios do patógeno está relacionada à produção de metabólitos, como os lipopeptídeos. Ademais, de acordo com Konde (1984), o antagonismo também pode ocorrer pela produção de bacteriocinas, bem como pela competição por elementos essenciais ao desenvolvimento do fitopatógeno *in vitro*. Dessa forma, tais trabalhos corroboram a explicação da inibição do fitopatógeno no presente estudo, em que é

notório o antagonismo das bactérias, que pode ter ocorrido principalmente pela produção de metabólitos e bacteriocinas.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que as cepas *Bacillus* spp. 4, 9, 7, 8, 2, 3, 6, 5 possuem potencial antagonico no controle *in vitro* de *Fusarium verticillioides*.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. N. T. D. *et al.* Seleção de microrganismos antagonistas para biocontrole de *Fusarium verticillioides* na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013.
- BAARD, V. *et al.* Biocontrol Potential of *Bacillus subtilis* and *Bacillus tequilensis* against Four *Fusarium* Species. 12, 254. **Pathogens**, 2023.
- BRZEZINSKA, M. S., JANKIEWIEZ, U. Production of antifungal chitinase by *Aspergillus niger* LOCK 62 and its potential role in the biological control. **Curr Microbiol**, v. 65, p. 666-672, 2012.
- CAMPANILE, G.; RUSCELLI, A.; LUISI, N. Antagonistic activity fo endophytic fungi towards *Diplodia corticola* assessed by in vitro and in plant tests. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 117, p. 237-246, 2007.
- CARRER FILHO R., DIANESE, E. C., CUNHA, M. G. Supressão da murcha de fusário em tomateiro por rizobactérias do gênero *Bacillus*. **Pesq. Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 356-363, 2015.
- CARRER FILHO, R. **Detecção de resistência a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* e biocontrole da murcha de fusário em tomateiro com *Bacillus* sp.** 2014. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitossanidade) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 2014.
- FARIAS, O. R. ***Fusarium* spp. associado a sementes de girassol.** 2020. 114 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba. Areia, PB. 2020.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância.** Lavras (MG): UFLA, 2010.
- FERREIRA, T. C. *et al.* Potencial de *Bacillus* spp. em promover o crescimento e controlar *Fusarium verticillioides* em milho. **Summa Phytopathologica**, v.47, n.4, p.195-203, 2021.

KONDE, B. K. Studies on soil streotomycetes from Maharashtra III. Antimicrobial properties. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, Pune, v. 9, p. 8-10, 1984.

MELLO, S. C. M. de; REIS, A.; SILVA, J. B. T. da. **Manual de curadores de Germoplasma – Microrganismos: fungos filamentosos**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2011.

PORTO, V. B. C. **Quantificação de *Fusarium verticillioides* e supressividade em sistemas de rotação de culturas milho/soja**. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

SILVA, H. S. A. *et al.* Induction of systemic resistance by *Bacillus cereus* against tomato foliar diseases under field conditions. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 152, n. 6, p. 371-375, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Informal Consultation on the Development of *Bacillus sphaericus* as a microbial larvicide. Geneva, UNDP/World Bank/ Who Special. **Programme for Research and Training in Tropical Diseases**. s/p. 1985.

Germinação e desenvolvimento inicial do algodoeiro submetido a doses e fontes de adubação fosfatada

Germination and early development of cotton subjected to doses and sources of phosphate fertilization

FLÁVIA MARINA SOUSA CORRÊIA

Graduanda do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: flaviamarina@unipam.edu.br

DIEGO HENRIQUE DA MOTA

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: diegoh@unipam.edu.br

Resumo: O cultivo do algodão representa uma atividade de considerável importância socioeconômica. Devido aos custos substanciais associados aos fertilizantes e aos seus potenciais impactos ambientais, tem havido um impulso para investigar alternativas ecologicamente mais viáveis. Este estudo teve como objetivo avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial do algodoeiro sujeito a diferentes doses e fontes de adubação fosfatada. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com um esquema fatorial $3 \times 2 + 1$ e quatro blocos, investigando diferentes dosagens e fontes, respectivamente. As fontes empregadas foram fertilizante mineral e organomineral, nas dosagens de 50%, 75% e 100%, além do controle. Foram realizadas avaliações abrangendo índice de velocidade de emergência, altura, diâmetro, número de folhas, massa fresca e seca da raiz e da parte aérea. Os resultados indicaram que a dosagem de 75% para as fontes utilizadas proporcionou o melhor custo-benefício em comparação com as outras doses. Não foram observadas diferenças significativas entre as fontes utilizadas.

Palavras chave: crescimento; *Gossypium hirsutum* L.; nutrição.

Abstract: Cotton cultivation represents an activity of considerable socioeconomic importance. Due to substantial costs associated with fertilizers and their potential environmental impacts, there has been a push to investigate more ecologically viable alternatives. This study aimed to evaluate the germination and early development of cotton subjected to different doses and sources of phosphate fertilization. A randomized complete block design (RCBD) was used with a $3 \times 2 + 1$ factorial scheme and four blocks, investigating different dosages and sources, respectively. The sources employed were mineral and organomineral fertilizers, at dosages of 50%, 75%, and 100%, in addition to the control. Evaluations were conducted covering emergence speed index, height, diameter, number of leaves, fresh and dry mass of root and shoot. The results indicated that the dosage of 75% for the sources used provided the best cost-benefit compared to other doses. No significant differences were observed between the sources used.

Keywords: growth; *Gossypium hirsutum* L.; nutrition.

1 INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) destaca-se como uma cultura de relevância socioeconômica e versatilidade abrangente. A cotonicultura ocupa uma posição de destaque na produção natural de fibras, com suas sementes sendo utilizadas como fonte de óleo e farinha, enquanto a casca é aproveitada na alimentação de gado leiteiro (Lançoni, 2018). Globalmente, uma média de 35 milhões de hectares são dedicados ao cultivo de algodão, com o Brasil mantendo-se consistentemente entre os cinco maiores produtores, alcançando sucesso tanto nas exportações quanto no mercado interno (ABRAPA, 2023).

Com efeito, os estados de Mato Grosso e Bahia respondem por 88% da produção nacional de algodão, obtendo resultados significativos em produtividade devido às condições climáticas que favorecem o cultivo do algodoeiro (Silva *et al.*, 2023). No entanto, apesar da adaptabilidade da cultura, a demanda tecnológica investida no manejo e na implantação da lavoura torna o custo de produção oneroso, contribuindo para o risco de perda de lucratividade (Vendruscolo *et al.*, 2018).

O aumento da produtividade do algodoeiro está diretamente relacionado à utilização de técnicas adequadas no manejo da cultura, sendo importante o conhecimento da genética e da fisiologia da planta para alcançar um maior potencial produtivo (Figueiredo, 2020). A nutrição mineral no algodoeiro desempenha papel crucial no desenvolvimento da cultura, especialmente porque os nutrientes influenciam diretamente na qualidade da fibra (Alexandria Junior *et al.*, 2011). Nesse contexto, a fotossíntese, a clorofila, a fotorrespiração e as condições edafoclimáticas são fatores relacionados à escolha do fertilizante, uma vez que este proporciona as condições e concentrações para a disponibilização dos nutrientes às plantas (Figueiredo, 2020).

O fósforo é um nutriente de vital importância para as plantas, sendo necessário em quantidades significativas nos solos brasileiros devido à sua baixa disponibilidade natural e à forte afinidade da fração mineral pelo elemento. Isso resulta em processos de adsorção e precipitação que removem o nutriente da solução do solo. Além disso, a fixação de fósforo no solo é um desafio limitante para a produção agrícola, decorrente da rápida formação de complexos insolúveis com cátions, especialmente alumínio e ferro em condições ácidas, tornando o fósforo indisponível para as plantas (Carvalho; Barbosa; Leandro, 2005). O algodoeiro demanda quantidades consideráveis de fósforo ao longo de todo o seu ciclo, com destaque para o período que compreende o início da formação dos botões florais até a maturação.

O aumento dos custos com fertilizantes e seus impactos ambientais têm impulsionado a busca por alternativas mais ecológicas. O fertilizante organomineral tem se destacado pela eficiência, economia e sustentabilidade das adubações, visto que sua composição combina fontes de compostos minerais e orgânicos. Além disso, sua utilização traz benefícios para o solo, como a redução das perdas de nutrientes por lixiviação e fixação, além de promover a liberação gradual dos nutrientes para as plantas, o que contribui para o aumento da produtividade das culturas (Lançoni, 2018). Adicionalmente, o fertilizante organomineral auxilia na minimização da fixação do fósforo lábil no solo, prolongando a disponibilidade desse nutriente ao longo do tempo.

No cerrado, há escassez de pesquisas relacionadas ao efeito de doses e modos de aplicação de fósforo na cultura do algodão (Carvalho; Barbosa; Leandro, 2005). Diante desse cenário e considerando o elevado investimento necessário para a condução da lavoura de algodão com fertilizante, tornam-se imprescindíveis pesquisas que explorem novas tecnologias associadas, visando favorecer a germinação e o desenvolvimento inicial da cultura. Esses aspectos são essenciais para o aumento da produtividade e qualidade da fibra, além de contribuir para a redução dos custos de produção. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial do algodoeiro submetido a diferentes doses e fontes de adubação fosfatada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação na Fazenda Experimental Canavial do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), cujas coordenadas geográficas são 18°36'34"S e 46°29'16"W, a uma altitude de 891 metros em relação ao nível do mar. Segundo o método de Köppen, o clima da região é tropical, com estação seca e precipitação anual superior a 750 mm.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), com esquema fatorial 3 x 2 + 1 e quatro blocos, em que foram avaliadas diferentes dosagens e fontes de adubação, respectivamente. As fontes utilizadas foram os fertilizantes mineral e organomineral nas dosagens de 50%, 75%, e 100% da dose recomendada para a cultura, além do tratamento controle que não houve aplicação de fertilizante, totalizando 7 tratamentos (Tabela 1). A adubação de cobertura foi feita trinta e dois dias após a semeadura, utilizando ureia polimerizada na dosagem de 1,5 grama por vaso.

Tabela 1 — Descrição dos tratamentos utilizados na cultura do algodoeiro no experimento de “Germinação e desenvolvimento inicial do algodoeiro submetido a doses e fontes de adubação fosfatada”

Tratamento	Descrição	Dose N (g)	Dose P (g)	Dose K (g)
T1	Controle	0	0	0
T2	Mineral 11-51-00 50%	1,96	0,635	0,92
T3	Mineral 11-51-00 75%	1,96	0,953	0,92
T4	Mineral 11-51-00 100%	1,96	1,27	0,92
T5	Organomineral 05-26-00 50%	1,96	1,27	0,92
T6	Organomineral 05-26-00 75%	1,96	1,905	0,92
T7	Organomineral 05-26-00 100%	1,96	2,54	0,92

Fonte: dados da pesquisa, 2023

As unidades experimentais foram constituídas por vasos de 11 litros preenchidos com solo caracterizado pelas seguintes propriedades químicas: pH água 5,8; Al, Ca, Mg e K trocáveis 0,0; 3,42; 1,26 e 0,27 cmolc dm⁻³, respectivamente; acidez potencial (H + Al) 2,08 cmolc dm⁻³; P-meh 8,8 mg dm⁻³; V% 70; m% 0; SB 4,95 e CTCT 7,03 cmolc dm⁻³. A adubação seguiu as recomendações específicas para a cultura do algodão,

utilizando-se a formulação 05-26-00 para o fertilizante organomineral e 11-51-00 para o fertilizante mineral (MAP), conforme apresentado na Tabela 1.

A semeadura foi realizada com 6 sementes por vaso, a uma profundidade de 3 centímetros, e a irrigação foi manual e diária. O teste de germinação foi avaliado pelo índice de velocidade de emergência (IVE), calculado conforme a equação proposta por Maguire (1962), onde o IVE foi obtido somando a divisão do número de plântulas emergidas pelo número de dias após a semeadura em todas as contagens ($IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$), sendo: IVE = índice de velocidade de emergência; E = número de plântulas normais contadas nas contagens; N = número de dias após a semeadura. Foram realizadas quatro contagens de plantas emergidas, iniciando-se quatro dias após a semeadura e repetindo-se a cada três dias, totalizando nove dias de observação. Dois desbastes foram realizados, o primeiro aos 25 dias após a semeadura, deixando-se duas plantas por vaso, e o segundo aos 35 dias após a semeadura, permanecendo apenas uma planta por vaso.

As avaliações do desenvolvimento do algodoeiro foram realizadas a cada sete dias, a partir do teste de germinação, até completarem-se sessenta e três dias após a semeadura (DAS). Foram mensuradas a altura das plantas, utilizando uma trena graduada, do nível do solo até a inserção da última folha, e o diâmetro do caule, medido em milímetros com o auxílio de um paquímetro digital. Na última avaliação, também foi realizada a contagem do número de folhas por planta, além da mensuração da massa fresca e seca da parte aérea e das raízes. As plantas foram pesadas em uma balança digital para a determinação da massa fresca, enquanto para a obtenção da massa seca, utilizou-se uma balança analítica de precisão. Para a secagem, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa até atingirem a completa desidratação, a uma temperatura de 65°C.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, para os resultados significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA

O índice de velocidade de emergência das plântulas de algodão submetido a diferentes doses e fontes de adubação fosfatada não apresentou resultados significativos pela análise de variância (conforme demonstrado na Tabela 2). No entanto, Sayimbetov (2022) destaca a importância da aplicação superficial de fertilizantes fosfatados para o crescimento e desenvolvimento do algodão, proporcionando benefícios desde o início da germinação das sementes até o estágio final da planta.

Na literatura, Nery-Silva *et al.* (2011), ao avaliarem o efeito de fertilizantes organominerais na qualidade fisiológica de sementes de feijão cultivar BRS Embaixador, observaram diferenças estatisticamente significativas no desempenho das sementes quando submetidas ao tratamento com fertilizantes organominerais, resultando em uma melhoria na qualidade das sementes.

Tabela 2 — Resumo de análise de variância para o teste de germinação foi feito pelo índice de velocidade de emergência do algodoeiro em função de diferentes doses e fontes de adubação fosfatada

Pr>Fc	IVE
Tratamento	0.0162
Média geral	1.42
CV (%)	16.80

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

3.1 DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO INICIAL

A análise de variância revelou que, para as avaliações de altura aos 28, 49, 56 e 63 dias após a semeadura, não houve significância estatística (conforme apresentado na Tabela 3). Por outro lado, para os dias 35 e 42 após a semeadura, os resultados foram significativos e estatisticamente semelhantes entre esses dois períodos em relação aos tratamentos. A dosagem de 75% tanto para o fertilizante organomineral quanto para o fertilizante mineral destacou-se, apresentando maior altura das plântulas de algodão. Além disso, a dose de 100% do fertilizante mineral também promoveu maior altura em comparação com os outros tratamentos, embora essas dosagens tenham se diferenciado estatisticamente apenas da dose de 50% do fertilizante organomineral, que apresentou menor desempenho (conforme detalhado na Tabela 4).

Esses efeitos observados podem estar relacionados ao fato de que o fertilizante mineral disponibiliza os nutrientes de forma mais rápida para a planta, contribuindo para um desenvolvimento mais precoce no início do ciclo vegetativo. No entanto, a tecnologia presente no fertilizante organomineral permite a solubilização gradual dos nutrientes aplicados, mantendo-os disponíveis por um período mais longo e de forma mais uniforme durante todo o ciclo da planta, proporcionando uma melhor eficiência agrônômica (Kiehl, 2008).

No estudo conduzido por Figueiredo (2020), que investigou o desenvolvimento e a produtividade do algodoeiro em resposta a diferentes doses de adubo mineral e organomineral, foi observado que, para o parâmetro de altura média das plantas aos 30 dias após a semeadura, os tratamentos apresentaram diferenças significativas. A menor dose de 100 kg de MAP demonstrou melhor desempenho, seguida pelas maiores doses de organomineral utilizadas, que foram 400 kg ha⁻¹ e 500 kg ha⁻¹.

Em um estudo realizado por Carvalho *et al.* (2011), que investigou a resposta do algodoeiro à adubação fosfatada, comparando fertilizantes de liberação lenta com fertilizantes convencionais, não foram observadas diferenças significativas em altura e produtividade entre as fontes testadas. No entanto, em relação às doses, foi observado um maior rendimento de algodão em caroço na dosagem de 115 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Conforme observado por Lançoni (2018), a altura das plantas é um parâmetro biométrico que requer cuidados na avaliação, pois alturas elevadas podem não ser necessariamente vantajosas na cultura do algodão. Isso se deve ao fato de que o algodoeiro tem um grande potencial de desenvolvimento vegetativo, o qual, se não controlado adequadamente, pode prejudicar a produção, especialmente devido a fatores

GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DO ALGODOEIRO SUBMETIDO A DOSES E FONTES DE ADUBAÇÃO FOSFATADA

relacionados à adubação nitrogenada. Portanto, é crucial comparar a altura das plantas com a produtividade para obter resultados mais precisos e informativos.

Tabela 3 — Resumo de análises de variância para altura a 28, 49, 56 e 63 dias após a semeadura (DAS) do algodoeiro em função de diferentes doses e fontes de adubação fosfatada

Pr>Fc	28 DAS	49 DAS	56 DAS	63 DAS
Tratamento	0.1039	0.1102	0.1316	0.2347
Média geral	16.875	39.875	50.8	58.857
CV (%)	9.39	9.78	8.21	9.11

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Tabela 4 — Valores médios para altura a 35 e 42 dias após a semeadura (DAS) do algodoeiro em função de diferentes doses e fontes de adubação fosfatada.

Tratamentos	35 DAS	42 DAS
Controle	22.75 ab	30.625 ab
Mineral 50%	22.0 ab	30.75 ab
Mineral 75%	23.5 b	31.5 b
Mineral 100%	23.75 b	31.75 b
Organomineral 50%	17.625 a	24.0 a
Organomineral 75%	24.75 b	32.75 b
Organomineral 100%	22.125 ab	29.125 ab
CV%	10.89	9.65

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

O diâmetro das plantas avaliado nos dias 28, 35, 42, 49, 56 e 63 após a semeadura não apresentou resultados significativos pela análise de variância, conforme evidenciado na Tabela 5. Em concordância com esses resultados, Staut e Athayde (1999) constataram em seu experimento que as doses de P₂O₅ utilizadas não produziram efeitos significativos em nenhuma das variáveis avaliadas.

Tabela 5 — Resumo de análises de variância para diâmetro a 28, 35, 42, 49, 56 e 63 dias após a semeadura (DAS) do algodoeiro em função de diferentes doses e fontes de adubação fosfatada. Patos de Minas, MG, 2023.

Pr>Fc	28 DAS	35 DAS	42 DAS	49 DAS	56 DAS	63 DAS
Tratamento	0.4934	0.3132	0.2441	0.0954	0.3168	0.3139
Média geral	2.5	3.95	4.389	6.26	8.34	8.97
CV (%)	7.59	96.56	13.15	14.47	13.69	10.68

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

As diferentes doses e fontes de fertilizantes aplicadas no cultivo do algodoeiro não resultaram em significância estatística nos parâmetros de número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa fresca e seca das raízes, conforme evidenciado pela análise de variância (conforme Tabela 6).

Aquino *et al.* (2011) constataram, ao testarem doses e parcelamentos de adubo fosfatado em cultivos de sequeiro e irrigado, que não houve distinção significativa no efeito dos parcelamentos e doses para as características vegetativas de massa da parte aérea seca e altura das plantas aos 80 dias após a emergência do algodoeiro.

Tabela 6 — Resumo de análises de variância para os testes de número de folhas (NF), de matéria fresca de parte aérea (MFPA), matéria seca de raiz (MSR) e de matéria seca de parte aérea (MSPA) do algodoeiro em função de diferentes doses e fontes de fertilizante.

Pr>Fc	NF	MFPA	MSR	MSPA
Tratamento	0.0820	0.5820	0.1071	0.6510
Média geral	29.32	52.68	1.78	12.24
CV (%)	15.81	17.97	27.60	25.26

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Os valores médios de massa fresca das raízes foram estatisticamente significativos, sendo que a dose de 75% para as fontes utilizadas obteve médias superiores. No entanto, os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si (conforme apresentado na Tabela 7).

Em um estudo conduzido por Tavares e Beltrão (2020), não foram observadas diferenças significativas para a massa seca das raízes e da parte aérea ao se utilizar adubação orgânica e mineral em diferentes doses no algodoeiro. Os melhores resultados foram alcançados quando as plantas foram submetidas ao sulfato de amônio associado à casca de mamona. Além disso, para o diâmetro caulinar, não foi observado efeito significativo para as fontes e doses estudadas.

Tabela 7 — Valores médios para massa fresca de raiz (MFR) do algodoeiro em função de diferentes doses e fontes de adubação fosfatada.

Tratamentos	MFR
Controle	5.25 a
Mineral 50%	5.5 a
Mineral 75%	7.25 a
Mineral 100%	6.5 a
Organomineral 50%	5.75 a
Organomineral 75%	8.5 a
Organomineral 100%	7.5 a
CV%	21.70

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que, nas condições deste experimento, a dose de 75% para as fontes utilizadas obteve o melhor resultado e apresentou um custo-benefício superior em comparação com as demais doses. Especificamente para a altura das plantas aos 35 e 42 dias após a semeadura, a dose de 75% apresentou diferença estatisticamente significativa, enquanto para a massa fresca das raízes, embora tenha obtido a maior média, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Em relação às fontes de fertilizantes, comportamento semelhante foi observado nos resultados.

REFERÊNCIAS

ABRAPA (Brasil). **Algodão pelo mundo #44/2023 10/11**. 2023. Boletim de Inteligência de Mercado Abrapa com as principais notícias do mundo do algodão. Disponível em: <https://abrapa.com.br/2023/11/10/algodao-pelo-mundo-44-2023-10-11/#:~:text=A%20estimativa%20%C3%A9%20mais%20conservadora,rela%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0%20safra%202022%2F23>.

ALEXANDRIA JUNIOR, F. F. de *et al.* Nutrição mineral do algodoeiro herbáceo colorido BRS Rubi adubado com esterco bovino como fonte de micronutrientes e sódio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO & COTTON EXPO, 8., 2011, Campina Grande. **Anais [...]**. São Paulo: Embrapa Algodão, 2011. p. 1631-1635. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/908581/nutricao-mineral-do-algodoeiro-herbaceo-colorido-brs-rubi-adubado-com-esterco-bovino-como-fonte-de-micronutrientes-e-sodio>

AQUINO, L. A. *et al.* Parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro em sistema de cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 15, n. 5, p. 463-470, maio 2011.

BRASIL, Instrução normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizante destinados à agricultura.

Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p. 5, 2009.

CARVALHO, M. da C. S.; BARBOSA, K. de A.; LEANDRO, W. M. Resposta do algodoeiro a doses e modos de aplicação de fósforo em sistemas de plantio direto e convencional no cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

CARVALHO, M. da C. S. *et al.* Resposta do algodoeiro à adubação fosfatada comparando fertilizante de liberação lenta com fertilizante convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: **Anais**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011, p. 1687-1694.

FIGUEIREDO, E. H. C. **Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de doses de adubo mineral e organomineral**. 2020. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/30591>.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Organominerais**. 2.ed. Piracicaba, Degaspari, 2008. 160p.

LANÇONI, R. **Produtividade de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) em função das adubações de plantio e foliar com fertilizante organomineral**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13601>.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 3, p. 176-177, 1962.

NERY-SILVA, F. A. *et al.* Efeito de fertilizante organominerais na qualidade fisiológica de sementes de feijão cultivar BRS Embaixador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011.

SAYIMBETOV, A. Influence of organic-mineral fertilizers on oil content of cotton plant. **EPRA: International Journal of Agriculture and Rural Economic Research**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 9-11, 2022.

SILVA, J. V. B. da *et al.* Controle de patógenos em sementes de algodão com o uso de *Trichoderma harzianum*. **Nativa**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 204–210, 2023. DOI: 10.31413/nativa.v10i2.13563. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/13563>.

STAUT, L. A.; ATHAYDE, M. L. F. Efeitos do fósforo e potássio no rendimento e em outras características agrônômicas do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 34, n. 10, p. 1839-1843, out. 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x1999001000010>.

TAVARES, M. da S.; BELTRÃO, N. E. de M. Eficiência comparativa da adubação orgânica e mineral no crescimento e metabolismo do algodoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 63, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1584>. Acesso em: 13 mar. 2024.

VENDRUSCOLO, E. P. *et al.* Resposta do algodoeiro a diferentes doses de bioestimulante aplicado via semente. **Agrarian**, [S. l.], v. 11, n. 39, p. 32–41, 2018. DOI: 10.30612/agrarian.v11i39.3574. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3574>.

Influência da adubação fosfatada no desenvolvimento da BRS Capiaçú

Phosphate fertilization influences in BRS Capiaçú development

GUSTAVO DOMINGOS MOTA LIMA

Discente do curso de Agronomia – UNIPAM

E-mail: gdm1017@unipam.edu.br

CARLOS HENRIQUE EITERER DE SOUZA

Professor orientador – UNIPAM

E-mail: carloshenrique@unipam.edu.br

Resumo: A BRS Capiaçú é uma cultivar de capim-elefante que se destaca pela alta produtividade e rusticidade quando empregada para silagem e picado verde. Diante disso, o uso de fertilizantes fosfatados na cultura tem se mostrado eficaz, mas poucos estudos foram realizados sobre a dosagem em mudas e plantas jovens em casas de vegetação. Nesse sentido, buscou-se estabelecer doses ideais do fertilizante fosfatado 04-30-10 para o uso correto na cultura. Foram avaliadas doses de 84 kg ha⁻¹, 96 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, 144 kg ha⁻¹ e uma testemunha, aplicadas em vasos, em casa de vegetação controlada. Para o crescimento vegetativo e aumento de produtividade na BRS Capiaçú, constatou-se que, nas devidas condições de solo, vaso e casa de vegetação, não houve diferença estatística entre as doses testadas, apenas na concentração de fósforo no tecido foliar, o que não afetou a produtividade.

Palavras-chave: fósforo; Embrapa; gramínea; regressão e eficiência agrônômica.

Abstract: BRS Capiaçú is an elephant grass cultivar known for its high productivity and resilience when used for silage and green chopping. Therefore, the use of phosphorus fertilizers in this crop has proven effective, but few studies have focused on dosages for seedlings and young plants in greenhouse conditions. This study aimed to establish optimal doses of the 04-30-10 phosphorus fertilizer for proper use in the crop. Doses of 84 kg ha⁻¹, 96 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, 144 kg ha⁻¹, and a control were evaluated in pots in a controlled greenhouse environment. For vegetative growth and productivity enhancement in BRS Capiaçú, under suitable soil, pot, and greenhouse conditions, there was no statistical difference observed among the tested doses, except in phosphorus concentration in leaf tissue, which did not affect productivity.

Keywords: phosphorus; Embrapa; grass; agronomic regression and efficiency.

1 INTRODUÇÃO

A BRS Capiaçú é uma cultivar de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schumacher*) que se destaca pela alta produtividade e rendimento, sendo ideal para suplementação volumosa na forma de silagem ou picado verde, especialmente na produção de bovinos. Disponibilizada pelo Banco Ativo de Germoplasma (BAGCE) na

última década, essa cultivar foi obtida por clonagem das melhores progênes, com 50 delas testadas pela Rede Nacional de Ensaio de Capim-elefante (RENACE) em 17 estados brasileiros, entre 1999 e 2008 (Pereira; Léo, 2008). Entre os estados, destacou-se o clone CNPGL 92-79-2, obtido pelo cruzamento entre os acessos Guaco IZ2 (BAGCE 60) e Roxo (BAGCE 47), submetido ao teste de Valor de Cultivo e Uso (VCU) de 2009 a 2011. Após a conclusão dos testes, esse clone foi registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) em 8 de janeiro de 2015, sob n° 33503, com certificado de proteção de cultivares emitido em 23 de janeiro de 2015, sob n° 20150124 (Pereira *et al.*, 2016).

Devido ao seu alto potencial de produção, atingindo 50 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca, a BRS Capiaçú também pode ser utilizada para a produção de biomassa energética. Com um porte alto de até 4,20 metros de altura, destaca-se pela alta produtividade e pelo valor nutritivo da forragem, comparada a outras cultivares de capim-elefante. A BRS Capiaçú apresenta maior produção de matéria seca a um custo mais acessível em relação ao milho e à cana-de-açúcar (Pereira *et al.*, 2016).

Nessa perspectiva, a BRS Capiaçú se destaca das demais cultivares de capim-elefante por apresentar resistência ao tombamento, facilidade para a colheita mecânica, ausência de pelos, e touceiras eretas e densas. Para seu cultivo, o solo deve ser preparado de forma convencional, conforme as necessidades do terreno.

Na maioria dos solos tropicais, as principais limitações estão relacionadas à acidez e aos baixos teores de fósforo (Monteiro, 1994), o que limita a produtividade em diversas culturas, incluindo a BRS Capiaçú. Essa limitação nutricional ocorre devido à precipitação do fósforo (P) com cálcio em solos alcalinos (Zhou *et al.*, 2016), fixação nos colóides e adsorção específica com ferro (Fe) e alumínio (Al) em solos ácidos, características dos solos do Cerrado Brasileiro (Peluco *et al.*, 2015).

O fósforo é um macronutriente essencial, presente em vários processos metabólicos, sendo um grande limitante na produção de biomassa vegetal (Malavolta, 2006). O nutriente é encontrado na forma de ortofosfato, derivado do ácido fosfórico, e disponibilizado às raízes por meio do processo de difusão, dependendo do volume radicular, da superfície de contato e da umidade do solo (Silva *et al.*, 2014). O fósforo é responsável por diversas funções na planta, incluindo a formação de ácidos nucleicos, adenosina trifosfato (ATP), proteínas, transferência de energia, regulação de processos enzimáticos, armazenamento, fotossíntese, material genético, formação de sementes e desenvolvimento radicular (Malavolta, 2006).

O uso de tecnologias de fertilizantes fosfatados visa contornar a deficiência desse nutriente, fornecendo-o às plantas e enriquecendo o solo, uma vez que o fósforo possui baixa mobilidade e eficiência no solo (Boaretto; Natale, 2016). A qualidade dos fertilizantes depende da classificação do solo, época de aplicação, modo de aplicação e uniformidade de distribuição do adubo. Esses fatores, associados à umidade do solo e à cultivar a ser implantada na lavoura, interferem diretamente na eficiência do fertilizante (Sousa; Lobato; Rein, 2004).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de mudas de BRS Capiaçú com a aplicação de doses de fósforo em solo de Cerrado, cultivado em vaso.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em estufa no campus principal do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), no município de Patos de Minas, Minas Gerais. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical (Aw), caracterizado por verões mais chuvosos em relação aos invernos e uma temperatura média de 21,8 °C (Köppen; Geiger, 1928). Antes da instalação do experimento, foi realizada a amostragem de solo na profundidade de 0-20 cm para análise química e física do solo (Silva, 2009). Após a caracterização química do solo, foi feita a correção do solo para todos os tratamentos.

A análise de solo foi realizada através dos métodos de análise química e física propostos pela Embrapa (Silva, 2009). Foram feitas análises químicas de pH, Ca, Mg, Al, H+Al, K, P-Meh, P-Rem e matéria orgânica (M.O.). Além disso, foram realizados dois testes de capacidade de campo e calculada uma média para controle de irrigação a 70% da capacidade de campo, conforme Embrapa (Silva, 2009).

Tabela 1 – Análise química do solo, CeFert, Patos de Minas, 2022.

pH	M.O.S.	P-rem	P-meh	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	K
	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³
6,95	5,06	29,07	85,53	10,10	0,60	0,01	0,90	11,53	324,70

Extratores: pH em água, K e P-assimilável por Mehlich⁻¹, P-remanescente, teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial (H+Al) por Acetato de Cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria, segundo metodologia da Embrapa (Silva, 2009).

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Tabela 2 – Análise física do solo, CeFert, Patos de Minas, 2022.

Areia	Silte	Argila
33,3%	33,3%	33,4%

Textura do solo: metodologia Embrapa (Teixeira *et al.*, 2017).

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados (DBC), com cinco doses de P₂O₅ e quatro repetições. A fonte utilizada foi o formulado convencional (04-30-10) em quatro doses: 84, 96, 120 e 144 kg ha⁻¹ de P₂O₅, além de um tratamento controle sem adição de P₂O₅ (Tabela 3).

A aplicação dos tratamentos foi realizada em vasos, localizados em estufa e irrigados periodicamente, conforme a capacidade de campo do solo (Teixeira *et al.*, 2017). A cultura utilizada foi a BRS Capiaçú (*Pennisetum purpureum Schumach*), a partir de mudas.

Tabela 3 — Descrição dos tratamentos do projeto “Influência da adubação fosfatada no desenvolvimento do BRS Capiaçú”, Patos de Minas, 2022.

Tratamento	Fonte	Doses kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅
T ₁	04-30-10	84
T ₂	04-30-10	96
T ₃	04-30-10	120
T ₄	04-30-10	144
T ₅	Controle	0

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Para a avaliação dos teores de N, P e K foliar, foram coletadas folhas das plantas por parcela e acondicionadas em sacos de papel identificados de acordo com o tratamento. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório Central de Análises e Fertilidade do Solo – CeFert, situado no campus do Unipam, na Rua Major Gote, bloco H, onde foram colocadas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até a secagem total das amostras. Em seguida, as folhas foram moídas em moinho de facas, submetidas à digestão seca e à determinação pela metodologia Amarelo de Vanadato (para P e K), via espectrofotômetro e fotômetro de chama, respectivamente. Para a determinação de N, foi utilizado o método elaborado por Kjeldahl e digestão úmida, via titulação (Silva, 2009).

Para as avaliações morfológicas, foram coletadas duas plantas de cada parcela. A altura da planta (AP) foi medida com o auxílio de uma fita métrica (em cm). A avaliação do volume radicular foi realizada a partir da coleta das raízes das plantas e medição utilizando uma proveta com água, de forma que as raízes preenchessem um volume maior que o volume inicial da água. Após essa etapa, as plantas foram fragmentadas, envelopadas em sacos de papel e colocadas na estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até a secagem completa. Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança analítica para a determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e da massa seca do sistema radicular (MSSR).

Após a dessecação do experimento, foi realizada a colheita para determinar a eficiência agrônômica. Para a avaliação, todas as plantas de cada parcela foram coletadas. O cálculo do índice de eficiência agrônômica do fósforo foi utilizado como base em caso de diferença significativa entre as doses testadas do fertilizante fosfatado para produtividade, segundo Fageria *et al.* (2003):

$$EA = \frac{PGcf - PGs}{QNa}$$

em que:

- EA - Eficiência agrônômica, kg kg⁻¹;
- PGcf - produtividade de massa fresca com fertilizante fosfatado;
- PGsf - produtividade de massa fresca sem fertilizante fosfatado;
- QNa - quantidade de P aplicado (em kg).

As médias observadas nas avaliações serão submetidas à análise de variância e, se significativas, serão comparadas pelo teste de Tukey, com ajuste de modelo de regressão a 5% de probabilidade para as doses e blocos, utilizando o software Sisvar (Ferreira, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das plantas, o número de perfilhos, a massa fresca da parte aérea (MFPA), a massa seca da parte aérea (MSPA), a massa fresca do sistema radicular (MFSR), a massa seca do sistema radicular (MSSR) e o volume radicular não apresentaram diferenças significativas estatisticamente entre as doses (Tabela 4). Isso se deve especialmente à alta disponibilidade de todos os nutrientes, mesmo no tratamento controle, conforme verificado pela análise de solo (Tabela 1) (Alvarez *et al.*, 1999).

Tabela 4 – Avaliações de altura (m), número de perfilhos, MFPA (g), MSPA (g), MFSR (g), MSSR (g), volume radicular (VR) (ml), submetidas à análise de variância.

Doses	Altura	Número de Perfilhos	MFPA	MSPA	MFSR	MSSR	VR
kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	cm	u	g	g	g	g	ml
0	76,50	6,50	81,70	16,13	192,30	51,01	230,00
84	77,50	8,50	81,40	16,81	209,83	76,83	227,50
96	82,25	7,50	84,84	16,88	221,60	75,46	215,00
120	76,50	7,25	83,26	16,91	215,83	62,85	195,00
144	77,50	7,00	87,22	18,06	193,78	59,57	187,50
CV (%)	8,15	25,33	8,96	13,58	32,30	50,85	19,02

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A presença de nitrogênio (N) e potássio (K) nas folhas não apresentou diferenças entre as doses, devido ao equilíbrio na adubação, onde os tratamentos foram igualados quanto ao N e K para não interferir na ação do fósforo (Tabela 5). No entanto, o teor de fósforo foliar mostrou diferenças significativas, com um coeficiente de variação de 8,55% e um valor de 0,0007 para o modelo de regressão (Tabela 5). A absorção de fósforo foi maior nas doses de 84 kg ha⁻¹, 96 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, refletindo um fenômeno de luxo nutricional, no qual o excesso não se converte em aumento de massa seca (Tabela 4). Esse padrão pode ser explicado conforme Taiz e Zeiger (2013), que descreve que a absorção de nutrientes depende da concentração no meio, da capacidade de absorção da planta e das interações no solo e na planta. Voisin postula que existe um máximo teor de cada nutriente que a planta pode utilizar, indicando que mesmo com doses maiores e alta disponibilidade, há um limite de absorção. Isso foi observado na dose de 144 kg ha⁻¹ de P₂O₅, devido ao elevado teor de fósforo no solo.

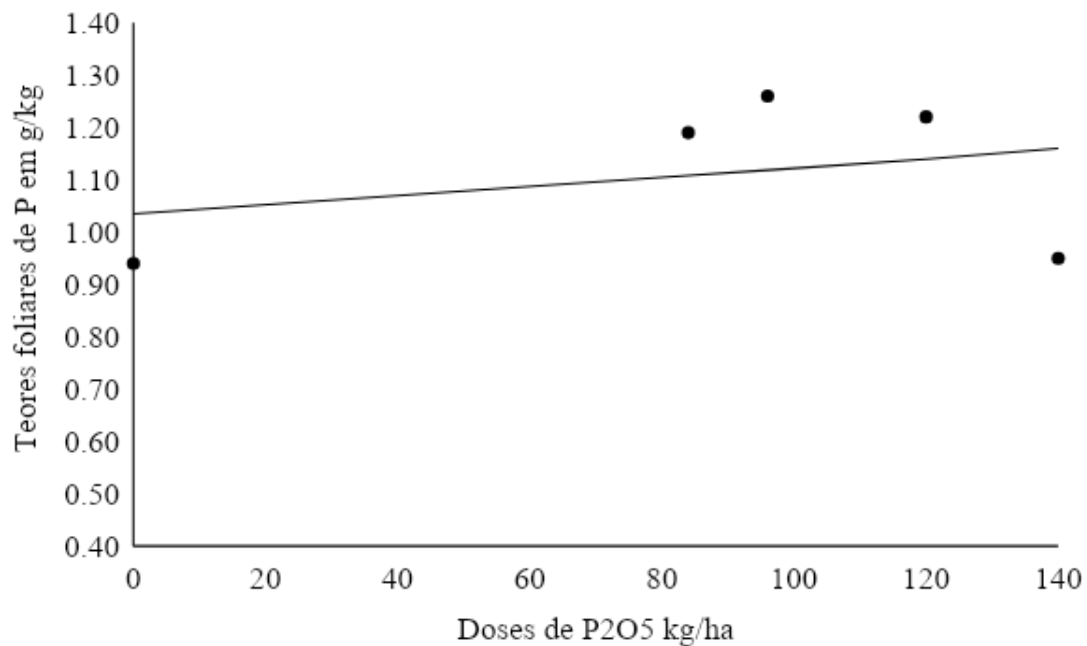
Tabela 5 – Avaliação dos índices de N foliar (g kg^{-1}), P foliar (g kg^{-1}) e K foliar (ppm), submetidas à análise de variância. Foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para a análise de P foliar, uma vez que houve diferença significativa entre as doses.

Doses $\text{kg ha}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$	N foliar g kg^{-1}	P foliar g kg^{-1}	K foliar ppm
0	9,03	0,094 b	88,75
84	8,23	0,119 a	94,75
96	9,17	0,127 a	96,00
120	8,09	0,123 a	94,25
144	5,92	0,096 b	91,75
CV (%)	27,4	8,55	5,99
DMS	-	0,0108	-

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

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Figura 1 – Níveis de fósforo no tecido foliar a partir de diferentes doses de fertilizante fosfatado. As médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Assim os dados apresentados podem ser atribuídos ao manejo adotado no experimento, à fertilidade do solo, ao tempo de exposição, ao tamanho dos vasos, à qualidade do material utilizado, à incidência de luz, ao ambiente, à data de plantio e ao local de instalação. O solo utilizado demonstrou alta fertilidade, com doses elevadas de nitrogênio (evidenciadas pela matéria orgânica), fósforo, cálcio, magnésio, potássio, além de pH neutro e baixa acidez potencial, estando altamente saturado por bases. Esses

altos níveis de nutrientes podem potencialmente levar à toxicidade devido à concentração excessiva, conforme descrito na lei do Máximo por Voisin (1973).

A visualização dos resultados permite discernir o que é estatisticamente significativo ou não. Nesse sentido, é crucial analisar os dados com relação à produtividade, pois essa representa o resultado final da interação entre as variáveis avaliadas. Embora tenha havido diferenças estatísticas entre os tratamentos para o teor de fósforo foliar, essa variação não resultou em aumento da produtividade, pois não influenciou positiva ou negativamente o desenvolvimento da planta. Outras variáveis que permitem observar os efeitos da adubação fosfatada não foram significativamente afetadas por essa diferença. Assim, uma maior concentração de fósforo via folha não impactou o desenvolvimento da cultivar quando o solo estava equilibrado em termos de nutrição e irrigação.

4 CONCLUSÃO

A aplicação de diferentes doses do fertilizante fosfatado não influenciou na produtividade das plantas em vaso, especialmente devido à alta fertilidade do solo. Portanto, conclui-se que não houve diferença significativa entre as doses testadas do fertilizante fosfatado para o desenvolvimento da cultivar BRS Capiáçu.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V.H. *et al.* Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.67-78.
- BOARETTO, A.E.; NATALE, W. IA. Importância da Nutrição Adequada para Produtividade e Qualidade dos Alimentos. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. (ed.). **Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016. p. 45-74.
- FAGERIA, N. K.; SLATON, N. A.; BALIGAR, V. C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, v.80, p.63-152, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1081/CSS-120000394>.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Lavras - MG; UFLA, 2010.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ed. 1. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MONTEIRO, F. A. Adubação para o estabelecimento e manutenção de capim-elefante. In: CARVALHO, L. A.; CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; VILELA, D. (Ed.). **Capim-elefante: produção e utilização**. Coronel Pacheco: Embrapa Gado de Leite, 1994. p. 49-79.

PELUCO, R. G. *et al.* Mapeamento do fósforo adsorvido por meio da cor e da suscetibilidade magnética do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 50, n. 3, p. 259-266, mar. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2015000300010>.

PEREIRA, A. V. *et al.* **BRS Capiaçú: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2016. 6 p. (Comunicado Técnico 79). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1056288/brs-capiacu-cultivar-de-capim-elefante-de-alto-rendimento-para-producao-de-silagem>.

PEREIRA, A.V.; LÉDO, F.J.S. Melhoramento genético de *Pennisetum purpureum*. In: RESENDE, R.M.S.; VALLE, C.B.; JANK, L. (eds.) **Melhoramento de forrageiras tropicais**. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, p. 89 - 116, 2008.

SILVA, F. C. da (ed. tec.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 634 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>

SILVA, J. A. *et al.* Efeito residual da adubação fosfatada em três cultivos sucessivos com feijão-caupi. **Revista Caatinga**, [S. l.], v. 27, p. 31-38, dez. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2864>.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. Cap. 6. p. 147-168. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555355>.

STAUFFER, E. **Fertilizante de eficiência aumentada: adsorção e fluxo difusivo de fósforo**. Universidade Federal do Espírito Santo. Fevereiro de 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TEIXEIRA, Paulo César *et al* (ed. tec.). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 577 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>

VOISIN, A. **Adubos** - Novas leis científicas de sua aplicação. São Paulo: Mestre Jou, 1973. 130 p.

ZHOU, Tao *et al.* Genotypic Differences in Phosphorus Efficiency and the Performance of Physiological Characteristics in Response to Low Phosphorus Stress of Soybean in Southwest of China. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 7, 24 nov. 2016. Frontiers Media SA. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.01776>.

Influência da adubação fracionada na maturação de grãos de café (*Coffea Arabica L.*) variedade Tupi Iac 1669-33

Influence of split fertilization on the grain maturation of coffee (Coffea arabica L.) variety Tupi IAC 1669-33

RIAN SOARES COSTA

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: riansoaresc@unipam.edu.br

DIEGO HENRIQUE DA MOTA

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: diegoh@unipam.edu.br

Resumo: O café (*Coffea arabica L.*) é uma das principais culturas produzidas e exportadas pelo Brasil, além de ser uma das bebidas mais consumidas no mundo. O valor de venda do grão está diretamente relacionado à qualidade da bebida, que está atrelada à qualidade dos grãos, aos processos de colheita, à pós-colheita e aos fatores edafoclimáticos da lavoura. O cafeeiro amadurece de forma desigual em função do ambiente, resultando na colheita de grãos verdes, cerejas e secos. Estratégias de adubação para atingir a necessidade nutricional e seu ciclo de maturação podem uniformizar a maturação. O fracionamento da adubação eleva o aproveitamento do fertilizante devido à sincronização da oferta e à demanda de cada nutriente. Assim, objetivou-se avaliar a influência do fracionamento da adubação na maturação de grãos de café. O experimento foi conduzido em campo durante a safra 2020/21 e constituído de três tratamentos: aplicação única do fertilizante, duas frações da dose e três frações da dose, com 4 repetições cada uma. Cada unidade amostral foi constituída por 16 plantas, sendo 4 destas plantas destinadas à colheita e avaliação. Na colheita, foi retirada uma amostra de 1L de grãos e determinado o grau de maturação, sendo verde, verde cana, cereja, passa e seco. Os dados dos grãos cereja foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Concluiu-se que os tratamentos foram iguais entre si. Portanto, não houve interação entre o fracionamento da adubação e maturação de grãos do tipo cereja.

Palavras-chave: adubação; uniformidade de colheita; qualidade de bebida; café.

Abstract: Coffee (*Coffea arabica L.*) is one of the main crops produced and exported by Brazil, as well as being one of the most consumed beverages worldwide. The selling price of coffee beans is directly related to the quality of the beverage, which is linked to the quality of the beans, harvest processes, post-harvest handling, and the edaphoclimatic factors of the plantation. Coffee plants mature unevenly due to environmental conditions, resulting in the harvest of green, cherry, and dry beans. Fertilization strategies aimed at meeting nutritional needs and maturation cycles can help uniform maturation. Splitting fertilization increases fertilizer utilization by synchronizing the supply and demand of each nutrient. Thus, this study aimed to evaluate the influence of split fertilization on the maturation of coffee beans. The experiment was conducted in the field during

the 2020/21 harvest season and consisted of three treatments: single fertilizer application, two fractions of the dose, and three fractions of the dose, with four repetitions each. Each sample unit consisted of 16 plants, with four of these plants designated for harvest and evaluation. During the harvest, a 1L sample of beans was taken, and the degree of maturation was determined as green, green cane, cherry, raisin, and dry. The data from the cherry beans were subjected to Tukey's test at a 5% probability level. It was concluded that the treatments were equal among themselves. Therefore, there was no interaction between the split fertilization and the maturation of cherry-type beans.

Keywords: fertilization; harvest uniformity; beverage quality; coffee.

1 INTRODUÇÃO

O café (*Coffea arabica*. L) pertence à família das Rubiáceas. No desenvolvimento histórico do Brasil, teve notória importância política e econômica. Atualmente, o país é o maior produtor e exportador mundial do grão (USDA, 2023).

Estima-se que a produção mundial de café na safra 2023/24 atinja o patamar de 174,3 milhões de sacas de 60 quilos. O consumo global será de aproximadamente 170,2 milhões de sacas, correspondendo a um novo recorde, com aumento de 1,2% em comparação com o ciclo anterior. De janeiro a agosto de 2023, o Brasil exportou 22,9 milhões de sacas, sendo 3,69 milhões exportados apenas em agosto de 2023 — tendo exportado para 143 países durante os 8 primeiros meses do ano e atingindo o valor de US\$ 4,9 bilhões em exportações. Já no acumulado de 2022, o mercado externo de café atingiu o valor de US\$ 9,2 bilhões. A produção do café arábica está estimada em 96,3 milhões de sacas de 60 quilos e para o café robusta é 78 milhões de sacas (CONAB, 2023).

O café brasileiro pode receber descrições negativas e positivas de suas propriedades organolépticas e consequente impacto no valor comercial internacional. Essas características estão atreladas à qualidade da bebida, que são influenciadas pelo estágio de maturação dos grãos colhidos (Cortez, 1996).

A maturação dos frutos do cafeeiro sofre influência de diversos fatores ambientais: temperatura da região, face de exposição do terreno, intensidade e distribuição das chuvas e fatores inerentes à planta (ciclo de maturação dos frutos: precoce, média ou tardia), número e época de ocorrência das floradas durante o ano agrícola, entre outros. Dessa forma, mesmo em regiões aptas ao cultivo de café, condições climáticas desfavoráveis ocasionadas por elevadas temperaturas, maior umidade relativa do ar e pluviosidade durante a fase reprodutiva podem ocasionar a maturação desuniforme dos frutos, dificultando a escolha do momento ideal para a colheita (Matiello *et al.*, 2010).

O nitrogênio exerce importante função nos processos bioquímicos da planta. Ele é constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila (Cantarella, 1993). Além disso, ele afeta as taxas de iniciação e expansão foliar, o tamanho final e a intensidade de senescência das folhas (Schroder *et al.*, 2000).

O potássio participa dos processos metabólicos com elevada mobilidade dentro da planta em todos os níveis: no interior das células, entre as células e tecidos e no transporte de longa distância via xilema e floema. O potássio não é metabolizado (assimilado em compostos orgânicos); forma ligações fracas, facilmente trocáveis. Ele

atua na regulação osmótica, no balanço cátion/ânions, nas relações hídricas na planta, no movimento dos estômatos, no alongamento celular, na estabilização do pH do citoplasma, na ativação enzimática para grande número de enzimas, na síntese de proteínas, na fotossíntese e no transporte de açúcares no floema (Furlani, 2004).

O fósforo (P) é considerado um nutriente de baixa mobilidade no solo, comportamento atribuído à sua “fixação” pelos minerais da argila, e esse elemento tem presença relevante nos solos tropicais que apresentam elevados teores de óxidos de ferro e de alumínio – com os quais o P tem grande afinidade (Lopes *et al.*, 2004). Tem função importante como elemento estrutural dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), compostos orgânicos e absorção ativa de nutrientes. O fosfato inorgânico (Pi) absorvido pelas raízes é rapidamente incorporado aos açúcares, formando ésteres de açúcar-fosfato. Também atua como elemento transferidor de energia nas ligações energéticas do fosfato e pirofosfato com os açúcares, com o 21 gliceraldeído e com as coenzimas AMP, ADP, ATP, UTP e GTP e como elemento regulador: o Pi iônico armazenado no vacúolo é liberado no citoplasma e atua como regulador das diversas vias sintéticas (Furlani, 2004).

Genótipos de cafeeiros apresentam diferentes ciclos de maturação, podendo exercer influência sobre as taxas de acúmulo de matéria seca e de nutrientes nos frutos. Assim, o conhecimento da necessidade fisiológica e do crescimento é importante para o estabelecimento dos períodos de maior exigência nutricional e para a definição das melhores estratégias de fertilização da lavoura cafeeira.

O parcelamento e a época de aplicação dos fertilizantes constituem-se em alternativas para aumentar a eficiência dos adubos e das culturas (Binder *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2005). Isto é respaldado pelo melhor aproveitamento dos nutrientes, resultante da sincronização entre as aplicações e o período de alta demanda do nutriente (Silva *et al.*, 2006).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de fontes de nutrientes em três parcelamentos da adubação em cafeeiros e seus efeitos sobre a produtividade.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado numa lavoura de café do Centro Universitário de Patos de Minas, do Campus Experimental Canavial, nas coordenadas 18°36'34"S 46°29'16"W e altitude de 891 m, com um total de 1,2 ha. De acordo com a classificação proposta por Köppen e Geiger (1928), o clima presente no local é tropical, com inverno mais seco que o verão. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18° C. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm. O solo presente na área é o Latossolo.

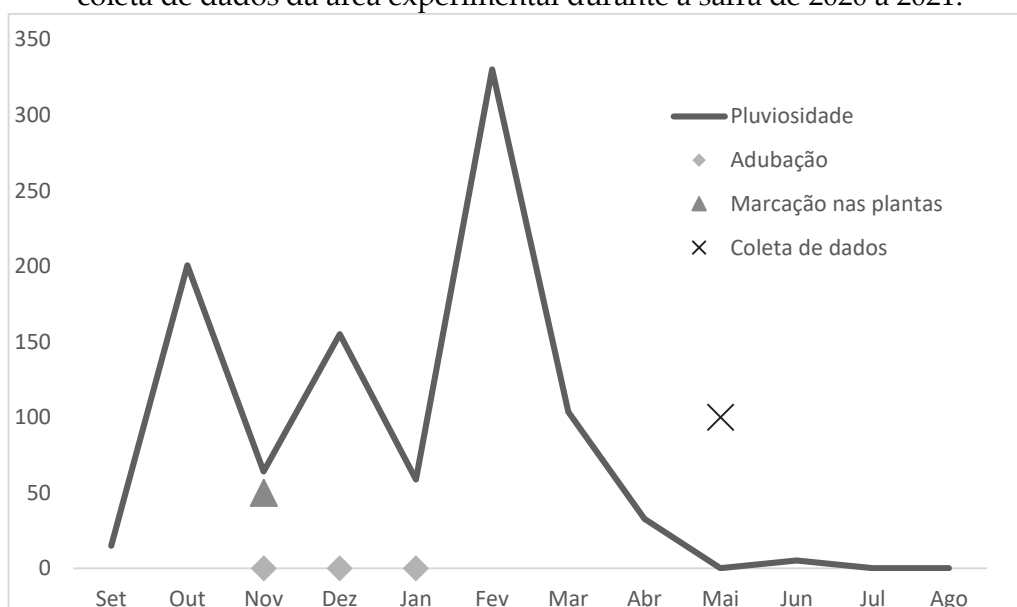
2.2 LAVOURA E CULTIVAR

A cultivar TUPI IAC 1669-33 é resultante do cruzamento de Villa Sarchi CIFC 971/10, com um porte baixo e frutos que alcançam a maturação em tempo médio, com coloração vermelho escuro. O diferencial dessa cultivar é a coloração bronzeada das brotações novas, apresentando resistência à ferrugem (Santinato *et al.*, 2021).

A lavoura apresenta um espaçamento de 2,7 entre linhas com um distanciamento de 0,5 m entre plantas, configurando um sistema adensado de aproximadamente 7400 plantas por hectare em um cultivo de sequeiro, implantado há 12 anos.

A disponibilidade de água foi mensurada por meio de pluviômetro instalado na área, detectando o índice de pluviosidade. Os dados de pluviosidade da área de estudo e eventos de adubação, marcação de plantas e coleta de dados da safra 2020/2021 seguem apresentados no Gráfico 1.

Gráfico 1 — Dados de pluviosidade e eventos de adubação, marcação de plantas e coleta de dados da área experimental durante a safra de 2020 a 2021.



Fonte: dados da pesquisa, 2020-2021.

2.2.1 Propriedades químicas do solo

Foram realizadas coletas de amostra de solo na profundidade de 0-20 cm para determinação dos atributos químicos do solo. As análises foram realizadas na Central de Análise e Fertilidade do Solo (CEFERT), no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas (MG). O resultado da análise de solos está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 — Resultado da análise de solo da área experimental antes da instalação do experimento (UNIPAM, Patos de Minas-MG, 2021).

Propriedades e características	Resultado
Areia (g kg ⁻¹) ⁽¹⁾	278,00
Silte (g kg ⁻¹) ⁽¹⁾	352,00
Argila (g kg ⁻¹) ⁽¹⁾	369,00
pH _{H₂O} ⁽³⁾	4,9
COT (dag kg ⁻¹) ⁽⁴⁾	1,86
MOS (dag kg ⁻¹) ⁽⁴⁾	3,27
P-Remanescente (mg L ⁻¹) ⁽⁵⁾	10,08
P-Mehlich ¹ (mg dm ⁻³) ⁽⁶⁾	76,01
K ⁺ (mg dm ⁻³) ⁽⁶⁾	173,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁽⁷⁾	1,56
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁽⁷⁾	0,64
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁽⁷⁾	0,20
H + Al (cmol _c dm ⁻³) ⁽⁸⁾	5,48
Soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	2,64
t (cmol _c dm ⁻³)	4,54
T (cmol _c dm ⁻³)	8,75
V (%)	33,00
m (%)	19,0
B (mg dm ⁻³) ⁽⁶⁾	0,23
Cu (mg dm ⁻³) ⁽⁶⁾	20,62
Fe (mg dm ⁻³) ⁽⁶⁾	56,60
Mn (mg dm ⁻³) ⁽⁶⁾	68,40
Zn (mg dm ⁻³) ⁽⁶⁾	17,00
S (mg dm ⁻³) ⁽⁹⁾	30,90

(1) Análise granulométrica pelo método da pipeta; (2) Densidade do solo pelo método da proveta; (3) Relação solo-água 1:2,5; (4) Método Walkley-Black; (5) Solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P; (6) Mehlich¹: HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹; (7) Solução de KCl 1 mol L⁻¹; (8) Solução de C₄H₆CaO₄ a pH 7; (9) Ca(H₂PO₄)₂H₂O em ácido acético.

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

2.2.2 Implantação do experimento

O experimento foi iniciado no segundo semestre de 2020. As parcelas foram marcadas seguindo as linhas de cultivo no sentido Noroeste-Sudeste, em virtude das curvas de nível e declividade do terreno. Seguiu-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), com 4 blocos e 3 parcelas por bloco distribuídas aleatoriamente. As unidades experimentais foram compostas por 16 plantas por parcela, contando com 4

repetições num total de 3 tratamentos. As recomendações de adubação foram realizadas conforme proposto em Ribeiro *et al.* (1999).

2.2.3 Fonte de nutrientes

Foi utilizado como fonte de nutriente o fertilizante mineral polimerizado com tecnologia Kincoat, que previne a volatilização por N em uma formulação 16-02-16 (Tabela 2).

Tabela 2 — Apresentação da formulação do fertilizante utilizado no experimento, com sua respectiva dose em (kg.ha⁻¹) e teor de nutrientes (UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2021).

Fonte	Fertilizante	Dose (kg.ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Mineral com polímero Kincoat	16-02-16	2.500	400	50	400

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

As adubações foram realizadas em superfície sob projeção da copa com base no proposto por Matiello *et al.* (2020).

2.2.4 Descrição dos tratamentos

A adubação foi realizada de três diferentes formas, em aplicação única, fracionamento da dose em 2 vezes e fracionamento da dose em 3 três vezes, sendo respectivamente os tratamentos T1, T2 e T3 (Tabela 3). Cada fracionamento foi aplicado nas datas descritas na Tabela 4.

Tabela 3 — Apresentação dos tratamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Tupi (UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2021)

Tratamento	Fonte	% da dose recomendada	Parcelamentos	Dose (kg.ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	Mineral Polimerizado Kincoat	70	1	1750,0	280	3	280
T2	Mineral Polimerizado Kincoat	70	2	1750,0	280	3	280
T3	Mineral Polimerizado Kincoat	70	3	1750,0	280	3	280

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Tabela 4. Datas referentes aos parcelamentos das adubações (UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2023)

Tratamento	Fracionamentos	Data da Adubação
T1 - Uma aplicação	Aplicação única	05/11/2020
T2 - Duas aplicações	1ª Parcela	05/11/2020
	2ª Parcela	07/01/2021
T3 - Três aplicações	1ª Parcela	05/11/2020
	2ª Parcela	10/12/2020
	3ª Parcela	07/01/2021

Fonte: dados da pesquisa.

2.2.5 Determinação da uniformidade de maturação percentual

A colheita do café foi iniciada no dia 21 de junho do ano de 2021, seguindo a programação já realizada na propriedade. Foram escolhidas as 4 plantas do meio de cada parcela. Essas plantas foram completamente colhidas através dos métodos de derriça no pano. Todos os grãos foram reunidos, e as impurezas foram retiradas. Em seguida, os grãos foram homogeneizados, e uma amostra de um litro foi retirada, despejada em uma superfície clara e, na sequência, os grãos foram separados de acordo com o grau de maturação: verde, verde cana, cereja, passa e seco.

2.2.6 Análise estatística

Os dados resultantes da determinação da uniformidade de maturação para os grãos cereja foram submetidos à análise de variância utilizando o software Sisvar pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 5 apresenta os dados percentuais para cada grau de maturação, verde, verde cana, cereja, passa e seco. Os valores obtidos para o nível de maturação cereja foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, os quais se demonstraram iguais.

Tabela 5 — Grau de maturação (%) de grãos de café sob efeito da adubação fracionada. (UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2021)

Tratamento	Parcelamentos	Verde %	Verde Cana %	Cereja %	Passa %	Seco %
T1	1 Parcelamento	21,73	25,46	50,41 a1	0,71	1,70
T2	2 Parcelamento	21,99	19,34	55,48 a1	2,34	0,86
T3	3 Parcelamento	10,15	21,04	65,38 a1	1,46	1,97

Foram submetidos ao teste Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) = 29,63. T1 – Aplicação Única; T2 – Duas frações da dose; T3 – Três frações da dose.

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

4 CONCLUSÃO

Nas condições desta pesquisa, o fracionamento da adubação não influenciou na uniformidade de maturação dos grãos de café, variedade Tupi IAC-1669-33.

REFERÊNCIAS

- BINDER, D. L.; SANDER, D. H.; WALTERS, D. T. Maize response to time of nitrogen application as affected by level of nitrogen deficiency. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 6, p. 1228-1236, 2000.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v. 10, n. 3, terceiro levantamento, setembro 2023.
- CANTARELLA, H. 1993. Calagem e adubação do milho. *In*: BÜL, L. T.; CANTARELLA, H. (Eds). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-198.
- CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, 1985. v. 11.
- CORTEZ, J. G. **Melhoramento da qualidade do café brasileiro**: influência de sistemas de produção e processamento sobre algumas características da bebida. Campinas, 1996. 49 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- FURLANI, A. M. G. 2004. **Nutrição Mineral**. *In*: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**, Rio de Janeiro: Guanabara Kooga S. A., 2004. p. 40-75.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: verlag justus perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, p. 91-102, 1928.
- LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R.; SILVA, C. A. **Sistema Plantio Direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura de café no Brasil – Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2010.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S. R.; GARCIA, A. W. R. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. 10. ed. Varginha: Fundação Procafé, 2020.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

SANTINATO, F. *et al.* **Cultura do cafeeiro**: características e recomendações de cultivares de café. Jaboticabal: FUNEP, 2021.

SCHRÖDER, J. J. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of art. **Field Crops Research**, 66: 151-164, 2000.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; LAZARINI, E. Aspectos econômicos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema plantio direto em Latossolo Vermelho distroférico fase cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 3, p. 286-297, 2005.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho em latossolo vermelho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. n. 477-486, 2006.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Coffee**: World Markets and Trade, junho, 2023.

Influência de doses de manganês em soja

Influence of manganese doses on soybeans

LETÍCIA CAMPOS DE MELO

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: leticiacm@unipam.edu.br

EVANDRO BINOTTO FAGAN

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: evbinotto@unipam.edu.br

MARINA RODRIGUES DOS REIS

Professora co-orientadora (UNIPAM)

E-mail: marinar@unipam.edu.br

Resumo: O objetivo deste experimento foi avaliar fontes de manganês e suas doses na cultura de soja. O experimento foi implantado na casa de vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), em junho de 2023. Foi utilizada variedade RK6719IPRO, em DBC, sendo: T₁: Controle; T₂: EDTA Mn 0,5g.ha⁻¹; T₃: EDTA Mn 1g.ha⁻¹; T₄: BioQuelato Mn 0,3g.ha⁻¹; T₅: BioQuelato Mn 0,5g.ha⁻¹ e T₆: BioQuelato Mn 1g.ha⁻¹. As avaliações foram: SOD, H₂O₂ e PL e massa seca de raiz, caule e folha. O tratamento T₃ apresentou maior massa seca de raiz, caule e folhas, reduziu o H₂O₂ e aumentou a SOD em relação aos controles. Na H₂O₂ e na PL, o tratamento T₂ reduziu esses teores comparados aos controles. Em função dos dados obtidos, constatou-se que a aplicação de MnEDTA 1g.ha⁻¹ amplificou a produção de massa seca em toda a planta e melhorou os estímulos do metabolismo antioxidante, pois incrementou a atividade da SOD e reduziu H₂O₂. **Palavras-chave:** *Glycine max* L.; metabolismo antioxidante; micronutriente; superóxido dismutase; peroxidação lipídica; peróxido de hidrogênio.

Abstract: The objective of this experiment was to evaluate sources of manganese and their doses in soybean cultivation. The experiment was conducted in the greenhouse at the University Center of Patos de Minas (UNIPAM) in June 2023. The RK6719IPRO variety was used, in a completely randomized design (CRD), with the following treatments: T₁: Control; T₂: Mn EDTA 0.5g.ha⁻¹; T₃: Mn EDTA 1g.ha⁻¹; T₄: Mn BioChelate 0.3g.ha⁻¹; T₅: Mn BioChelate 0.5g.ha⁻¹; and T₆: Mn BioChelate 1g.ha⁻¹. The evaluations included SOD, H₂O₂, LP, and dry mass of root, stem, and leaf. Treatment T₃ showed the highest dry mass of root, stem, and leaves, reduced H₂O₂, and increased SOD compared to the controls. In H₂O₂ and LP, treatment T₂ reduced these levels compared to the controls. Based on the data obtained, it was found that the application of Mn EDTA 1g.ha⁻¹ increased the production of dry mass throughout the plant and improved antioxidant metabolism stimuli, as it increased SOD activity and reduced H₂O₂.

Keywords: *Glycine max* L.; antioxidant metabolism; micronutrient; superoxide dismutase; lipid peroxidation; hydrogen peroxide.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é da família das Fabaceae (leguminosas), planta originada da China que se adaptou muito bem no Brasil. Essa cultura é de grande importância no mercado agrícola, sendo utilizada na alimentação e nutrição, tanto humana quanto animal; indústria química e produção de biocombustível (Soares, 2016). Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial do grão. Neste ano de 2014, estima-se uma produção de quase 149,4 milhões de toneladas; devido a influências climáticas, haverá uma queda de 3,4% comparado à safra anterior de 2022/23 (CONAB, 2024).

Num cenário de queda de produtividade, é necessário um manejo para diminuir as perdas. A cultura da soja exige micronutrientes como qualquer outra cultura, mesmo sendo em pouca necessidade. Sem eles a planta é incapaz de produzir. A indisponibilidade deles no solo pode ocorrer por uso intensivo dos solos e cultivos sucessivos, solos com baixo teor de matéria orgânica, entre outros fatores. Porém, outras deficiências podem ser supridas com o uso de calcário e de adubo (Mascarenhas *et al.*, 2014).

Uma das limitações da produtividade são os nutrientes em pouca quantidade disponível no solo, considerando a Lei do Mínimo (Justus von Liebig em 1840). Essa lei, conhecida como barril, ajuda na identificação da falta de nutrientes e da quantidade para suprir a necessidade, fazendo com o que haja um aumento na produção (Kreuz, 1995). O objetivo deste estudo foi avaliar fontes de manganês e suas doses na cultura de soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO

O experimento foi instalado na casa de vegetação do UNIPAM, em Patos de Minas (MG), em junho de 2023. O local apresenta clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1400 mm. A temperatura média anual é igual a 21,1 °C, a máxima anual, 27,8 °C.

Foi utilizada a cultura da soja, variedade cultivada RK6719IPRO, que possui grupo de maturação 6.8. Foi feito o delineamento experimental em blocos casualizados, utilizando vasos de 11 litros, um ao lado do outro, em 5 fileiras. Foram semeadas 10 sementes por vaso e, após 15 dias, foi feito o desbaste, deixando somente 5 plantas.

Foram analisados seis tratamentos (Tabela 1) com cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. As aplicações dos tratamentos foram realizadas com a ajuda de um pulverizador manual na fase vegetativa $V_{3/4}$, com o manejo de irrigação de 500mL/dia.

Tabela 1 – Tratamentos utilizados no experimento “Influência das doses de manganês em soja”. Safra 2023/24. Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM. Patos de Minas, 2024.

Tratamento	Descrição	Dose (g ha ⁻¹)
T ₁	Controle	0
T ₂	EDTA Mn	0,5
T ₃	EDTA Mn	1
T ₄	BioQuelato Mn	0,3
T ₅	BioQuelato Mn	0,5
T ₆	BioQuelato Mn	1

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

2.3 AVALIAÇÕES

As avaliações foram feitas no laboratório Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP), localizado no Campus I do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram realizadas as análises de parâmetros fenométricos, metabolismo antioxidante e parâmetros de produtividade da cultura.

2.3.1 Parâmetros fenométricos

Foi realizada a coleta de quatro plantas em cada repetição para as avaliações fenométricas, quando as plantas estavam no estágio V_{4/5}. Inicialmente, foi feita a separação de raízes, folhas e caule. Em seguida, esses órgãos foram colocados em sacos de papel individualizados, identificados e levados à estufa para secagem de ventilação forçada de ar a 65 °C, até a massa constante para a determinação da massa de matéria seca. Por fim, foi feita a pesagem em balança de precisão de 0,01 grama.

2.3.2 Metabolismo antioxidante

Foi necessária a coleta das amostras de folhas, quinze dias após a aplicação dos tratamentos, entre oito e dez da manhã, horário em que as enzimas expressam maior atividade. Foram coletados três trifólios por parcela, do terço médio das plantas. Essas amostras foram colocadas em sacos plásticos e embrulhadas em papel alumínio. Em seguida, foram congeladas em nitrogênio líquido, a fim de paralisar todas as reações imediatamente.

Consequentemente, as folhas foram maceradas, utilizando-se nitrogênio líquido, e depois foram adicionados 4 mL de tampão de fosfato de potássio 0,1 mol L⁻¹ pH 6,8 para a diluição do extrato. As amostras foram, então, transferidas para eppendorf's e centrifugadas a 10.000 rpm (6.000 g) por 30 min a 4 °C. Ao final, as amostras foram armazenadas a -20 °C para posterior determinação.

Foram avaliados enzima superóxido dismutase, teor de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica foliar. A enzima superóxido dismutase (SOD) foi feita de acordo com a metodologia de Bor *et al.* (2003). O teor de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi feito

de acordo com a metodologia de Alexieva *et al.* (2001). O teor da peroxidação lipídica foliar (PL) foi feito de acordo com a metodologia de Heath e Packer (1968).

2.3.3 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

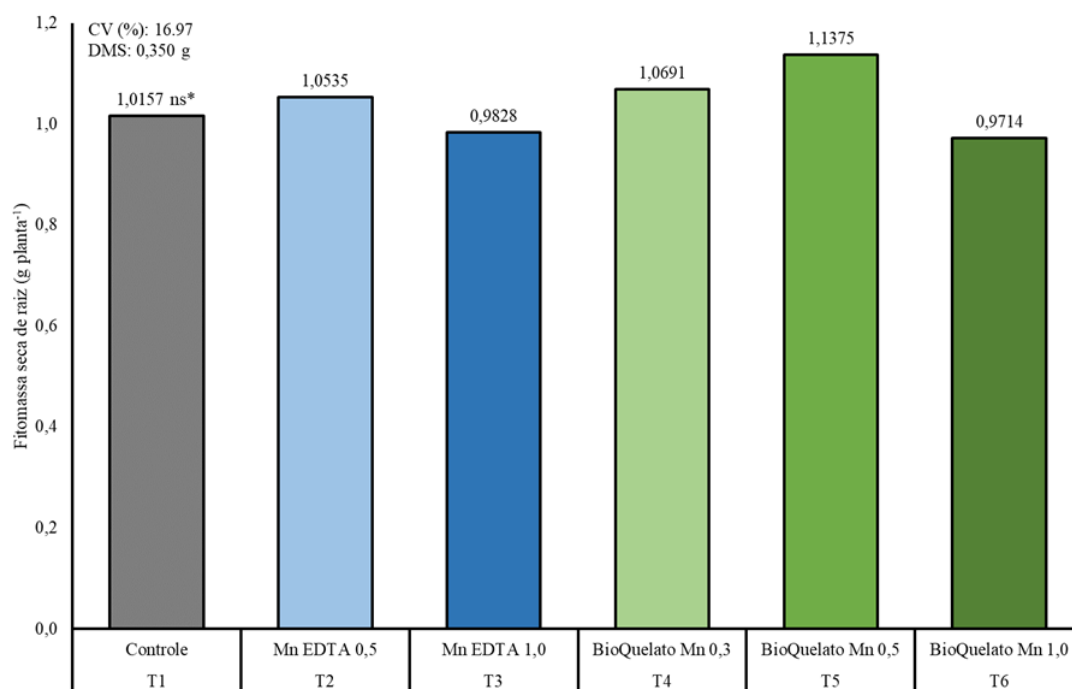
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DE CRESCIMENTO

3.1.1 Fitomassa seca de raiz (g.planta⁻¹)

Não foi verificada diferença estatística entre os tratamentos na análise (Figura 1). Porém, os tratamentos T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹), T₄ (BioQuelato Mn 0,3 g.ha⁻¹) e T₅ (BioQuelato Mn 0,5g.ha⁻¹) obtiveram um acréscimo em relação ao controle: 3,74%, 5,32% e 12,01%, respectivamente.

Figura 1 — Fitomassa seca de raiz de plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



*: Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

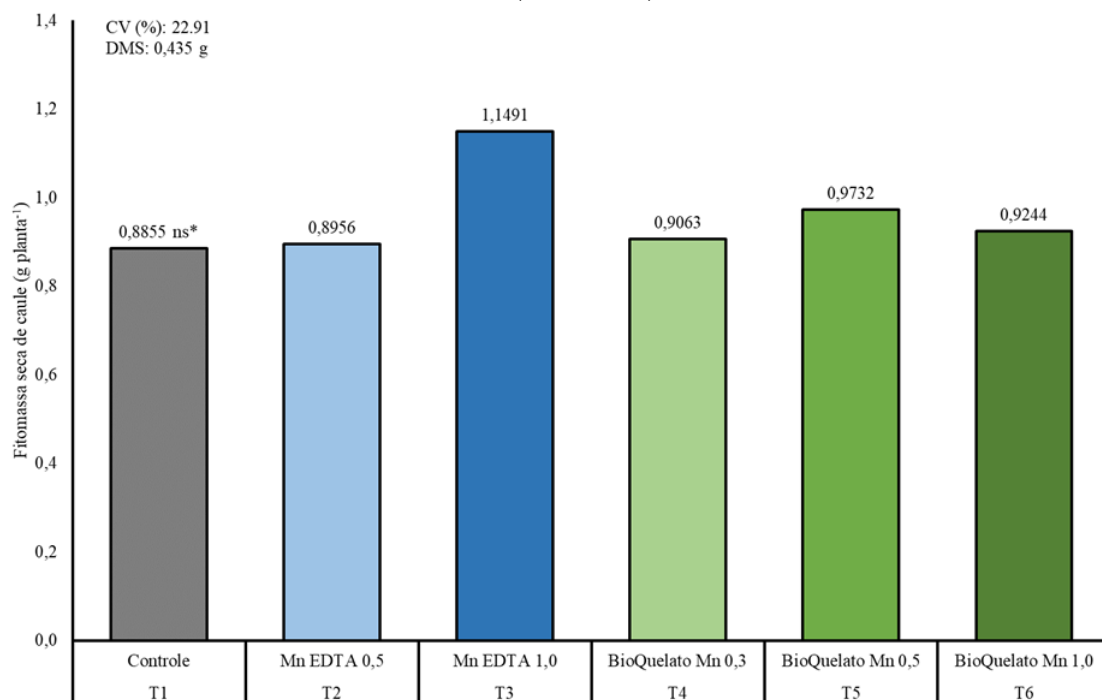
De acordo com Pereira *et al* (2001), a aplicação de Mn via solo na cultura do arroz resultou em aumento de massa seca de raiz comparado ao controle. Já no

experimento feito por Migliavacca (2018), na aplicação foliar de fontes de manganês não houve incremento de massa seca de raiz em relação ao controle.

3.1.2 Fitomassa seca de caule (g. planta⁻¹)

De acordo com os dados apresentados na Figura 2, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, no tratamento T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹), houve um aumento de 29,76% na massa seca do caule quando comparado ao controle.

Figura 2 — Fitomassa seca de caule de plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

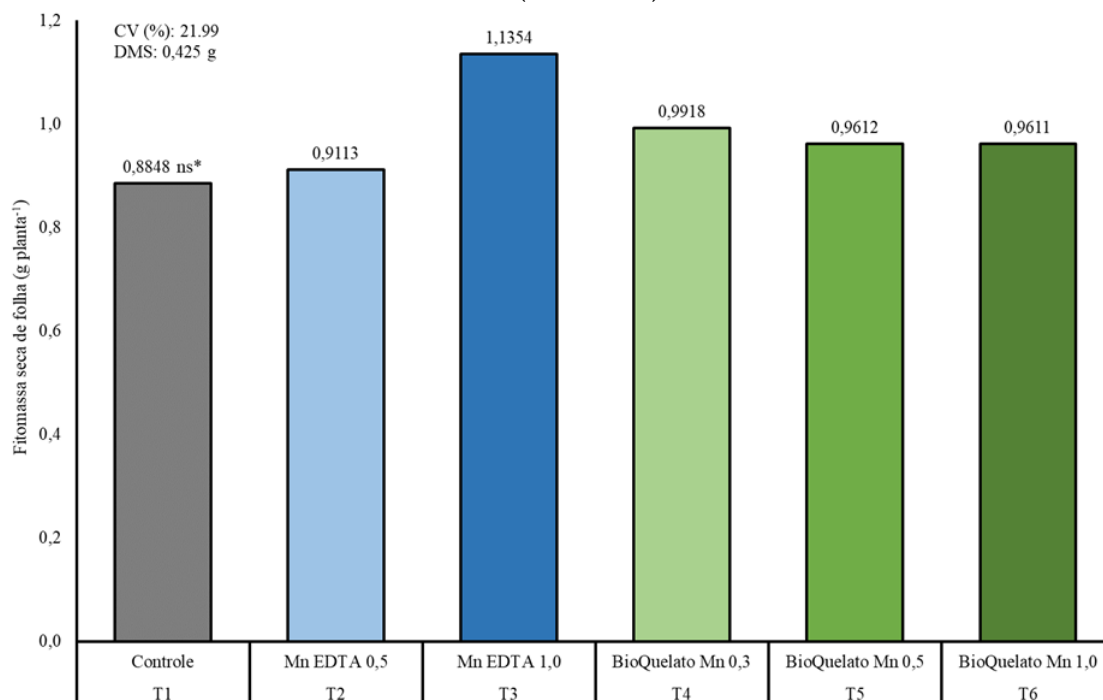
Fonte: dados da pesquisa, 2024.

De acordo com Benett (2011), a influência da aplicação de manganês em cana soca incrementou na massa seca de colmo, conseqüentemente na sua produtividade. Em seu experimento, Migliavacca (2018) não obteve incremento das médias de massa seca das hastes comparado ao controle ao utilizar fontes insolúveis de Mn.

3.1.3 Fitomassa seca de folhas (g. planta⁻¹)

De acordo com a Figura 3, a fitomassa seca de folhas também não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, apesar disso o tratamento T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹) obteve incremento de 28,32% em relação ao controle.

Figura 3. Fitomassa seca de folhas de plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

De acordo com Migliavacca (2018), a média de massa seca de folhas não incrementou em relação ao controle quando aplicadas fontes de Mn em soja. Já com Puga *et al.* (2011), a concentração do Mn na *Brachiaria* aumentou depois da aplicação deste micronutriente, incrementando assim a produção de massa de forragem no primeiro corte.

3.2 METABOLISMO OXIDANTE

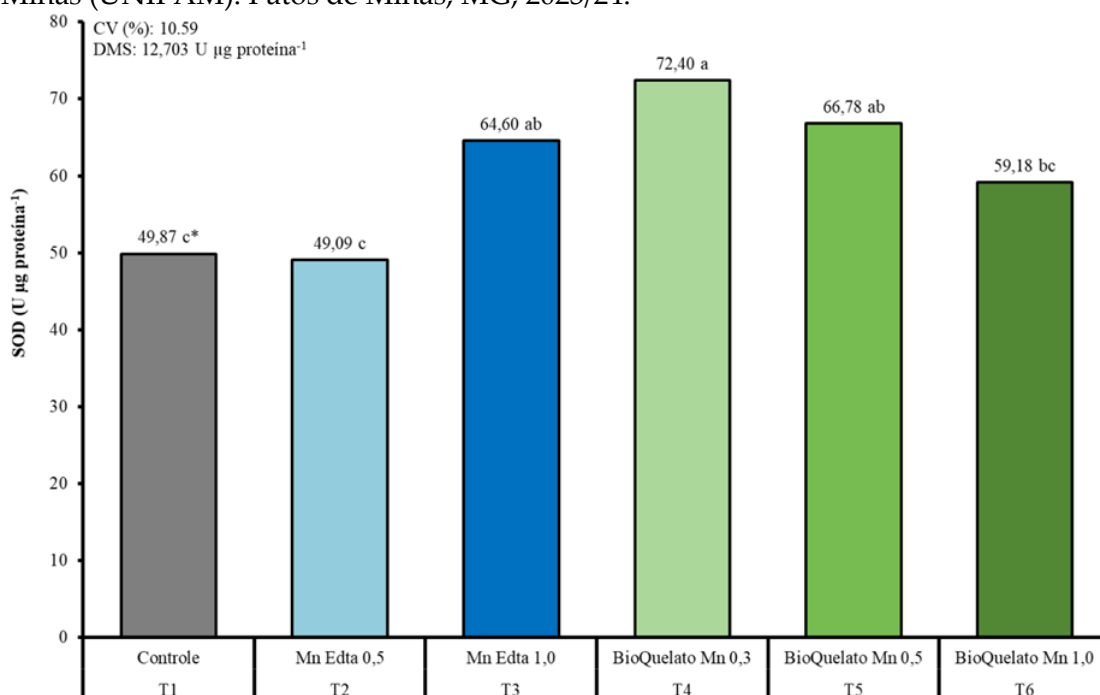
3.2.1 Superóxido dismutase (SOD)

Os resultados da análise de SOD estão apresentados na Figura 4. Nota-se que houve diferença estatística entre os tratamentos. O tratamento que apresentou maior aumento na atividade da SOD, quando comparado ao controle, foi o T₄ (BioQuelato Mn 0,3 g.ha⁻¹) com acréscimo de 45,17%. Os tratamentos T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹), T₅ (BioQuelato Mn 0,5 g.ha⁻¹) e T₆ (BioQuelato Mn 1 g.ha⁻¹) obtiveram médias de 27,37% de incremento comparado ao controle.

A enzima superóxido dismutase é a primeira a atuar no sistema de defesa contra a produção de EROs em plantas. Essa enzima faz a dismutação das moléculas de radicais superóxido, que irá resultar em peróxido de hidrogênio e em água (Gill; Tuteja, 2010). O manganês é uma isoforma da SOD.

De acordo com Gopavajhula *et al.* (2013), no experimento que avaliou as isoformas da SOD, as três análises sugeriram que o ferro e o manganês são mais eficientes do que o cobre e o zinco. Santos *et al.* (2020) também observaram resultados positivos da enzima SOD, comparados aos do controle em seu experimento em que foi utilizado manganês.

Figura 4. Atividade da enzima Superóxido Dismutase (% em relação ao controle) em plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



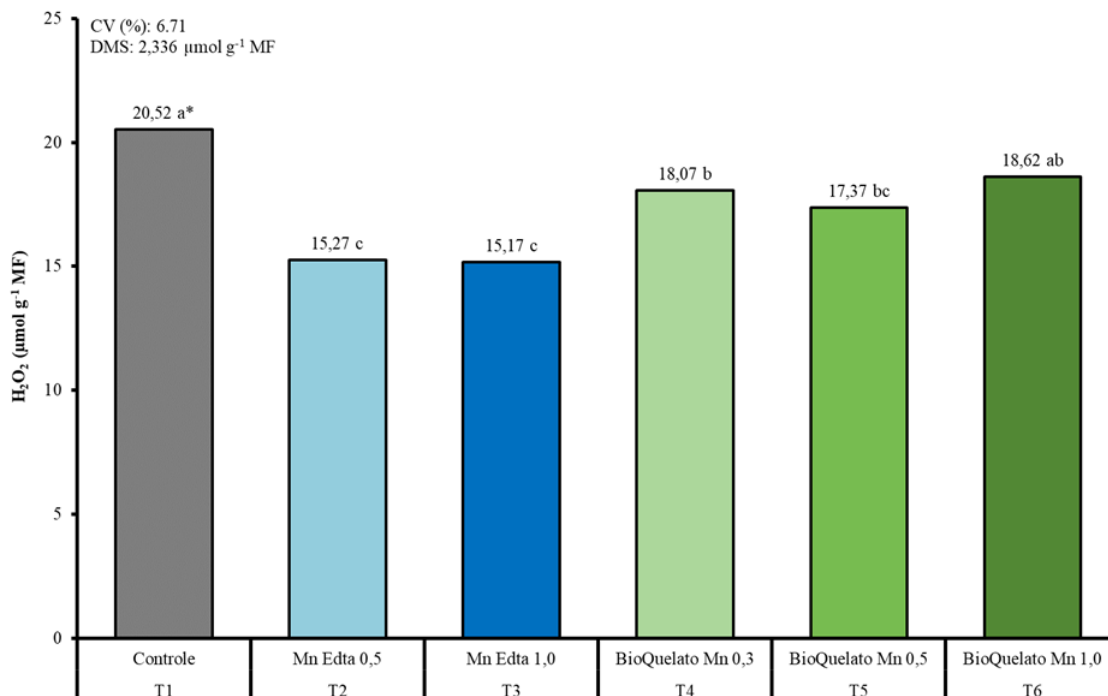
*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

3.2.2 Peróxido de hidrogênio (H₂O₂)

Para a variável peróxido de hidrogênio, houve diferença estatística significativa (Figura 5). As médias dos tratamentos T₂ (Mn EDTA 0,5 g.ha⁻¹) e T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹) foram de 25,82% de redução em relação ao controle. Nos tratamentos T₄ (BioQuelato Mn 0,3 g.ha⁻¹), T₅ (BioQuelato Mn 0,5 g.ha⁻¹) e T₆ (BioQuelato Mn 1 g.ha⁻¹), também houve redução média de 12,18% em relação ao controle.

Figura 5. Teor de Peróxido de Hidrogênio (% em relação ao controle) em plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

A geração de peróxido de hidrogênio reflete o metabolismo oxidativo das plantas. Elevados níveis desse composto indicam estresse ambiental intenso, podendo causar danos a lipídios de membrana, DNA, RNA e outras biomoléculas. Em resposta a vários estresses, a produção de H₂O₂ aumenta. Nas raízes, ele promove a formação de raízes laterais e influencia na resposta à gravidade. Nas folhas, o H₂O₂ atua como segundo mensageiro no fechamento dos estômatos, junto com o cálcio. Durante a germinação, o H₂O₂ também quebra a camada de aleurona, um efeito associado às giberelinas (Neill *et al.*, 2002).

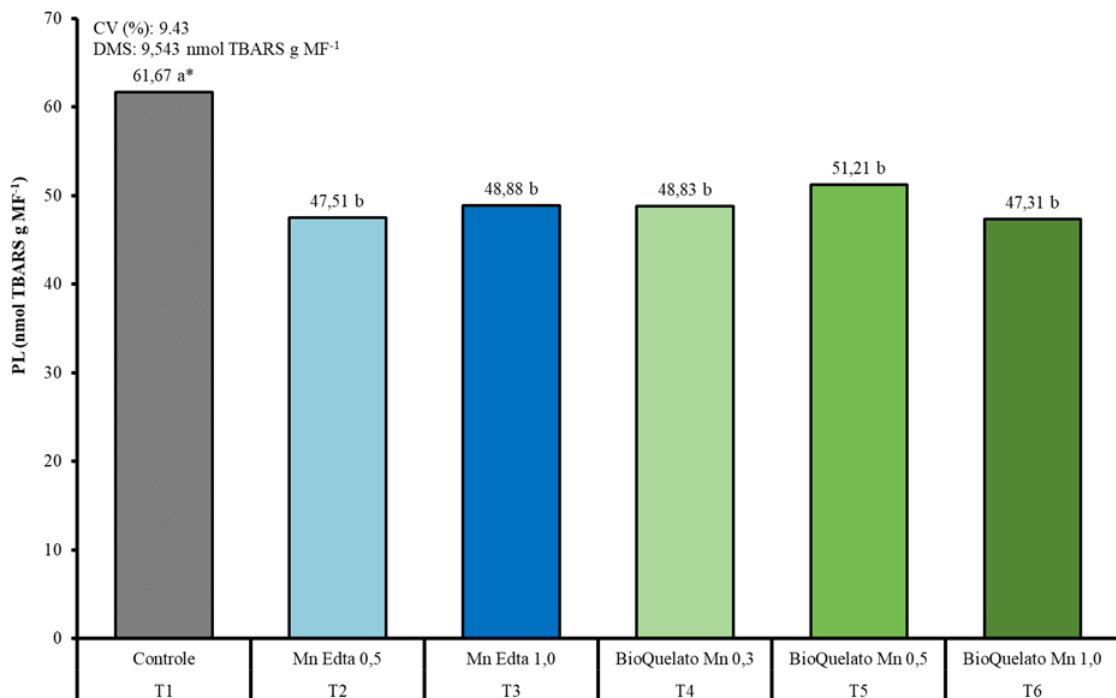
O manganês aplicado na cultura da soja reduz o peróxido de hidrogênio em relação ao controle. Em estudo de Santos *et al.* (2020), o manganês mostrou resultado positivo.

3.2.3 Peroxidação lipídica (PL)

Para os valores de peroxidação de lipídeos, foi verificada diferença estatística (Figura 6). Quando comparados ao controle, nos tratamentos T₂ (Mn EDTA 0,5 g.ha⁻¹) e T₆ (BioQuelato Mn 1 g.ha⁻¹), houve regressão de 22,96% e 23,28%, respectivamente. Já, o tratamentos T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹), T₄ (BioQuelato Mn 0,3 g.ha⁻¹) e T₅ (BioQuelato Mn 0,5 g.ha⁻¹) obtiveram médias de 19,50% menores que o controle.

A redução da quantidade de PL condiz com um aumento na proteção da membrana celular. Uma alta taxa de lipoperoxidação resulta em efeitos deletérios nas células vegetais. De acordo com Santos *et al.* (2020), a peroxidação lipídica, quando utilizado o manganês, foi reduzida quando comparada à do controle. O experimento de Esposito (2012), utilizando MnDFB para reduzir estresses ambientais, obteve resultados positivos da MDA comparado aos do controle e de outros tratamentos.

Figura 6. Valores de Peroxidação Lipídica (% em relação ao controle) em plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, verificou-se que a aplicação de MnEDTA na dose de 1 g.ha⁻¹ por hectare aumentou significativamente a produção de biomassa nas partes aéreas (caule e folha) e radiculares, além de potencializar o metabolismo antioxidante, evidenciado pelo aumento da atividade da enzima superóxido dismutase e pela redução do nível de peróxido de hidrogênio.

REFERÊNCIAS

ABREU, I. A.; CABELLI, D. E. Superoxide dismutases: a review of the metal-associated mechanistic variations. **Biochimistry Biophys Acta**, v. 1804, p. 263-274, 2010.

ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, p. 1337-1334, 2001.

BATES, L.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, p. 205-207, 1973.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

BENETT, C. G. S. **Doses e fontes de manganês na cultura da cana-de-açúcar**. Universidade Estadual Paulista - UNESP. Ilha Solteira – SP. 2011.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP. 2004.

BOR, M. F.; ÖZDEMIR, F.; TÜRKAN, I. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. **Plant Science**, Amsterdam, v. 164, p. 77-84, 2003.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p. 248-254, 1976.

CONAB. PORTAL INFORMAÇÕES AGROPECUÁRIAS. **SOJA**. Companhia Nacional de Abastecimento, 2024.

CHEN, Z.; SILVA, H; KLESSIG, D. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance induced by salicylic acid. **Science**, p. 1883-1886, 1993.

CHEN, Z; GALLIE, D. Increasing tolerance to ozone by elevating foliar ascorbic acid confers greater protection against ozone than increasing avoidance. **Plant Physiology**, p. 1673-1689, 2005.

ESPOSITO, J. B. N. **Influência do MnDFB na tolerância ao estresse oxidativo em plantas de *Glycine max* expostas ao ozônio e chuva ácida**. 2012. Dissertação. (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2012.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GOPAVAJHULA, V. R.; CHAITANYA, K. V.; KHAN, P. A. A.; SHAIK, J. P.; REDDY, P. N.; ALANAZI, M. Modeling and analysis of soybean (*Glycine max.* L.) Cu/Zn, Mn and Fe superoxide dismutases. **Genetics and Molecular Biology**, 2013.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 125, p. 189-198, 1968.

JIMÉNEZ, A.; HERNÁNDEZ, J. A.; PASTORI, G.; DEL RIO, L. A.; SEVILLA, F. Role of ascorbate-glutathione cycle of mitochondria and peroxisomes in the senescence of pea leaves. **Plant Physiology**, Washington, v. 118, p. 1327-1335, 1998.

KREUZ, C. L. *et al.* FUNÇÕES DE PRODUÇÃO VON LIEBIG COM RENDIMENTOS DECRESCENTES. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 95-106, 1995.

LEVINE, A.; TENHAKEN, R.; DIXON, R. A.; LAMB, C. J. H₂O₂ from the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response. **Cell**, v. 79, p. 583-593, 1994.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of hight plants**. 3. ed. Oxford-Inglaterra: Elsevier, 643 p. 2012.

MASCARENHAS, H. A. A. *et al.* Micronutrientes em soja no estado de São Paulo. **Nucleus**, v. 11, n. 11, 2014.

MIGLIAVACCA, R. A. **Absorção foliar de fontes insolúveis de manganês em soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

MORAES, R. M.; KLUMP, A.; FURLAN, C. M.; KLUMP, G.; DOMINGOS, M.; RINALDI, M. C. S.; MODESTO, I. F. Tropical fruit trees as bioindicator of industrial air pollution in Southeast Brazil. **Environment International**, Holland, v. 28, p. 367-374, 2002.

NEILL, S. J.; DESIKAN, R.; CLARKE, A.; HURST, R.; HANCOCK, J. Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1237-1247, 2002.

PEIXOTO, H. P. P.; CAMBRAIB, J.; SANT'ANA, R.; MOSQUIM, P. R.; MOREIRA, A. M.; Aluminum effects on lipid peroxidation and the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.

PEREIRA, G. D.; BERTONI, J. C.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Doses e modos de adubação com manganês e seus efeitos na produção da cultura do arroz. **Revista Brasil Ciências Solo**, 2001.

PUGA, A. P.; PRADO, R. M.; MELO, D. M.; GUIDI, I. M.; ORTEGA, K.; CARDOSO, S. S.; ALMEIDA, T. B. Efeitos da aplicação de manganês no crescimento, na nutrição e na produção de matéria seca de plantas de *Brachiaria brizantha* (cv. MG4) em condições de casa de vegetação. **Rev. Ceres**, v. 58, n. 6, p. 811-816, Viçosa, 2011.

RATKE, R. F.; ZUFFO, A. M.; SOUZA, H. A.; MARTINS, R. V. S.; LUZ, R. S.; PEREIRA, P. R. R. X. Micronutrientes via foliar na cultura da soja no Cerrado Piauiense. **Agronomia: Avanços e Perspectivas**. Editora Pantanal. 2020.

SANTOS, H. C.; CAMARGOS, S. L. L.; JOMAA, S. A.; LANA, D. H.; REIS, M. R.; SOARES, L. H. Efeito do manganês como atenuador de estresse após aplicação de glifosato na cultura da soja. **Revista do COMEIA**, Patos de Minas, v. 2, n. 1, nov. 2020.

SOARES, J. N. Caracterização fisiológica e responsividade de grupos de maturação da cultura da soja submetida à aplicação de bioestimulantes. 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, Amsterdam, v. 153, p. 65-72, 2000.

Levantamento quali-quantitativo da arborização urbana em Patos de Minas (MG)

Quali-quantitative Survey of Urban Arborization in Patos de Minas (MG)

DANIELA LIBOREDO E SOUZA

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: liboredodaniela@unipam.edu.br

VINÍCIUS DE MORAIS MACHADO

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: viniciusmm@unipam.edu.br

Resumo: A arborização urbana é de suma importância para a saúde e a qualidade de vida dos habitantes, além disso promove benefícios estruturais às cidades, como melhor escoamento da água. A quantidade de árvores/cobertura arbórea de Patos de Minas (MG) não corresponde aos níveis indicados em nenhum dos parâmetros de avaliação utilizados no presente texto. A partir deste estudo, pôde-se inferir que se devem executar planos para a diminuição de alagamentos nas partes mais baixas da cidade e para uma melhor qualidade de vida aos patenses.

Palavras-chave: arborização; qualidade de vida; Patos de Minas.

Abstract: Urban arborization is of paramount importance for the health and quality of life of inhabitants, as well as providing structural benefits to cities, such as improved water drainage. The number of trees/tree cover in Patos de Minas (MG) does not meet the recommended levels in any of the evaluation parameters used in this text. From this study, it can be inferred that plans should be implemented to reduce flooding in the lower parts of the city and to improve the quality of life for the residents of Patos de Minas.

Keywords: arborization; quality of life; Patos de Minas.

1 INTRODUÇÃO

A arborização está presente no meio de convivência humana desde o início dos agrupamentos urbanos da pré-história, porém, por muito tempo, as áreas verdes eram desfrutadas apenas pela população mais afortunada, também chamada de “ociosa”. Foi a partir da Idade Média, durante o Romantismo, que o povo começou a usar as áreas verdes como local de descanso e apreciação da natureza (Soares; Pellizaro, 2019). Entretanto, no Brasil, a arborização urbana teve início no século XX, com a intensificação do êxodo rural e, conseqüentemente, com o aumento da população urbana (Moreira *et al.*, 2018).

Os benéficos que as árvores proporcionam vão para além do embelezamento e da recreação. Elas servem de abrigo e alimentação da fauna, controle térmico, aumento

do albedo (raios solares refletidos), regulação de infiltração, filtragem do ar e melhoria na qualidade de vida (Sandifer *et al.*, 2015).

Atentando-se na necessidade da arborização, o município de Patos de Minas (MG) principiou, em 1997, por meio da Lei Ordinária nº 4451, a implantação e a manutenção das áreas verdes, assim definidas:

[...] todos os logradouros, praças, jardins e parques públicos do Município, espaços livres de loteamentos ou arruamentos já existentes, ou cujos projetos vierem a ser aprovados e considera-se ainda área verde ou arborizada aquelas de propriedades pública ou privada, delimitadas pela Administração Municipal, com o objetivo de preservar a arborização e o meio ambiente, assegurando as condições paisagísticas adequadas (Prefeitura de Patos de Minas, 1997).

O geoprocessamento é uma ferramenta amplamente utilizada, do monitoramento militar ao licenciamento rural. A partir dos anos 70, o Brasil passou a utilizar os satélites estadunidenses para funções meteorológicas; foi então que se criou a primeira base de dados brasileira. Atualmente, o território brasileiro conta com satélites nacionais e seu uso se tornou mais amplo; podemos citar os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que consistem na análise e na compilação de dados obtidos pelos Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sensoriamento Remoto (CAMPOS, 2018). Com tal avanço, como cita Fonseca *et al.* (2014), foi possível a utilização dos *softwares* na análise da arborização urbana e, assim, direcionar os planos de ação.

O índice de arborização de vias públicas em Patos de Minas (MG), de acordo com o IBGE (2010), encontrava-se em torno de 80% em 2010, mas a distribuição é notadamente desigual. Nesse sentido, é de interesse público realizar estudos correspondentes à distribuição e à qualidade das árvores no município em questão, para que novas ações e/ou planos de manejos futuros venham mitigar possíveis falhas encontradas.

2 OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo geral realizar uma análise quali-quantitativa e de densidade das áreas verdes da cidade de Patos de Minas (MG). Os objetivos específicos foram envolver o Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) e seus alunos na quantificação do índice de vegetação, nativa ou não, nas áreas verdes e gerar um mapa de densidade da vegetação na cidade de Patos de Minas.

Por meio desse mapa, foi possível identificar onde poderá ser realizado plantio de novas mudas e locais onde poderão instalar academias, áreas de lazer e parquinhos públicos, causando mínimo desgaste à fauna e à flora, locais prioritários a serem adotados por intermédio do “Viva Patos”; ainda, foi possível comparar dados de arborização urbana em Patos de Minas atuais com a última pesquisa feita pelo IBGE em 2010 e quantificar o vazio arbóreo na cidade, representado pelas manchas de menor densidade em área urbana.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Conforme Pivetta e Silva Filho (2002), as árvores no ambiente urbano cumprem as seguintes funções: estética, controle térmico, direcionadoras de vento, amortecedoras do som, melhorias da qualidade e umidade do ar, além da condução de águas aos lençóis freáticos, melhorando a drenagem das águas da chuva.

Considerando-se o aumento de temperatura constante do planeta, principalmente nas áreas tropicais, julga-se cada vez mais necessário o planejamento arbóreo, porque as árvores cumprem o papel de diminuir a temperatura da microrregião ao passo em que retêm a umidade (Wong; Yu, 2005). É observada a indicação de um índice mínimo de arborização de 15m²/habitante pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), porém os especialistas recomendam 3 árvores por habitante, isto é, 36m²/habitante (Silva, 2016).

Estudos também afirmam que a falta de arborização associada à pavimentação urbana provoca as “ilhas de calor”, que são zonas com temperaturas elevadas em relação às demais áreas (Pereira, 2019). Em virtude de tal fenômeno, as diretrizes ambientais para loteamentos preveem não só uma área de praças e áreas verdes, como também o incentivo ao plantio nas calçadas, respeitando a acessibilidade do local.

Dessarte, faz-se necessário levantar dados e analisá-los para saber qual a situação patense, para assim, criar um plano de manejo para que a população possa desfrutar do bem natural de maneira mais igualitária.

Para melhor entendimento e adequação, a arborização urbana é dividida em 4 grupos: arborização de parques e jardins; arborização de áreas privadas; arborização nativa residual e arborização de ruas e avenidas (Pivetta; Silva Filho, 2002).

Desse modo, fica mais fácil definir quais espécies devem ser plantadas em cada uma dessas áreas, sempre considerando fatores específicos do local de plantio. De tal maneira, evitam-se acidentes, cortes desnecessários e inconveniências futuras.

O geoprocessamento é uma importante ferramenta para auxiliar o levantamento e análise de dados de um território maior, remotamente propiciando mais eficácia e rapidez ao estudo sem comprometer a qualidade. Além disso, o geoprocessamento fornece resultados gráficos que facultam o entendimento da população, produzindo um material que poderá facilmente ser utilizado para educação e conscientização ambiental (Campos, 2018).

O município de Patos de Minas (MG), pertencente ao bioma cerrado, foi fundado em 1868 e obteve emancipação em 24 de maio de 1892, contudo permaneceu 129 anos sem regulação de arborização urbana. Como resultado, muitas árvores inadequadas ao clima, à região, à profundidade do solo e à localização em relação às vias urbanas foram plantadas e cultivadas na área urbana.

A cidade de Patos de Minas possui cerca de 22,7 km² de zona urbana segundo a EMBRAPA (2015). Cerca de 42 mil dos 45 mil domicílios patenses estão localizados nessa área (IBGE, 2010). Ao analisar informações contidas no site oficial da Prefeitura de Patos de Minas (<http://patosdeminas.mg.gov.br/>), é possível observar a crescente preocupação da população, órgãos públicos e instituições de ensino com a arborização por meio de programas como “Patos Mais Verde”, “Patos Mais Vida” e “Viva Patos”

(Prefeitura de Patos de Minas, 2021). Esses programas incentivam a adoção de áreas verdes e promovem a doação de mudas propícias à urbanização, em sua maioria nativas.

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido na cidade de Patos de Minas, que se encontra na região do Planalto Central, em Minas Gerais; metade do estado tem como cobertura natural o bioma cerrado. A temperatura média é em torno de 21° graus. Conseqüentemente, devido ao relevo, condições de temperatura, pluviosidade e taxa de insolação média anual, a região se torna propícia ao cultivo do café (Matos, 2020).

A área estudada foi toda a região urbana de Patos de Minas, abrangendo cerca de 122.000 habitantes, moradores da zona urbana patense (IBGE, 2010) compreendidos em 76 bairros da cidade. Foi feito uso de imagens de satélites e vistorias *in loco* em alguns dos bairros, a fim de compor a amostragem simples aleatória.

O levantamento de áreas verdes foi feito por meio de imagens que foram retiradas do banco nacional de imagens de satélite e dos dados providos pelo “Google Satélite”, sistema esse mais acessível à população.

Após análises, foi construída uma tabela constituída pela porcentagem da arborização urbana em Patos de Minas, obtida por meio desse projeto versus os dados disponíveis no Portal do IBGE (IBGE, 2010). Desse modo, foi possível comparar o panorama de Patos de Minas em relação à arborização após 11 anos, período em que foi feita a última análise pelo IBGE.

As análises de cobertura do solo constituem, cada vez mais, uma ferramenta essencial nos levantamentos ambientais. Em vista disso, utilizou-se o *software* “QGIS” na versão 3.20.2, desenvolvido por QGIS *Development Team* para análise e tratamento das informações. Para calcular a densidade das áreas verdes, lançou-se mão do processamento de atributos das tabelas da camada de árvores criada no QGIS e análises de dados no Excel, desenvolvido pela Microsoft.

4.2 ÍNDICE DE QUANTIFICAÇÃO

Os parques, as áreas de preservação permanentes (APPs) e reservas legais devidamente reflorestadas ou com vegetação nativa foram identificados por meio de um polígono em camada no QGIS com sua área total calculada. Como exemplo, cita-se o Parque do Mocambo, que foi reflorestado.

Após, foi gerado um sistema de pontos em camada no QGIS para cada árvore com diâmetro da copa superior a 5 metros. Sendo assim, a partir de cada árvore (representada por um ponto) foi possível associá-la e transformá-la em uma base de dados que permitiu gerar um mapa, e assim quantificar e aferir a densidade da composição arbórea da área de estudo.

Além do mapa, foi gerada uma tabela com a quantidade aproximada de árvores em cada bairro.

4.3 ÍNDICE DE QUALIFICAÇÃO

A qualificação foi observada com o auxílio da ficha (ANEXO I) preenchida nas avaliações aleatórias *in loco*. Por conseguinte, poderá prevenir acidentes causados por galhos secos, árvores comprometidas ou comprometedoras do trânsito local (tal prevenção dar-se-á por meio da análise da fitossanidade das árvores, observada nas fichas preenchidas conforme ANEXO I) e sugerir providenciar a substituição de árvores inadequadas nas áreas verdes.

4.4 AVALIAÇÕES *IN LOCO*

Foram feitas vistorias *in loco* para compor a amostragem simples aleatória para preenchimento da ficha de caracterização (ANEXO I).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Feitas as análises citadas na metodologia, constatou-se que a arborização patense apresenta índices muito inferiores aos adequados à população quanto à área urbana e ao número de habitantes. Em relação à área urbana, o município não apresenta nem 1% da cobertura ideal (Figura 1), já que, conforme citam Oliveira *et al.* (2013), é indicado que a cada 100 m² de área urbana haja uma árvore, ou seja, 12 m² de copa/100 m². Já em relação à população, Patos de Minas necessita de cerca de 188 mil árvores a mais para obedecer ao índice da SBAU, que relata 1,25 a 3 árvores por habitante o ideal para áreas urbanas (SILVA, 2016) (Figura 2).

Tabela 1 – Tabela de área arbórea ideal conforme área urbana

Área Urbana de Patos de Minas (m ²) *	Área Arbórea Total (m ²)	Área Arbórea ideal (m ²)
61 653 865,27	57 408,00	7 398 463,83

* Desconsiderando vazios urbanos (área urbana não edificada).

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Tabela 2 – Tabela de área arbórea ideal conforme área urbana

Número de árvores (un)	População (IBGE 2021)	Índice árvore/habitantes*
4 784	154 641	0,031

* Índice ideal varia de 1,25 a 3,0.

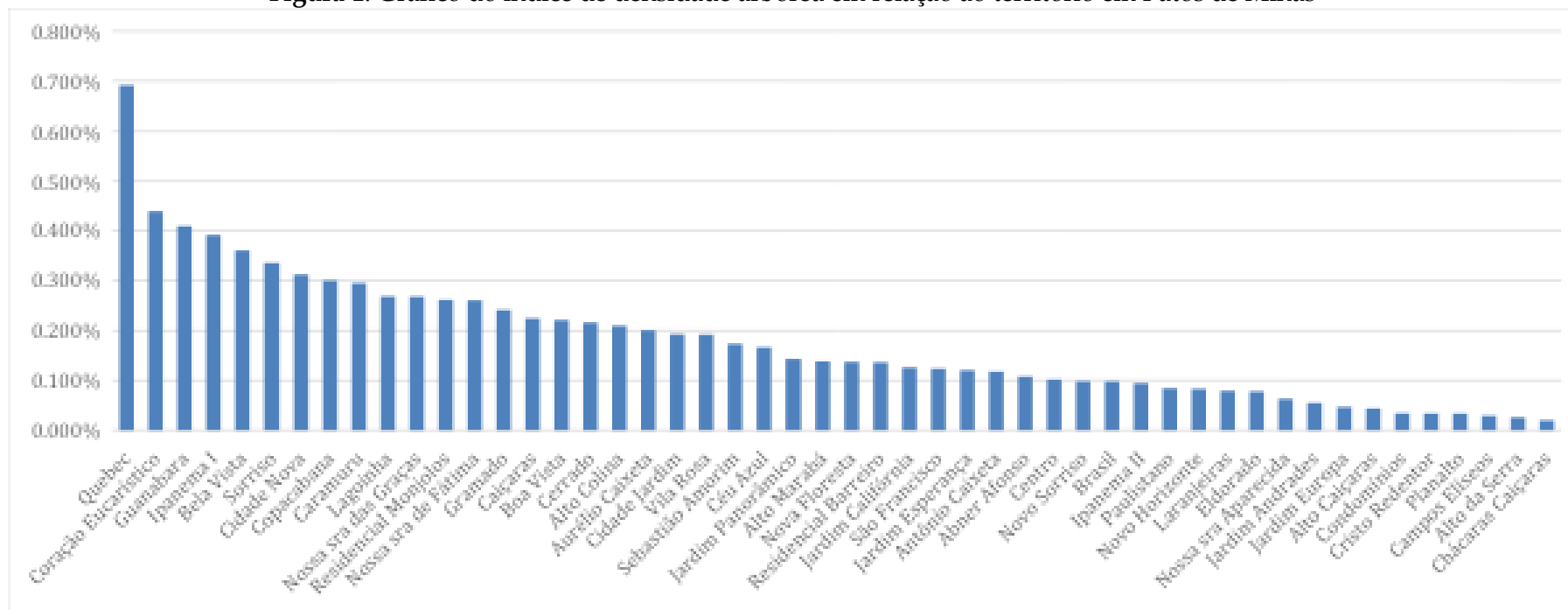
Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Ademais, usando-se o parâmetro de avaliação do IBGE (que identifica o percentual de domicílios em faces de quadra com presença de arborização, em relação ao total de domicílios), a arborização atual é de 11% de acordo com o número de domicílios urbanos identificados no censo de 2010 (41.828), isto é, caiu 69% em relação aos dados apresentados pelo instituto em 2010, quando o mesmo informou um percentil de 80%.

LEVANTAMENTO QUALIQUANTITATIVO DA ARBORIZAÇÃO URBANA EM PATOS DE MINAS (MG)

A Figura 1 mostra o índice de arborização de cada bairro em relação à área (quantidade de árvores pela área do bairro), sendo assim o índice ideal seria 0,12. O bairro que mais se aproxima desse índice é o Residencial Quebec.

Figura 1: Gráfico do índice de densidade arbórea em relação ao território em Patos de Minas



Fonte: dados da pesquisa, 2023.

LEVANTAMENTO QUALIQUANTITATIVO DA ARBORIZAÇÃO URBANA EM PATOS DE MINAS (MG)

Mesmo que o Residencial Quebec apresente o maior índice, ainda não foi o setor que apresentou maior quantitativo de árvores, conforme mostra a Figura 3.

Tabela 3 – Tabela do número de árvores (com copa superior a 5 m de diâmetro) por bairro em Patos de Minas (MG)

BAIRRO	NÚMERO DE ÁRVORES
Abner Afonso	14
Antônio Caixeta	15
São Francisco	18
Alto da Serra	23
Cristo Redentor	23
Campos Elíseos	24
Jardim Andrades	28
Eldorado	31
Sorriso	32
Chácaras Caiçaras	39
Jardim Esperança	42
Laranjeiras	45
Novo Horizonte	45
Cidade Nova	49
Ipanema II	49
Brasil	52
Residencial Monjolos	52
Boa Vista	63
Bela Vista	65
Paulistano	68
Nossa Senhora Aparecida	70
Alto Colina	71
Vila Rosa	73
Aurélio Caixeta	76
Nossa Senhora das Graças	80
Novo Sorriso	82
Coração Eucarístico	87
Lagoinha	91
Nova Floresta	91
Jardim Europa	97
Caiçaras	98
Jardim Califórnia	98
Cidade Jardim	99

Condomínios	99
Planalto	101
Alto Caiçaras	102
Alto Marabá	105
Jardim Panorâmico	110
Cerrado	111
Residencial Barreiro	116
Céu Azul	136
Copacabana	139
Gramado	147
Guanabara	157
Nossa Senhora de Fátima	169
Quebec	219
Sebastião Amorim	232
Ipanema I	277
Caramuru	333
Centro	341
TOTAL	4784

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

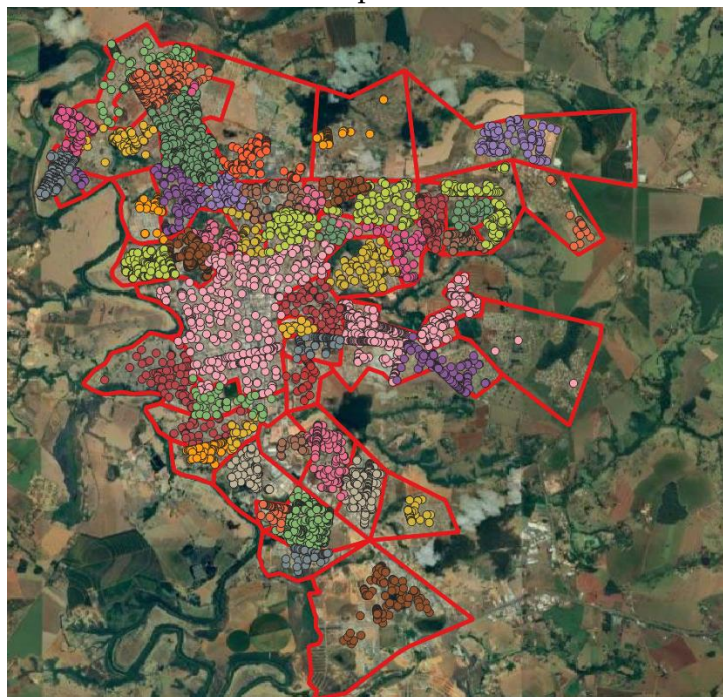
As vistorias *in loco* indicaram que, quanto mais novo o bairro, mais adequadas são as espécies utilizadas na arborização, desde que os proprietários realizem manutenção constante das árvores. Sendo assim, bairros jovens apresentam uma arborização que provavelmente não causará danos às vias públicas, às redes de água e esgoto e dificilmente provocarão acidentes de trânsito, já que obedecem à Lei nº 4451/1997, do Município de Patos de Minas.

Os bairros da cidade de Patos de Minas não citados na Figura 1 e Tabela 3 foram agregados com os menores bairros confrontantes para melhor visualização na Figura 2.

Os parques documentados de Patos de Minas, em sua maioria, compõem áreas desmatadas; como exceção o Parque Municipal do Mocambo, que é reflorestado e apresenta grande variedade de espécies, e o Parque da Mata do Catingueiro, que está passando por um processo de revitalização e reflorestamento, ou seja, tais áreas possuem vegetação de boa qualidade. Os outros parques apresentam vegetação bastante degradada e/ou composta por espécies invasoras. A composição vegetal dessas áreas é justificada em sua maioria pela urbanização da área, como observado no caso de estudo da Lagoa Grande.

Por fim, segue o mapa das árvores da área urbana de Patos de Minas com as árvores demarcadas por cada ponto (Figura 5).

Figura 2 — Mapa da área urbana de Patos de Minas com as árvores identificadas por um “ponto”



Fonte: elaborada pelos autores, 2023.

Software “QGIS”, versão 3.20.2, QGIS Development Team.

Ao observar a Figura 2, nota-se a quantidade de vazios arbóreos presentes principalmente nos bairros periféricos da cidade de Patos de Minas, locais onde a instalação de academias, quadras e parquinhos públicos causaria menor dano à vegetação.

6 CONCLUSÃO

O município de Patos de Minas apresentou decréscimo na arborização urbana e está abaixo da média esperada, conflitando com o aumento da população urbana, já que, quanto mais habitantes nos centros urbanos, mais necessidade arbórea. Entretanto, vê-se que nos bairros novos há maior presença de cobertura arbórea, possivelmente devido ao “habite-se”, sistema de regulação de imóveis em Patos de Minas que impõe o plantio de árvores no calçamento conforme a Lei nº 4451/1997.

Em relação às áreas de APP e parques municipais, é recomendado que a Prefeitura Municipal de Patos de Minas intensifique o processo de reflorestamento deles e conscientize a população acerca da importância da arborização e da boa escolha de espécies para plantio, a fim de evitar danos futuros. A informação poderá ser apresentada por meio dos dados do presente estudo junto às campanhas já existentes do programa de adoção de praças e áreas verdes Viva Patos, já que o aceite da população tem sido alto; como exemplo, têm-se o caso de sucesso da Praça Antônio Dias, revitalizada pelo Sicredi.

Destacamos a importância do plano de arborização patense para incremento da densidade arbórea do município, para que os problemas de drenagem, que são bem críticos em vários pontos da cidade, possam diminuir, assim, aumentando a mobilidade urbana.

O presente estudo foi feito com intuito de preceder avaliações mais profundas a respeito das ações futuras da rede privada e pública de Patos de Minas. Nesse sentido, poderá ser desenvolvido um plano de arborização centrado para cada bairro, promovidas de aulas de educação ambiental nas escolas, análise dos melhores pontos para adoção por meio do programa Viva Patos e campanhas de plantio direcionadas às áreas menos densas.

REFERÊNCIAS

AQUECIMENTO Global de 1,5°C. Local: Suíça. **Intergovernmental Panel on Climate Change**, n. 28, outubro 288. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>.

CAMPOS, T. de. **Geoprocessamento aplicado a o estudo da arborização da UTFPR - câmpus Dois Vizinhos**. 2018. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal), Coordenação de Engenharia Florestal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2018. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/10930>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 2015. Disponível em: http://geoinfo.cnpm.embrapa.br/layers/geonode%3Aareas_urbanas_br_15.

FONSECA, S. *et al.* Técnicas de geoprocessamento aplicadas na classificação e avaliação da distribuição das espécies arbóreas nas praças de Buritizeiro/MG. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 109-122, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236499412503>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/patos-de-minas/panorama>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/patos-de-minas.html>.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 1, n. 1, p. 19-29, jun. 2003. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/270>.

MATOS, A. C. M. **Identificação da fragilidade ambiental potencial através de análise multicritérios e técnicas de geoprocessamento**: município de Patos de Minas/MG. 2020. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2020. Disponível em: <http://200.131.62.27/handle/tede/1012>.

MOREIRA, *et al.* Diagnóstico quali-quantitativo da arborização de praças públicas na cidade de Planalto, BA. **ACSA**, Patos - PB, v. 14, n. 2, p. 168-174, abr./jun. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v14i2.1019>.

OLIVEIRA, A. S. de *et al.* Benefícios da arborização em praças urbanas: o caso de Cuiabá/MT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 9, n. 9, p. 1900-1915, fev. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/223611707695>.

OSAKO, L. K. *et al.* Arborização urbana e a importância do planejamento ambiental através de políticas públicas. **Revista Científica ANAP Brasil**, Tupã - SP, v. 9, n. 14, p. 1-8, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.17271/1984324091420161318>.

PEREIRA, A. W. Análise quali-quantitativa da arborização urbana de dois bairros no Município do Rio de Janeiro por meio do geoprocessamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 43-61, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v14i2.65812>.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. da. **Arborização Urbana**. Boletim Acadêmico; Arborização Urbana. 2002. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/90233/mod_resource/content/1/arborizaourbana-unespjaboticabal-111215112201-phpapp01.pdf.

PREFEITURA DE PATOS DE MINAS. **Lei nº 4451/1997**. Regulamentada pelo Decreto nº 2016/1997. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/p/patos-de-minas/lei-ordinaria/1997/446/4451/lei-ordinaria-n-4451-1997-dispoe-sobre-o-codigo-de-arborizacao-urbana-no-municipio-de-patos-de-minas..>

PREFEITURA DE PATOS DE MINAS. **Prefeitura de Patos de Minas formaliza adoção de novas áreas verdes**. 29 de outubro de 2020. Disponível em: <http://patosdeminas.mg.gov.br/home/prefeitura-de-patos-de-minas-formaliza-adocao-de-novas-areas-verdes/29/10/2020/>.

PREFEITURA DE PATOS DE MINAS, **Lei nº 4451/1997, regulamentada pelo Decreto nº 2016/1997 em 07/07/1997**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/p/patos-de-minas/lei-ordinaria/1997/445/4451/lei-ordinaria-n-4451-1997-dispoe-sobre-o-codigo-de-arborizacao-urbana-no-municipio-de-patos-de-minas>.

PREFEITURA DE PATOS DE MINAS, **Lei nº 8058/2021, regulamentada pelo Decreto nº 5100/2021**. Institui o Programa “Viva Patos”, que trata de adoção de equipamentos públicos, praças esportivas e áreas verdes no Município de Patos de Minas, e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/mg/p/patos-de-minas/lei-ordinaria/2021/806/8058/lei-ordinaria-n-8058-2021-institui-o-programa-viva-patos-que-trata-de-adocao-de-equipamentos-publicos-pracas-esportivas-e-areas-verdes-no-municipio-de-patos-de-minas-e-da-outras-providencias?q=viva+patos>.

SANDIFER, P. A. *et al.* Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: opportunities to enhance health and biodiversity conservation. **Ecosystem Services**, [S. l.], v. 12, p. 1-15, abr. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.007>.

SILVA, R. F. de S. **Cálculo do índice de arborização urbana (índice de área verde) como indicador da qualidade socioambiental para a cidade de Três Rios, RJ**. 2016. Disponível em: <https://itr.ufrrj.br/portal/wp-content/uploads/2017/09/monografia-raphael-fonseca-de-sa-silva-1.pdf>.

SOARES, J.; PELLIZZARO, L. Inventário da Arborização Urbana do município de Ampére (Paraná - Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Recife, v.5, n. 1, p. 111-127, 2019. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/142>.

TURKER-SKOFF, J. B.; CAVENDER, N. The benefits of trees for livable and sustainable communities. **Plants, People, Planet**, [S. l.], v. 1, n. 4, p. 323-335, out. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ppp3.39>.

WONG, N. H.; YU, C. Study of green areas and urban heat island in a tropical city. **Habitat International**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 547-558, set. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2004.04.008>.

LEVANTAMENTO QUALIQUANTITATIVO DA ARBORIZAÇÃO URBANA EM PATOS DE
MINAS (MG)

ANEXO I

FICHA PARA ANÁLISE DE ÁRVORES
Espécie:
Nome popular:
Altura aproximada:
Local em que se encontra e coordenadas:
Fitossanidade:
Fotos:
Observações:

Parâmetros fitométricos de soja submetida a diferentes fontes de boro via foliar

Phytometric Parameters of Soybeans Subjected to Different Foliar Boron Sources

ANA CECÍLIA DE LIMA PEREIRA

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: anaceciliap@unipam.edu.br

BRUNO BERNARDES DE ANDRADE

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: brunobernandes@unipam.edu.br

Resumo: A cadeia de produção da soja desempenha papel crucial no cenário nacional. No que diz respeito à nutrição das plantas, a importância da aplicação de macro e micronutrientes pode influenciar diretamente no desenvolvimento e na produtividade da soja (Bevilaqua *et al.*, 2002). O boro tem sido amplamente estudado devido às suas funções essenciais para a planta, como o transporte de açúcares, o florescimento e a frutificação. Neste experimento, foi utilizada a variedade de soja P 95Y95IPRO PIONEER, de ciclo curto. O estudo foi conduzido em blocos casualizados com esquema fatorial $(2 \times 3) + 1$, considerando duas fontes de fertilizantes boratados (ácido bórico e Xiflon Boro Max) e quatro doses (100, 200, 300 e 400 mg ha⁻¹ de B), além de tratamento adicional sem aplicação de fertilizante boratado via foliar, com quatro repetições. Foram avaliados número de vagem e números de grãos por vagem e feita quantificação de boro foliar a partir do teste de Tukey a 5% de probabilidade. A aplicação foliar de 200 mg ha⁻¹ de ácido bórico e a fonte Xiflon Boro Max® em dose de 100 mg ha⁻¹ promoveu desenvolvimento satisfatório de plantas de soja.

Palavras-chave: soja, boro, parâmetros fitométricos.

Abstract: The soybean production chain plays a crucial role in the national scenario. Regarding plant nutrition, the importance of the application of macro and micronutrients can directly influence the development and productivity of soybeans (Bevilaqua *et al.*, 2002). Boron has been widely studied due to its essential functions for the plant, such as sugar transport, flowering, and fruiting. In this experiment, the P 95Y95IPRO PIONEER soybean variety, with a short cycle, was used. The study was conducted in randomized blocks with a factorial scheme $(2 \times 3) + 1$, considering two sources of boron fertilizers (boric acid and Xiflon Boro Max) and four doses (100, 200, 300, and 400 mg ha⁻¹ of B), in addition to an additional treatment without foliar application of boron fertilizer, with four replications. Pod number and the number of grains per pod were evaluated, and foliar boron was quantified using the Tukey test at 5% probability. The foliar application of 200 mg ha⁻¹ of boric acid and the Xiflon Boro Max® source at a dose of 100 mg ha⁻¹ promoted satisfactory development of soybean plants.

Keywords: soybean, boron, phytometric parameters.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max.* L.) destaca-se atualmente como o principal produto agrícola brasileiro, sendo o país o maior produtor e exportador mundial. Este cultivo se apresenta como a cultura agrícola com maior área plantada do país, superior a 41,0 milhões de hectares cultivados, alcançando produção de 118.834.511 toneladas, com produtividade média nacional de 2.911 kg ha⁻¹ (IBGE, 2022). As adequações e os investimentos em tecnologia possibilitaram que essa cultura estivesse presente em todas as regiões do país, tornando possível a sua produção em terras até então improdutivas e com baixo nível de investimentos (Silva, 2017).

A cadeia produtiva dessa cultura exerce papel essencial para o país, gerando empregos e possibilitando o desenvolvimento do Brasil. Esse cereal está presente na alimentação humana e animal, no setor primário, secundário e terciário (Ferreira Junior *et al.*, 2010). Segundo a EMBRAPA (2014), entre os fatores para aumentar a produtividade das culturas, destaca-se principalmente a fertilidade do solo. Nesse sentido, o correto manejo pode reduzir os riscos de perda de produtividade em até 80%, ressaltando ainda que pode alterar a sustentabilidade dos sistemas de produção de soja.

No que tange à nutrição de plantas, o fornecimento de macro e micro nutrientes tem sido frequente nos estudos, podendo estes influenciar no crescimento e na produtividade da soja (Bevilaqua *et al.*, 2002). Para se obter boa produção, é necessária a adoção de bom manejo agrônômico no cultivo. O boro (B) talvez seja o micronutriente mais estudado e se destaca por desempenhar na planta funções diretamente ligadas à produção. Além do mais, participa do transporte de açúcares através das membranas, no florescimento e na frutificação, o que garante a formação do fruto ou semente.

O boro, por ser de baixa mobilidade no floema e se redistribuir pouco na planta, a sua deficiência nutricional pode apresentar-se nos grãos mais jovens (Malavolta, 1980). Além disso, é fator importante a presença de B nas sementes, pois a deficiência nelas pode interferir no poder germinativo (Rerkasem *et al.*, 1997). O boro disponível para as plantas encontra-se na solução do solo como ácido bórico (em condições de pH neutro) e como ânion borato (a elevados valores de pH) com poder de absorção pelo sistema radicular (raízes) ou pelo foliar (folhas) (Dechen *et al.*, 2018). Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de fontes e doses de fertilizantes boratados via folha no desenvolvimento da cultura da soja.

2 MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido na Fazenda Cedro, no município de Arapuá, Minas Gerais, na safra agrícola 2023/2024. O experimento foi conduzido em vasos a céu aberto. O solo utilizado no plantio apresenta histórico com teores de nutrientes, Tabela 1.

Tabela 1 — Resultados da análise do solo da área experimental. Fazenda Cedro, Arapuá (MG), 2023.

M.O.	pH	P- Meh	P- Rem	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _T	V%
dag kg ⁻¹	H ₂ O	mg dm ⁻³	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			%
1,6	4,72	0,47	1,59	0,47	1,4	1,27	2,04	4,63	7,77	40,83

Extratores: pH em água, K e P-assimilável por Mehlich-1, P-remanescente, teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial por Acetato de Cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria, segundo metodologia EMBRAPA (2009).

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

A área das parcelas obteve nove vasos, com quatro kg de solo em cada, com quatro linhas, espaçadas por 0,5 m. Foi utilizada a cultura da soja variedade P 95Y95IPRO PIONEER, de ciclo precoce. A semeadura ocorreu na primeira quinzena de dezembro de 2023, contemplou o fornecimento de cinco sementes por vaso, ocasionando depois o desbaste de três plantas no estágio fenológico V3, restando duas plantas por vaso.

O delineamento utilizado no ensaio foi em blocos casualizados (DBC) com esquema fatorial (2x3) + 1, sendo duas fontes de fertilizantes boratados (ácido bórico (P.A) e Xiflon Boro Max (Wircht®) e quatro doses (100, 200, 300 e 400 mg ha⁻¹ de B) mais o tratamento adicional sem aplicação de fertilizante boratado via foliar, com quatro repetições, Tabela 2.

Tabela 2 — Tratamentos utilizados na condução do experimento. UNIPAM. Patos de Minas (MG), 2022.

Tratamentos	Fontes	Garantias	Doses (mg ha ⁻¹ de B)
T1	Controle		0
T2	Ácido bórico P.A/1	100%	100
T3			200
T4			400
T5	Xiflon Boro Max®/2	8,5%	100
T6			200
T7			400

/1 Ácido Bórico P.A

/2 Xiflon Boro Max (Wircht®)

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A aplicação dos tratamentos ocorreu no estágio fenológico R1 (início do florescimento) via foliar, que foi realizada de forma manual, com auxílio de pulverizador manual. A adubação de semeadura contemplou o fornecimento de 20,0 kg ha⁻¹ de N utilizando a fonte ureia, fornecimento de 120,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com superfosfato simples.

Para o fornecimento de potássio, foi utilizado o cloreto de potássio como fonte, na dose de 50,0 kg ha⁻¹ e 70 kg ha⁻¹ na semeadura e em cobertura, respectivamente.

Para quantificar o teor foliar de B foi realizada coleta de folhas no estágio fisiológico R4, correspondente ao início da formação da vagem. A amostra contemplou os quatro primeiros trifólios totalmente desenvolvidos, que posteriormente foram encaminhadas ao laboratório para quantificação dos teores de boro foliar.

Ao término do ciclo, foi realizada a colheita que consistiu na coleta de todas as plantas da área útil do bloco. Em cada parcela, foram contabilizados o número de vagens com um, dois e três grãos separadamente.

Os resultados foram tabulados e submetidos à análise de variância. Os fatores foram analisados pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade com o auxílio do sistema computacional SISVAR (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da análise estatística dos dados coletados, o tratamento 3 (ácido bórico P.A. com dose de 200 mg ha⁻¹) destacou-se para número de vagens por parcela, independentemente da quantidade de grãos por vagem. Isso se deve especialmente devido à faixa estreita entre doses adequadas e tóxicas na adubação do micronutriente boro (Buzatto, 2023).

A aplicação do micronutriente se mostrou eficaz em número de vagens com apenas um grão e em teores de boro foliar. Isso se deve ao estágio de R1 ao R5, época de maior exigência de nutrientes pela planta (Rosolem; Boaretto, 1989).

Há também correlação negativa entre o teor de boro na planta e o abortamento de flores e vagens, de forma que há aumento de calose e indução de fitoalexinas no estigma e no estilete em caso de deficiência. Isso afeta o “pegamento de florada” e, conseqüentemente, número de grãos e vagens (MALAVOLTA *et al.*; 1997).

Para vagens com somente um grão, os tratamentos 2 (ácido bórico P.A. com dose de 100 mg ha⁻¹), 3 (ácido bórico P.A.; 200 mg ha⁻¹) e 4 (ácido bórico P.A. com dose de 400 mg ha⁻¹) não diferiram entre si, sendo os tratamentos 1 (controle), 5 (Xiflon Boro Max® com dose de 100 mg ha⁻¹), 6 (Xiflon Boro Max® com dose de 200 mg ha⁻¹) e 7 (Xiflon Boro Max® com dose de 400 mg ha⁻¹), inferiores ao tratamento 3 e igual aos demais.

Para número de vagens com dois grãos, o tratamento 3 (ácido bórico P.A. com dose de 200 mg ha⁻¹) foi superior ao tratamento 7 (Xiflon Boro Max® com dose de 400 mg ha⁻¹); os outros não diferiram entre si e com anteriores.

Com relação ao número de vagens com três grãos, o tratamento 3 (ácido bórico P.A. com dose de 200 mg ha⁻¹) foi superior aos tratamentos 4 (ácido bórico P.A. com dose de 400 mg ha⁻¹), 6 (Xiflon Boro Max® com dose de 200 mg ha⁻¹) e 7 (Xiflon Boro Max® com dose de 400 mg ha⁻¹), ao passo que os demais tratamentos não diferiram entre si e com anteriores.

Por fim, quanto à presença de teores de boro foliar no tecido coletado, o tratamento 5 (Xiflon Boro Max® com dose de 100 mg ha⁻¹) apresentou concentrações mais elevadas que os tratamentos 1 (controle), 2 (ácido bórico P.A. com dose de 100 mg ha⁻¹), 4 (ácido bórico P.A. com dose de 400 mg ha⁻¹) e 6 (Xiflon Boro Max® com dose de

200 mg ha⁻¹), enquanto os tratamentos 3 (ácido bórico P.A. com dose de 200 mg ha⁻¹) e 7 (Xiflon Boro Max® com dose de 400 mg ha⁻¹) não diferiram dos demais. Segundo Epstein e Bloom (2006 [972]), os níveis adequados de boro pela maioria das plantas adultas em tecidos são de 20 ppm, dessa forma valores acima disso podem ser úteis para reservas e conferir resistência, ao passo que podem ser desprezíveis ou tóxicos para a planta. Assim, verifica-se a presença de absorção ótima que representa a promoção de crescimento e desenvolvimento da planta, ou mesmo de sua resistência a estresses, estabelecido pela Lei do Máximo (Voisin, 1973).

Tabela 3 — Avaliações de número de grãos por vagens de um, dois e três grãos e teor de boro foliar, submetidas à estatística. UNIPAM, Patos de Minas (MG), 2023.

Tratamentos	Número de vagens com 1 grão	Número de vagens com 2 grãos	Número de vagens com 3 grãos	B Foliar
	Unidade			mg kg ⁻¹
1	1,67 b	13,67 ab	20,33 ab	8,33 b
2	3,33 ab	13,0 ab	19,0 ab	11,0 b
3	5,33 a	18,33 a	25,0 a	19,0 ab
4	2,33 ab	9,33 ab	11,0 b	11,67 b
5	1,0 b	10,67 ab	19,33 ab	25,00 a
6	1,33 b	10,0 ab	8,33 b	10,33 b
7	0,67 b	5,67 b	10,33 b	19,33 ab
CV (%)	50,28	29,64	28,02	34,91

*Médias de mesma letra não diferem entre si a partir do Teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

4 CONCLUSÃO

A aplicação foliar de boro é eficaz no desenvolvimento de plantas de soja; em especial, a aplicação foliar de 200 mg ha⁻¹ de ácido bórico promove desenvolvimento satisfatório de plantas de soja. Ademais, a fonte Xiflon Boro Max® se mostrou bastante confiável em dose de 100 mg ha⁻¹, de forma a otimizar absorção pela planta, redução de doses e de uso de fontes isoladas de boro.

REFERÊNCIAS

BEVILAQUA, G. A. P. *et al.* Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. *Ciência Rural*, v. 32, n. 1, p. 31-34, 2002.

BUZATTO, J. V. L. **Efeito da aplicação de boro na nutrição e na produtividade da soja.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2023.

PARÂMETROS FITOMÉTRICOS DE SOJA SUBMETIDA A DIFERENTES FONTES DE BORO
VIA FOLIAR

DECHEN, A. R. *et al.* Micronutrientes. *In*: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L.A. (eds.). **Nutrição Mineral de plantas**. 2. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2018.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja (Sistemas de Produção, n. 15), 2014.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**. Original: 1972. Tradução e revisão: 2006.

FERREIRA JUNIOR, J. A. *et al.* Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba – MG. **Fazu em Revista**, n. 07, p. 13-21, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, 37 (4), 529-535. Fundação Cargill. 60p. 2019. (Série Técnica, 7).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da Produção Agrícola**. Série Histórica da estimativa anual. 2022

MALAVOLTA, E **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980. 254p

MALAVOLTA, E. *et al.* **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

RERKASEM, B. *et al.* Relationship of seed boron concentration to germination and growth of soybean (*Glycine max*). **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [S. l.], v. 48, n. 3, p. 217-223, 1997.

ROSOLEM, C. A.; BOARETTO, A. E. A adubação foliar em soja. *In*: BOARETTO, A. E.; ROSOLEM, C. A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill. 1989.

SILVA, R. C. D. da *et al.* Nutrição com boro na soja em função da disponibilidade de água no solo. **Scientia agraria**, v. 18, n. 4, p. 155-165, 2017.

VOISIN, A. **Adubos**: novas leis científicas de sua aplicação. São Paulo: Mestre Jou, 1973.

Produtividade do trigo submetido a diferentes fontes de fósforo

Wheat yield subjected to different phosphorus sources

LAYSA CRISTINA DE MELO SILVA

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: lcmelos322@unipam.edu.br

MAURICIO ANTÔNIO DE OLIVEIRA COELHO

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: mauricioac@unipam.edu.br

Resumo: O trigo é um cereal que tem grande importância, sendo matéria-prima para diversos produtos. Um grande limitante na produtividade são as perdas de fósforo para o solo, demandando novas tecnologias para diminuir essa perda, como polímeros nos fertilizantes convencionais e organominerais. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes fontes de fósforo na cultura do trigo. O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), no município de Patos de Minas, no estado de Minas Gerais. Foram utilizadas sementes da cultivar MGS-BRILHANTE. Os tratamentos foram definidos com quatro fontes de fertilizantes fosfatados, sendo eles MAP Convencional, MAP + Polímero, Policote e Organomineral 04-20-05, mais um tratamento adicional sem a aplicação de fertilizantes. Cada tratamento continha quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Foram avaliados altura de planta, massa seca de parte aérea e da raiz, eficiência agrônômica de fósforo foliar e índice SPAD. Foi submetido ao teste de Tukey para as médias. Obteve-se resultado satisfatório para as fontes em relação ao controle, o que colaborou para maior altura, massa seca aérea e da raiz; quando há adição do fertilizante, a cultura é responsiva a adubação. Portanto, concluiu-se que, em solos com níveis baixos de fósforo como o utilizado nesse experimento, há resultados satisfatórios quando se adiciona fósforo independentemente da fonte utilizada.

Palavras-chave: adubação; fertilizantes; eficiência.

Abstract: Wheat is a cereal crop of great importance, serving as raw material for various products. A major limiting factor in productivity is phosphorus losses to the soil, demanding new technologies to reduce this loss, such as polymers in conventional fertilizers and organominerals. The objective of this study was to evaluate different phosphorus sources in wheat cultivation. The experiment was conducted in the greenhouse of the University Center of Patos de Minas (UNIPAM), in the city of Patos de Minas, in the state of Minas Gerais. Seeds of the cultivar MGS-BRILHANTE were used. The treatments consisted of four sources of phosphate fertilizers: Conventional MAP, MAP + Polymer, Policote, and Organomineral 04-20-05, plus an additional treatment without fertilizer application. Each treatment had four replicates, totaling 20 experimental units. Plant height, shoot and root dry mass, phosphorus agronomic efficiency, and SPAD index were evaluated. The Tukey test was applied to the means. Satisfactory results were obtained for the sources compared to the control, which contributed to greater plant height, shoot and root dry mass; when fertilizer is added, the crop responds to fertilization. Therefore, it was

concluded that in soils with low phosphorus levels like those used in this experiment, satisfactory results are obtained when phosphorus is added regardless of the source used.

Key-words: fertilizing; fertilizers; efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum sativum*, L.) é um cereal com importância relevante na alimentação da humanidade. É cultivado em todo o mundo, em diversos climas e geografias (Kolcheski, 2019). Sua relevância para a agricultura global está relacionada à sua inserção com várias cadeias produtivas, sendo matéria-prima no setor não só de alimentos, mas também de alimentação animal (De Mori; Ignaczak, 2011).

Segundo dados da CONAB (2022), a produção anual de trigo no Brasil na safra 2021/22 foi de 9.365,9 milhões de toneladas, mas ainda não é suficiente para atender as necessidades do país, que estão em média de 12.277,8 milhões de toneladas por ano, importando 6.300,0 milhões de toneladas (Mercado..., 2022). A safra atual, embora tenha sofrido condições climáticas adversas em algumas áreas produtoras, principalmente nos estados da Região Sul, é a maior já produzida.

Um dos fatores que limitam o aumento da produtividade do trigo no Brasil é a baixa eficiência dos fertilizantes fosfatados, levando a uma má nutrição da cultura (Silva *et al.*, 2012). O fósforo (P) é o nutriente que mais limita as culturas agrícolas, principalmente em ambientes de solo com alto intemperismo, que apresentam baixo teor de P disponível e uma alta acidez (Araújo, 2011).

Conforme Sousa e Lobato (2004), as concentrações de P nos solos brasileiros são muito baixos, sobretudo no cerrado. Isso acarreta uma alta capacidade de retenção do P na fase sólida do solo, formando compostos menos solúveis, sendo a principal restrição da produtividade, necessitando da aplicação de altas doses de fertilizantes fosfatados. O Brasil já é um importante importador de fertilizantes, principalmente pela escassez de matérias-primas minerais que formam a base da cadeia produtiva do setor (Dias; Lajolo, 2010).

Nos últimos anos, vem ocorrendo imenso crescimento em tecnologias que objetivam aumentar a eficiência da adubação fosfatada e a utilização de fertilizantes com liberação gradual ou controlada de nutrientes. A principal opção para diminuir os processos de perdas pelos colóides do solo é o uso de fertilizantes fosfatados revestidos por polímeros (Figueiredo *et al.*, 2012). Esses fertilizantes podem propiciar tanto o aumento da eficiência da adubação fosfatada quanto a redução dos custos de produção (Valderrama *et al.*, 2009). Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar diferentes fontes de fertilizantes na cultura do trigo.

2 METODOLOGIA

2.1 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO

O experimento foi instalado na casa de vegetação do UNIPAM, em Patos de Minas (MG), em novembro de 2023. O local apresenta as seguintes coordenadas

geográficas: 18°34' S (latitude Sul), 46°31' W (longitude Oeste) e 815 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen, apresenta clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1400 mm (Souza *et al.*, 2005), sendo a temperatura média anual igual a 21,1° C; a máxima anual, 27,8° C; e a mínima anual, 16,3° C, conforme dados da Estação Meteorológica de Sertãozinho (EPAMIG) no município de Patos de Minas (MG).

O delineamento utilizado foi em DBC (Delineamento de blocos ao acaso) com cinco tratamentos: quatro fontes de fertilizantes fosfatados (MAP Convencional, MAP + Polímero, Policote e Organomineral (04-20-05)), além do controle. As doses dos tratamentos foram recomendadas de acordo com a análise de solo mais o tratamento, totalizando 20 unidades experimentais. As fontes e doses utilizadas estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1: Tratamentos utilizados no experimento “Produtividade do trigo submetido a diferentes fontes de fósforo”. Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM. Patos de Minas, 2024.

Tratamento	Fonte	Dose (kg.ha ⁻¹)
T1	Controle	0
T2	MAP convencional	100
T3	MAP + Polímero	100
T4	Policote	100
T5	Organomineral 04-20-05	100

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

A dose dos fertilizantes foi recomendada de acordo com a análise do solo utilizado, que está representada na Tabela 2.

Tabela 2. Análise química do solo da área coletada para implantação e condução do experimento “Produtividade do trigo submetido a diferentes fontes de fósforo”. Safra 2023/24. Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM. Patos de Minas, 2024.

M.O	pH	P- Meh	P- Rem	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _T	V%
dag Kg ⁻¹	H ₂ O	mg dm ⁻³					cmolc dm ⁻³			%
1,07	4,72	0,47	1,59	0	0	0	0	4,60	7,77	40,83

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Para a adubação fosfatada, foram utilizados apenas os tratamentos utilizados e para adubação potássica na semeadura foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de K₂O sob forma do fertilizante cloreto de potássio. Na adubação de cobertura foram utilizados 70 kg ha⁻¹ de K sob forma de cloreto de potássio e 70 kg ha⁻¹ de N sob forma de ureia, que foram aplicados no estágio V4.

Para as avaliações das partes vegetativas, foram coletadas todas as plantas por vaso do experimento, no estágio fenológico V8. Posteriormente, foram feitas as análises de altura de planta, massa seca e índice SPAD. Em relação aos equipamentos, foi utilizada uma fita métrica para a análise de altura, medindo desde a base do perfilho até o pedúnculo. O teor de clorofila foi medido por meio de um clorofilômetro do modelo SPAD-502.

Para a avaliação de massa seca, foram utilizadas as mesmas plantas para a análise das partes vegetativas, caule e folha, e inseridas em sacos de papéis para a secagem na estufa de ventilação controlada a 64° C até atingir massa constante. Após a secagem, as plantas foram pesadas em balança de precisão para obter os resultados da matéria seca de folha e caule. Para a determinação de massa seca de raízes, foi feito o mesmo processo das partes vegetativas.

Também foi feita a análise de fósforo foliar pelo método de Digestão Seca. O cálculo de índice de eficiência agrônômica de fósforo utilizado foi feito por meio da seguinte fórmula:

$$EAR (\%) = \frac{Y_{Fertilizante\ i} - Y_{Controle}}{Y_{Fertilizante\ padrão} - Y_{Controle}} \times 100$$

Em que:

EAR (%) = eficiência agrônômica relativa;

$Y_{Fertilizante\ i}$ = resposta obtida com a aplicação de um fertilizante **i** testado;

$Y_{Fertilizante\ padrão}$ = resposta obtida com a aplicação do fertilizante padrão;

$Y_{Controle}$ = resposta obtida sem a aplicação de P.

Os resultados foram submetidos ao Teste F da análise de variância (ANOVA), e posteriormente aplicado o teste de Tukey a 0,05 utilizando o software estatístico SISVAR® (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 3, pode-se observar que houve diferença estatística dos fertilizantes em relação ao tratamento controle nas variáveis analisadas. Isso pode ser explicado devido ao fósforo do solo estar em níveis baixos, sendo caracterizado também pelos parâmetros dos nutrientes como um solo muito pobre.

Tabela 3 — Resultados estatísticos no experimento: “Produtividade do trigo submetido a diferentes fontes de fósforo”. Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM. Patos de Minas, 2024.

Tratamentos	CPA (cm)	EAP Foliar (%)	MSPA (g)	MSR (g)	SPAD
Controle	10,02a	3,32a	1,54a	1,50a	29,32a
MAP convencional	20,62b	18,48b	4,24b	3,54b	32,60ab
MAP + Polímero	22,00b	15,04b	4,00b	3,03b	33,60ab

Policote	21,95b	16,59b	4,18b	2,94b	32,85ab
Organomineral 04-20-05	19,75b	18,17b	4,07b	3,02b	38,15b

*Letras iguais não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

*Legenda: CPA: comprimento de parte aérea; EAP Foliar: eficiência agrônômica do fósforo foliar; MSPA: massa seca de parte aérea; MSR: massa seca de raiz.

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Oliveira *et al.* (2012) também observaram, trabalhando com diferentes fontes de P e avaliando a produtividade do capim Piatã e Mombaça, que os tratamentos estudados, aos 15 dias após emergência (DAE), não alteraram a densidade dos perfilhos, mas se verificou diferença significativa aos 30 DAE, sendo os tratamentos com SS e farinha de ossos os que apresentaram melhores resultados. Em relação ao número de perfilhos avaliados aos 60 DAE, observou-se que houve significância entre os tratamentos, sendo que as parcelas com P apresentaram resultados superiores aos do controle.

Lima *et al.* (2007) não constataram, avaliando diferentes fontes e doses de P no estabelecimento do capim Marandu, diferenças significativas entre as fontes aos 30 dias após o plantio (DAP). Não observaram também diferenças entre os tratamentos com fosfatagem em relação ao controle não influenciando a densidade do perfilhamento do capim Marandu; aos 60 DAP já observaram respostas em perfilhamento, para as diferentes fontes de P.

Segundo Ourives *et al.* (2010), quando se adiciona uma fonte solúvel de P em solos intemperizados, mais de 90% do total aplicado são adsorvidos na primeira hora de contato com o solo. Schlindwein e Giannello (2005) também encontraram resposta quadrática quanto ao rendimento de grãos de soja à aplicação de doses de fósforo, em solos de cerrado. Respostas a doses muito altas de fósforo são comuns em solos com baixos teores de fósforo disponível. Esses valores podem ser explicados pelo fato de a resposta da cultura ao uso de fertilizantes depender do estado de fertilidade do solo. Logicamente, solos de baixa fertilidade apresentam alta probabilidade de resposta ao uso de nutrientes.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que, em solos com níveis baixos de fósforo como o utilizado nesse experimento, há resultados satisfatórios quando se adiciona fósforo independentemente da fonte utilizada.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. F. Disponibilização de fósforo, correção do solo, teores foliares e rendimento de milho após a incorporação de fosfatos e lodo de curtume natural e compostado. *Acta Scientiarum*, 33:355-360, 2011.

DE MORI, C.; IGNACSAK, J. C. **Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo**. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (ed.). Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011.

DIAS, E. G.; LAJOLO, R. D. **O meio ambiente na produção de fertilizantes fosfatados no Brasil**. CETEM/MCT. 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FIGUEIREDO C. C. *et al.* Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 446-452, 2012.

KOLCHESKI, J. *et al.* Análise financeira da cultura de trigo na safra 2017/2018 em propriedade familiar no nordeste do RS. In: **IX SIEPEX-IX Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2019.

LIMA, S. de O.; FIDELIS, R. R.; COSTA, S. J. Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sul do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 100-105, 2007.

MERCADO impulsiona produção de trigo que atinge novo recorde com mais de 9 milhões de toneladas. **CONAB** - Companhia Nacional de Abastecimento. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4850-mercado-impulsiona-producao-de-trigo-que-atinge-novo-recorde-com-mais-de-9-milhoes-de-toneladas>.

OLIVEIRA, S. B.; CAIONE, G.; CAMARGO, M. F. NATALI, A.; OLIVEIRA, B.; SANTANA, L. Fontes de fósforo no estabelecimento e produtividade de forrageiras na região de Alta Floresta – MT. **Global Science and Technology**, v.5, p.1-10, 2012.

OURIVES, O. E. A.; SOUZA, G. M.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, p. 126-132, 2010.

SILVA, A. A. *et al.* Influência da aplicação de diferentes fontes de MAP revestido com polímeros de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, 28:240-250, 2012.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. In: Yamada T.; Abdalla S. R. S. (eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos. p.157-200, 2004.

SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Doses de Máxima Eficiência Econômica de fósforo e potássio para culturas cultivadas no sistema de Plantio Direto. **Revista Plantio Direto**, n. 85, p. 20-25, 2005.

VALDERRAMA, M. *et al.* Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 39:191-196, 2009.

Projeto e fabricação de um forno de fundição elétrico

Design and manufacture of an electric foundry furnace

VITOR JÚNIOR SOUSA SILVA
Discente de Engenharia Mecânica, UNIPAM
E-mail: vitorjss09@gmail.com

JANAÍNA APARECIDA PEREIRA
Professora orientadora (UNIPAM)
E-mail: janainaap@unipam.edu.br

Resumo: A fundição é um dos processos de fabricação e reciclagem de metais mais importantes na indústria. O trabalho descreve o desenvolvimento de um forno de fundição por resistência elétrica, projetado para atingir até 1200 °C, capaz de derreter 2 litros de alumínio e, potencialmente, outros metais como o cobre. O projeto assistido por computador (CAD) foi elaborado, gerando uma lista de materiais para a montagem e dados necessários para calcular a perda de calor por condução, convecção e radiação para dimensionar o projeto elétrico. A montagem contém tijolos refratários, isolamento de manta cerâmica, estrutura metálica, controlador de temperatura, resistência Kanthal® A-1 (FeCrAl). Foi derretido com sucesso alumínio entre 26 a 30 minutos e cobre em 1 hora e 40 minutos, necessitando de ajuste manual de temperatura para o cobre. O equipamento demonstrou estabilidade para uso contínuo na fundição de alumínio, com baixa deterioração na estrutura e fio da resistência.

Palavras-chave: forno para fundição; isolamento; refratário; alumínio; cadinho.

Abstract: Foundry is one of the most important metal manufacturing and recycling processes in the industry. The work describes the development of a resistance electric melting furnace, designed to reach up to 1200 °C, capable of melting 2 liters of aluminum and potentially other metals such as copper. Computer-aided design (CAD) was elaborated, generating a materials list for assembly and data necessary to calculate heat loss by conduction, convection, and radiation to size the electrical design. The assembly contains refractory bricks, ceramic blanket insulation, metal structure, temperature controller, Kanthal® A-1 (FeCrAl) resistance. Aluminum was successfully melted between 26 to 30 minutes and copper in 1 hour and 40 minutes, requiring manual temperature adjustment for copper. The equipment demonstrated stability for continuous use in aluminum casting, with low deterioration in the structure and resistance wire.

Keywords: melting furnace; insulation; refractory; aluminum; crucible.

1 INTRODUÇÃO

A fundição do alumínio, do cobre e de suas ligas é essencial no processo produtivo, estando presente em diversas indústrias, como as áreas automotiva, naval,

hidráulica, utensílios, eletrodomésticos, moldes, entre inúmeras outras aplicações. Na engenharia, é utilizado o método de vazamento de metais fundidos para a produção de protótipos de pesquisa e desenvolvimento, com menor custo e em menor tempo.

O vazamento do material derretido no molde é uma das etapas mais críticas na fundição, uma vez que o comportamento do líquido e sua posterior solidificação e resfriamento determinam se será adequado ao uso e se estará livre de defeitos internos, portanto controlar a temperatura ajuda a mitigar problemas do processo (Beeley, 2001). Esse processo, simples e eficaz, tem sido muito aprimorado com a ajuda de *softwares* de desenho assistido por computador (CAD), máquinas de usinagem com controle numérico computadorizado (CNC) e impressão 3D, viabilizando muitos projetos de peças (Lesko, 2012).

As fundições são um dos maiores contribuintes para o movimento de reciclagem de industrializados no mundo. Para se derreter metais, é necessária uma grande quantidade de energia e, na reciclagem do alumínio, a economia em relação à produção primária pode chegar a 95%, e, no caso do cobre, até 85% (Lund, 2000). De acordo com a pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Fundição (ABIFA) em março de 2023, a indústria brasileira de fundição empregou 62.934 colaboradores diretos, sendo que 85,6% da produção foi absorvida no mercado interno.

A escassez de fornos de fundição elétricos compactos, de alta potência, com um bom volume, não estacionários e de origem nacional é um atrativo em comparação com os modelos que usam mistura de gases como combustíveis. O uso de energia elétrica traz praticidade em relação a combustíveis fósseis, eliminando a necessidade de sistemas de alimentação e exaustão adicionais, possibilitando mais controle da temperatura e evitando defeitos no metal vazado. Diante do exposto, questiona-se: é possível montar um forno de fundição compacto e não estacionário para fundir e processar alumínio e cobre?

Este estudo tem como hipótese que é possível projetar e produzir um forno de fundição elétrico compacto, mediante o dimensionamento térmico correto para fundir alumínio e cobre utilizando resistência de arame.

O objetivo geral do presente estudo é projetar e produzir um forno de fundição elétrico de modo a obter dados práticos para analisar seu funcionamento. Um controlador de temperatura eletrônico será usado para atingir a temperatura de vazamento de até 1200 °C para derretimento e superaquecimento de metais. Considerando o objetivo geral, foram listados os seguintes objetivos específicos: dimensionar a geometria do forno com isolamento, dimensionar o elemento de aquecimento para 1200 °C, preparar o sistema elétrico dentro das normas técnicas, produzir ferramenta de teste, fundir dois litros de alumínio no tempo alvo de 26 minutos, obter dados de consumo elétrico e aquecimento em função do tempo, comparar dados práticos com os dados teóricos e analisar o desempenho com volume reduzido no cobre.

1.1 PROPRIEDADES PARA FUNDIÇÃO E VAZAMENTO DE METAIS

Na fundição, quando o metal fundido é vazado na cavidade do molde, ele deve preencher todas as partes antes de se solidificar, ou a peça fundida será incompleta. A

propriedade do metal fundido de preencher o molde é conhecida como fluidez e depende da composição química da liga, temperatura, intervalo de solidificação e principalmente do superaquecimento, que é o quanto o metal fundido está acima de sua temperatura final de fusão (Kiminami; Castro; Oliveira, 2013). De acordo com Baldam e Vieira (2014), o controle da temperatura adequada de vazamento é necessária, pois a liga metálica superaquecida, apesar de ter sua fluidez aumentada, também tem um aumento no consumo de energia, absorção de gases, turbulência, aumento no uso de desoxidantes e na reação metal-molde. Entretanto, uma temperatura de vazamento baixa gera peças defeituosas por juntas frias e falta de preenchimento do molde, logo se soma a temperatura de fusão com a temperatura de superaquecimento, mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 — Temperatura de vazamento indicada para algumas ligas metálicas

Ligas	Temperatura de fusão da liga (°C)	Sobreaquecimento (°C)
Alumínio	550 a 660	50 a 100
Cobre	825 a 1.083	70 a 120
Ferros fundidos	1.130 a 1.350	50 a 150
Aços	1.400 a 1.525	50 a 150

Fonte: Baldam e Vieira, 2014.

1.2 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

O tijolo refratário é um material cerâmico feito de uma mistura de sílica e uma alta quantidade de alumina. O tijolo com densidade de 800 kg/m³ suporta até 1430 °C, possui condutividade térmica de $k_t = 0,35$ W/m·K a 1200 °C (Morgan Advanced Materials, 2023) e emissividade entre $\varepsilon_t = 0,64$ e 0,39 no intervalo de temperatura de 400 e 1400 °C. (Jones; Mason; Williams, 2019).

A manta cerâmica isolante é feita de óxidos de alumina e sílica de alta pureza. Ela é produzida em diferentes densidades e apresenta propriedades distintas. Com densidade de 128 kg/m³, suporta até 1260 °C e tem condutividade térmica de $k_m = 0,13$ W/m·K a 600 °C (Morgan Advanced Materials, 2021).

O alumínio liga 3004 é uma liga de boa conformabilidade e resistência à corrosão, utilizada em diversos produtos, como latas, utensílios de cozinha e tanques. Possui condutividade térmica de $k_a = 163$ W/m·K a 25 °C (ASM International, 1990) e emissividade entre $\varepsilon_{al} = 0,04$ a 0,07 no intervalo de temperatura de 27 e 627 °C (Jones; Mason; Williams, 2019).

O cadinho é feito de grafite denso, com calor específico de 719 J/kg·°C a 25 °C e 1800 J/kg·°C a 700 °C (Pierson, 1993).

1.3 PROPRIEDADES DOS METAIS

A Tabela 2 apresenta algumas propriedades consideradas importantes para a realização deste estudo, como a massa específica, calor específico na temperatura ambiente, calor específico na temperatura de fusão e calor latente.

Tabela 2 – Propriedades relevantes do cobre e alumínio

Ligas	Massa específica (kg/m ³)	Calor específico (J/kg·°C)		Calor latente (J/kg)
Cobre	8930	386 a 25 °C	494 a 1083 °C	204900
Alumínio	2700	900 a 25 °C	1180 a 660 °C	397000

Fonte: ASM International, 1990.

1.4 EQUAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DO FORNO

Para produzir um forno de fundição elétrico de resistência de arame eficiente, é necessário calcular a energia necessária para aquecer e manter a temperatura alvo, levando em consideração a perda de calor para o ambiente. Também é essencial considerar a geometria e todos os materiais a serem usados na fabricação, bem como o metal que será fundido. Nesta seção são listadas as principais equações.

1.4.1 Taxa de transferência de calor

A taxa de transferência de calor é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 kg de uma substância em 1 °C. Essa taxa pode ser calculada somando-se o calor sensível em diferentes estados físicos, juntamente com o calor latente de mudança de fase, em uma faixa de temperatura específica. A taxa de transferência de calor pode ser determinada dividindo a quantidade total de calor transferido pelo intervalo de tempo correspondente (Çengel; Ghajar, 2012).

$$\dot{q} = \frac{c_s m (T_2 - T_\infty) + L_f m + c_f m (T_a - T_2)}{\Delta t} \quad (1)$$

- \dot{q} = taxa de transferência de calor, W
- c_s = calor específico sólido, J/kg·°C
- m = massa, kg
- T_2 = temperatura fusão, °C
- T_∞ = temperatura do ambiente, °C
- L_f = calor de fusão, J/kg
- c_f = calor específico fundido, J/kg·°C
- T_a = temperatura alvo, °C
- Δt = tempo de aquecimento, s

1.4.2 Coeficiente de transferência térmica (h)

Para calcular o coeficiente de convecção nas paredes do forno, é necessária uma série de cálculos relacionados à geometria de superfície e à temperatura de película entre a superfície aquecida e o meio ambiente (fluido).

O coeficiente de expansão volumétrica da substância (β) expressa uma variação da densidade do fluido em termos de uma diferença de temperatura para pressão constante, para cálculo, utiliza-se 1 dividido pela temperatura de película ou filme, que

é a média aritmética da temperatura da parede e a temperatura do ambiente de corrente livre (Çengel; Ghajar, 2012):

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (2)$$

T_f = temperatura da película, K

T_s = temperatura da parede, K

T_∞ = temperatura do ambiente (menor temperatura), K

O número de Grashof representa o efeito de convecção natural entre flutuação e a viscosidade dentro do fluido, sendo a razão entre a força de empuxo e a força viscosa agindo sobre o fluido. No caso de um cilindro vertical reto, o comprimento característico (L_c) é o próprio comprimento vertical ou altura (Çengel; Ghajar, 2012). A fórmula para fluxo laminar é:

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L_c^3}{\nu^2} \quad (3)$$

Gr_L = número de Grashof

g = aceleração gravitacional, m/s²

β = coeficiente de expansão volumétrica, 1/K

T_s = temperatura da parede, K

T_∞ = temperatura do ambiente, K

L_c = comprimento característico, m

ν = viscosidade cinemática do fluido, m²/s

O número de Rayleigh é a razão entre as forças de flutuação e o produto das difusividades térmicas e de quantidade de movimento. O escoamento é laminar em placa vertical quando $Ra_L \leq 10^9$ (Çengel; Ghajar, 2012).

$$Ra = Gr_L Pr \quad (4)$$

Ra = número de Rayleigh

Pr = número de Prandtl (tabelado)

O número de Nusselt representa o aumento da transferência de calor através de uma camada de fluido como resultado da convecção em relação à condução do mesmo fluido em toda a camada. Quanto maior o número de Nusselt, mais eficaz será a convecção, sendo $Nu = 1$ condução pura. Um cilindro vertical pode ser considerado como uma placa vertical quando seu diâmetro for suficientemente grande, de modo que os efeitos da curvatura se tornem insignificantes (Çengel; Ghajar, 2012). Para uma placa horizontal com superfície superior quente, faixa de $10^4 \leq Ra_L \leq 10^7; Pr \geq 0,7$:

$$Nu = 0,54Ra^{1/4} \quad (5)$$

Placa horizontal com superfície superior quente, faixa de $10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11}$:

$$Nu = 0,15Ra^{1/3} \quad (6)$$

Placa horizontal com superfície inferior quente, faixa de $10^5 < Ra < 10^{11}$:

$$Nu = 0,27Ra^{1/4} \quad (7)$$

Placa vertical toda a faixa Ra:

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387Ra_L^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad (8)$$

Nu = Nusselt

Ra = número de Rayleigh

O coeficiente de convecção (h) é um parâmetro cujo valor depende de todas as variáveis que influenciam a convecção, como a configuração geométrica da superfície, a natureza do movimento do fluido, suas propriedades e sua velocidade de massa, sendo o coeficiente em que o calor é transferido por unidade de área (Çengel; Ghajar, 2012). A unidade $W/m^2 \cdot ^\circ C$ tem equivalência com a unidade de $W/m^2 \cdot K$, assim como $W/m^2 \cdot ^\circ C$ equivale-se a $W/m^2 \cdot K$.

$$h = \frac{Nuk}{L_c} \quad (9)$$

h = coeficiente de convecção natural, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

Nu = Número de Nusselt

k = condutividade térmica do fluido, $W/m \cdot ^\circ C$

L_c = comprimento característico, m

1. 4. 3 Equação combinada de transferência de calor (\dot{q})

Os modos de condução, convecção e radiação ocorrem simultaneamente quando o calor de um fluido quente é transferido para um fluido frio através de uma barreira intermediária. Após a condução para a próxima superfície, o calor é transferido para a vizinhança por convecção e radiação. A equação combinada pode ser escrita em razão da soma das resistências de condução e convecção, conforme mostrado (Çengel; Ghajar, 2012):

$$\dot{q} = \frac{(\Delta T)_{total}}{R_t} \quad (10)$$

$$R_t = \sum_{i=1}^n R_i = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (11)$$

ΔT = variação de temperatura parede interna e ambiente externo, °C

R_t = resistência térmica total, °C/W

1. 4. 4 Resistência de condução para diferentes geometrias por fator de forma (S)

Fatores de forma de condução são determinados para uma série de configurações geométricas práticas, gerando fórmulas para cálculos teóricos de transferência de calor (Rohsenow; Hartnett; Cho, 1998). Uma vez que o fator de forma é conhecido para uma geometria específica, a resistência de condução pode ser gerada e usada na fórmula combinada de transferência de calor para a rede de resistências de condução e convecção:

$$R_{cond} = \frac{1}{Sk} \quad (12)$$

Resistência de condução em uma parede plana:

$$R_{cond} = \frac{L}{kA} \quad (13)$$

R_{cond} = resistência térmica de condução, °C/W

L = espessura, m

k = condutividade térmica, W/m·°C

A = área de superfície, m²

Resistência de condução em uma parede cilíndrica:

$$R_{cond} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk} \quad (14)$$

r_1 = raio menor, m

r_2 = raio maior, m

L = comprimento ou altura, m

A resistência por convecção também pode ser reescrita como (Çengel; Ghajar, 2012):

(15)

$$R_{conv} = \frac{1}{hA}$$

R_{conv} = resistência de convecção, °C/W

h = coeficiente de convecção natural, W/m²·°C

A = área de superfície, m²

1.4.4.1 Fator de forma de condução de um polígono dentro de um polígono (S_o)

O fator de forma de regiões bidimensionais limitadas interna e externamente por polígonos regulares isotérmicos de N lados onde $N \geq 3$ (figura 1), é obtido por meio da expressão geral (Rohsenow; Hartnett; Cho, 1998):

(16)

$$S_o = \frac{4\pi L}{\ln \left[1 + \frac{\left(\frac{D}{d}\right)^2 - 1}{\left(\frac{N}{\pi}\right) \tan\left(\frac{\pi}{N}\right)} \right]}$$

S = fator de forma de condução, m

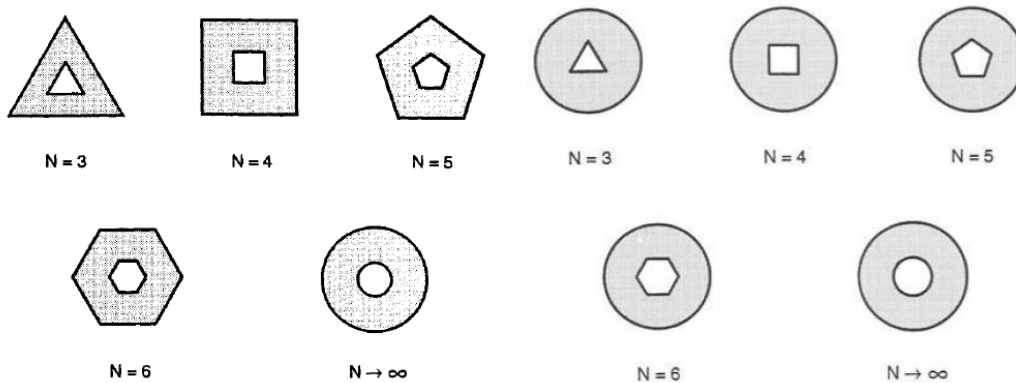
L = comprimento ou altura, m

N = número de lados do polígono

D = diâmetro do círculo inscrito da parede externa do polígono, m

d = diâmetro do círculo inscrito da parede interna do polígono, m

Figura 1 – Lados N em polígonos regulares e polígonos regulares em círculos



Fonte: Rohsenow, Hartnett e Cho, 1998.

1.4.4.2 Fator de forma de condução para polígono dentro de um círculo (S_c)

Regiões limitadas internamente por polígonos regulares isotérmicos de N lados onde $N \geq 3$ (Figura 1) e externamente por um círculo isotérmico, se $0 < d/D < \cos \cos \frac{\pi}{N}$ (Rohsenow; Hartnett; Cho, 1998):

$$S_c = \frac{2\pi L}{\ln \left[A_N \left(\frac{D}{d} \right) \right]} \quad (17)$$

$$A_N = \left[(\sqrt{N} - \sqrt{N-2}) \right]^{\frac{2}{N}} (N-2)^{\frac{1}{N}} \quad (18)$$

L = comprimento ou altura, m

A_N = parâmetro A do polígono

N = número de lados do polígono

d = diâmetro do círculo inscrito da parede interna do polígono, m

D = diâmetro do cilindro círculo externo, m

1.4.5 Perda por radiação

Quando uma superfície com área superficial A_s , de emissividade específica ε e uma temperatura termodinâmica T_s é completamente delimitada por uma superfície maior (ou preta) a uma temperatura T_{cir} separada pelo ar que não interfere na radiação, a taxa de transferência de calor por radiação é dada por (Çengel; Ghajar, 2012):

$$\dot{q} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{cir}^4) \quad (19)$$

\dot{q} = calor transferido por radiação

ε = emissividade

σ = constante de Stefan-Boltzmann, $5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

A_s = área de superfície, m^2

T_s = temperatura de superfície, K

T_{cir} = temperatura das paredes do ambiente, K

1.4.6 Potência térmica total (\dot{q}_t)

A potência térmica total requerida da fonte de calor para manter o corpo na temperatura desejada é a taxa de calor transferida para o metal, mais a soma da taxa de calor perdida através das paredes (Çengel; Ghajar, 2012).

(20)

$$\dot{q}_t = \dot{q}_1 + \dot{q}_2 + \dot{q}_3$$

\dot{q}_t = potência total, W

\dot{q}_1 = taxa de transferência de calor ao metal, W

\dot{q}_2 = taxa de perda de calor por condução e convecção, W

\dot{q}_3 = taxa de perda de calor por radiação, W

1.5 DIMENSIONAMENTO DO ELEMENTO DE AQUECIMENTO

1.5.1 Propriedades do elemento de aquecimento

Kanthal A-1 é uma liga de ferro-cromo-alumínio (liga de FeCrAl) para uso em temperaturas de até 1400 °C. Tem como características a alta resistividade e ótima resistência à oxidação (Kanthal, 2019). A resistividade para a temperatura de trabalho é obtida a partir da resistividade na temperatura ambiente, multiplicando pelo fator C_t (figura 2).

Figura 2 — Dimensões e propriedades do fio Kanthal A-1

Resistivity 1.45 Ω mm²/m (872 Ω /cmf). Density 7.10 g/cm³ (0.256 lb/in³).

To obtain resistivity at working temperature, multiply by factor C_t in following table.

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
C_t	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05
DIAMETER, MM		RESISTANCE AT 20°C			SURFACE AREA PER Ω		WEIGHT		SURFACE AREA		CROSS SECTIONAL AREA				
KANTHAL® A-1	KANTHAL® APM	Ω /M			CM ² / Ω *		G/M		CM ² /M		MM ²				
2.3	2.3	0.349			207		29.5		72.3		4.15				

Fonte: Kanthal, 2019.

A resistência elétrica (R) é baseada na diferença de potencial (U) ao quadrado dividido pela potência (P), como apresentada na equação 21. Com as equações 21 e 22, é possível dimensionar o arame de aquecimento.

(21)

$$R = \frac{U^2}{P}$$

(22)

$$L = \frac{RA}{\rho \cdot Ct}$$

R = resistência, Ω

U = diferença de potencial, V

P = potência, W

ρ = resistividade, Ω .m

L = comprimento do fio, m

A = área da seção transversal, m

Ct = Fator de correção da temperatura

1.5.2 Número de espiras da bobina

A resistência helicoidal deve ter o comprimento do sulco de alojamento e o passo "s" na faixa de duas a três vezes o diâmetro do fio ($s = 3d$) (Kanthal, 2019). O passo e o número de espiras podem ser calculados pelas fórmulas:

(23)

$$s = \frac{\pi \cdot (D - d) \cdot Le}{L}$$

(24)

$$n = \frac{Le}{s}$$

D = diâmetro da espira, m

d = diâmetro do fio, m

s = passo, m

L = comprimento do fio, m

Le = comprimento da bobina, m

n = número de espiras

1.5.3 Comprimento da bobina comprimida

Para fins de usinagem, é necessário considerar a altura da mola comprimida se o comprimento da bobina for muito longo para um barramento de torno dar o passo. O passo é dado manualmente ao fio por tração até obter o comprimento (Le) da bobina.

(25)

$$H = Le - [n \cdot (s - d)]$$

H = altura da bobina comprimida, m

2 METODOLOGIA

O trabalho consiste na realização de uma pesquisa experimental com o objetivo de analisar os aspectos relacionados ao projeto, montagem e funcionamento de um forno elétrico de fundição. Foi conduzido um estudo exploratório, de natureza quantitativa, sendo necessário obter dados como a temperatura alcançada, o tempo necessário para o aquecimento e o consumo elétrico durante o processo de fundição.

Para analisar a potência real consumida, é necessário medir a intensidade da corrente elétrica sendo consumida pelo forno; para isso foi utilizado um alicate amperímetro Fluke 325. O peso do forno e do metal para fundição foi medido na balança digital Multilaser HC024. A temperatura interna do forno foi medida pelo controlador de temperatura REX C100 com termopar tipo K, enquanto a temperatura externa foi medida com termômetro infravermelho Fluke 59 MAX, posicionado no ponto central da lateral e tampa. Todas as medidas foram registradas em função do tempo, obtido no aplicativo cronômetro, padrão de fábrica do celular Samsung Galaxy M52 Android 12.

Os dados coletados de temperatura e tempo foram tratados no software *Microsoft Excel* para gerar gráficos de temperatura em função do tempo e consumo de energia em função do tempo. Isso servirá para comprovar que o uso das fórmulas do referencial teórico gera resultados compatíveis.

2.1 DIMENSIONAMENTO DO CORPO

O projeto é concebido no *software* CAD *Solidworks*, levando em consideração o volume alvo de fundição alvo de 2 litros e o isolamento mínimo para um diâmetro de 50 cm. Para a construção do corpo e da tampa, são utilizados vinte e seis tijolos isolantes com dimensões de 229 x 114 x 76 mm e densidade de 800 kg/m³. Esses tijolos são cortados e lixados para se adequarem às dimensões de encaixe do projeto (decagonal). São feitos sulcos nos tijolos para o assentamento do elemento de aquecimento internamente, rasgo na parte superior para assentamento da corda de fibra de vidro de 12 mm para a vedação da tampa e outros rasgos para o encaixe da estrutura metálica. Devido à abrasividade do material, são utilizadas ferramentas elétricas e manuais com carboneto de tungstênio.

A estrutura metálica é soldada em volta do corpo e da tampa para proporcionar resistência a impactos mecânicos e permitir o deslocamento com rodízios de trava. Essa estrutura é composta de cantoneiras e barras chatas de 1/8 pol., com revestimento externo de alumínio, e a tampa é fixada por dobradiça reforçada junto ao corpo. Entre a estrutura metálica e o alumínio externo, é feito o preenchimento utilizando manta cerâmica isolante com densidade de 128 kg/m³.

2.2 POTÊNCIA NECESSÁRIA

Com os dados da geometria desenhada, é calculada a perda de calor por condução, convecção e radiação, que deverão ser corrigidas na potência inicial para atingir a temperatura alvo no tempo desejado. O coeficiente de convecção térmico interno (conforme Tabela 3), dependente da geometria do forno e de objetos internos, envolve um cálculo complexo. Portanto, foi necessário o uso de simulação computacional do modelo através do *software SolidWorks FLOW Simulation*.

Todos os cálculos consideraram a temperatura ambiente de $T_{\infty} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, com o forno internamente aquecido para $T_i = 1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ em 30 minutos, considerando condução sem radiação. O coeficiente de convecção natural externo foi calculado manualmente utilizando as temperaturas externas máximas simuladas por 30 minutos resultantes. A base foi considerada como uma placa circular horizontal com temperatura de superfície $T_b = 25,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, na lateral como um cilindro vertical reto $T_l = 27,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e no teto como placa horizontal diversa $T_t = 44,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$. A potência total calculada na Tabela 4 para a resistência elétrica é igual à potência necessária para a fusão do alumínio, mais a somada às perdas por condução, convecção e radiação.

Tabela 3 – Compilação de dados para cálculo

Dados	Valor
Coeficiente de convecção interno base, h_{bi}	7,798 W/m ² °C
Coeficiente de convecção interno lateral, h_{li}	2,812 W/m ² °C
Coeficiente de convecção interno teto, h_{ti}	11,238 W/m ² °C
Coeficiente de convecção externo base, h_{be}	1,015 W/m ² °C
Coeficiente de convecção externo lateral, h_{le}	2,187 W/m ² °C
Coeficiente de convecção externo teto, h_{te}	5,236 W/m ² °C
Espessura tijolo isolante na base, L_{bt}	0,101 m

Área interna tijolo isolante na base e teto, $A_{bt} A_{tt}$	0,0321 m ²
Espessura manta cerâmica na base, L_m	0,063 m
Área manta cerâmica na base, A_{bm}	0,100 m ²
Espessura revestimento alumínio, L_{ba}	0,003 m
Área interna do revestimento alumínio na base, A_{bai}	0,192 m ²
Área externa do revestimento alumínio na base, A_{bae}	0,196 m ²
Fator de forma tijolo isolante decágono dentro de um decágono, S_t	0,730 m
Fator de forma manta cerâmica decágono dentro de um círculo, S_m	7,172 m
Espessura tijolo isolante na lateral e teto, $L_{lt} L_{tt}$	0,076 m
Altura interna revestimento alumínio, L_a	0,437 m
Raio interno revestimento de alumínio, r_1	0,247 m
Raio externo revestimento de alumínio, r_2	0,250 m
Área interna total do decágono de tijolo isolante na lateral, A_{lt}	0,180 m ²
Área interna do revestimento alumínio na lateral, A_{lae}	0,691 m ²
Área externa tijolo isolante no teto, A_{tte}	0,1 m ²
Tensão da rede bifásica, U	220 V
Resistividade Kanthal A-1, ρ	1,45E-6 Ω m
Diâmetro do fio Kanthal A-1, d	2,3E-3 m
Comprimento da bobina determinado pelo desenho do sulco, L_e	2,56 m
Diâmetro da espira determinado pelo desenho do sulco, D	1,8E-2 m
Área de seção transversal do fio 2,3 mm, A	4,15E-6 m ²

Fonte: elaboração própria, 2023.

De acordo com a Tabela 4, na equação 1 foi necessária uma potência de 6490,686 W, ignorando as perdas, para superaquecer 5,4 kg de alumínio até 760 °C (conforme Tabela 1) em 26 minutos, com o uso do cadinho de grafite como reservatório, que possui espessura elevada e massa de 4,6 kg. Corrigindo essa potência para considerar as perdas, são necessários 6807,771 W.

Tabela 4 – Cálculo da potência total necessária

Tipo	Equação
Calor para fundir 2 L alumínio	$Q_{al} = c_s m (T_2 - T_\infty) + L_f m + c_f m (T_a - T_2)$ $Q_{al} = 900 \cdot 5,4(660 - 25) + 397000 \cdot 5,4 + 1180 \cdot 5,4(760 - 660) = 5867100 J$ $Q_{cd} = c_s m_2 (T_a - T_\infty)$ $Q_{cd} = 4,6 \cdot \left(\frac{719 + 1800}{2} \right) \cdot (760 - 25) = 4258369,5 J$
Taxa de transferência de calor	$\dot{q}_{al} = \frac{Q_{al} + Q_{cd}}{\Delta t} = \frac{5867100 + 4258369,5 J}{1560 s} = 6490,686 W$

Perda por convecção e condução na base	$\dot{q}_b = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{1}{h_{bi}A_{bt}} + \frac{L_t}{k_t A_{bt}} + \frac{L_m}{k_m A_{bm}} + \frac{L_a}{k_a A_{bai}} + \frac{1}{h_{be}A_{bae}}}$ $\dot{q}_b = \frac{1}{7,798 \cdot 0,0321} + \frac{0,101}{0,35 \cdot 0,0321} + \frac{0,063}{0,13 \cdot 0,1} + \frac{0,003}{163 \cdot 0,192} + \frac{1}{1,015 \cdot 0,196}$ $\dot{q}_b = 51,405 \text{ W}$
Perda por convecção e condução na lateral	$\dot{q}_l = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{1}{h_{li}A_{lt}} + \frac{1}{S_t k_t} + \frac{1}{S_m k_m} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi L_a k_a} + \frac{1}{h_{le}A_{lae}}}$ $\dot{q}_l = \frac{1}{2,812 \cdot 0,18} + \frac{1}{0,73 \cdot 0,35} + \frac{1}{7,172 \cdot 0,13} + \frac{\ln(0,25/0,247)}{2 \cdot \pi \cdot 0,437 \cdot 163} + \frac{1}{2,187 \cdot 0,691}$ $\dot{q}_l = 154,122 \text{ W}$
Perda por convecção e condução no teto	$\dot{q}_t = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{1}{h_{ti}A_{tt}} + \frac{L_{tt}}{k_t A_{tt}} + \frac{1}{h_{te}A_{tte}}}$ $\dot{q}_t = \frac{1}{11,238 \cdot 0,0321} + \frac{0,076}{0,350 \cdot 0,0321} + \frac{1}{5,236 \cdot 0,1} = 102,651 \text{ W}$
Perda por radiação na área da base	$\dot{q} = \varepsilon_{al} \sigma A_{bae} (T_b^4 - T_\infty^4)$ $\dot{q}_{rb} = 0,07 \cdot 5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 \cdot 0,196 \text{ m}^2 [(298,75)^4 - (298,15)^4] = 0,05 \text{ W}$
Perda por radiação na área lateral	$\dot{q} = \varepsilon_{al} \sigma A_{lae} (T_l^4 - T_\infty^4)$ $\dot{q}_{rl} = 0,07 \cdot 5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 \cdot 0,691 \text{ m}^2 [(300,45)^4 - (298,15)^4] = 0,68 \text{ W}$
Perda por radiação na área do teto	$\dot{q} = \varepsilon_{ti} \sigma A_{tte} (T_t^4 - T_\infty^4)$ $\dot{q}_{rt} = 0,64 \cdot 5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 \cdot 0,1 \text{ m}^2 [(317,45)^4 - (298,15)^4] = 8,177 \text{ W}$
Potência total necessária	$\dot{q}_t = \dot{q}_{al} + \dot{q}_b + \dot{q}_l + \dot{q}_t + \dot{q}_{rb} + \dot{q}_{rl} + \dot{q}_{rt}$ $\dot{q}_t = 6490,686 + 51,405 + 154,122 + 102,65 + 0,05 + 0,68 + 8,177 = 6807,771 \text{ W}$

Fonte: elaboração própria, 2023.

2.3 MONTAGEM ELÉTRICA

Com a potência e o comprimento do sulco nos tijolos, é escolhido o diâmetro do arame da resistência para a temperatura alvo máxima de 1200 °C, com o fator de correção de 1,04 (figura 2) e então calculados o diâmetro da espira, o passo e o comprimento para encaixe de acordo com a tabela 5. O arame do elemento de aquecimento é enrolado em um eixo para formar a bobina comprimida de 397 espiras em 0,911 m e esticado por tração para dar o passo e encaixar nos 2,56 m de sulco.

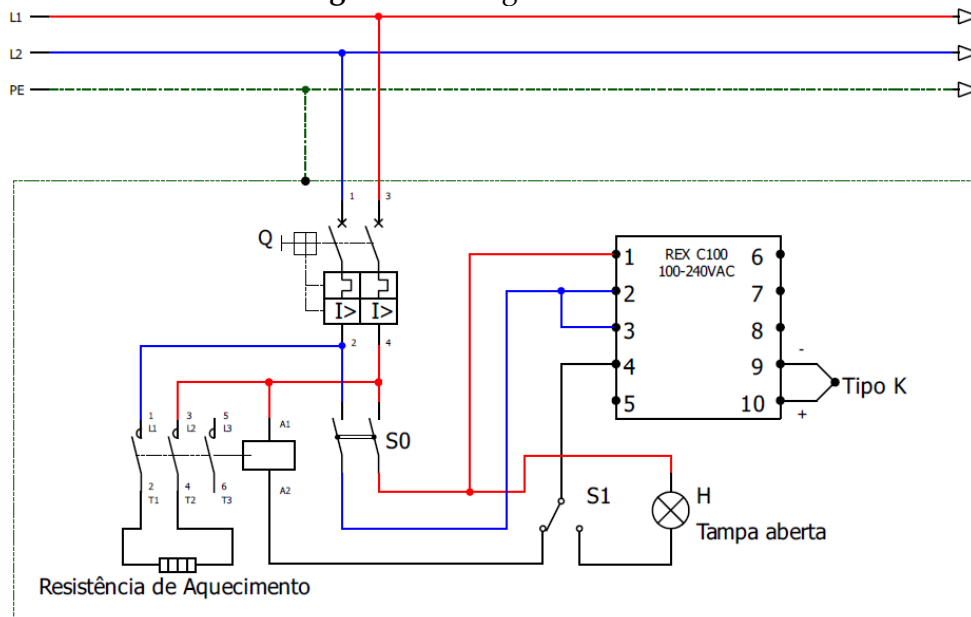
Tabela 5 – Dimensionamento da resistência

Resistência	$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220 V^2}{6807,771 W} = 7,11 \Omega$
Comprimento de fio	$L = \frac{RA}{\rho} = \frac{7,11 \Omega \cdot 4,15 \cdot 10^{-6} m^2}{1,45 \cdot 10^{-6} \Omega m * 1,04} = 19,567 m$
Passo da bobina	$s = \frac{\pi \cdot (D - d) \cdot Le}{L} = \frac{\pi \cdot (0,018 m - 2,3 \cdot 10^{-3} m) \cdot 2,56 m}{19,567 m} = 6,453 \cdot 10^{-3} m$
Número de espiras	$n = \frac{Le}{s} = \frac{2,56 m}{6,453 \cdot 10^{-3} m} = 397 \text{ espiras}$
Comprimento da bobina comprimida	$H = Le - [n \cdot (s - d)] = 2,56 m - [397 \cdot (6,453 \cdot 10^{-3} - 2,3 \cdot 10^{-3} m)] = 0,911 m$

Fonte: elaboração própria, 2023.

Com os dados da resistência A-1, foi elaborado o diagrama elétrico da Figura 3 para a montagem dos componentes elétricos. O painel elétrico possui componentes dimensionados para uma corrente superior a 31 A do elemento de aquecimento, operando com 220 V em rede bifásica, em conformidade com as normas de segurança vigentes. Com dimensões de 200 x 200 x 150 mm, o painel é fixado na estrutura externa; ele é composto por disjuntor de 40 A, contator de 40 A, chave seletora de duas posições NA, controlador de temperatura REX C100 com termopar tipo K, fiação normal e para alta temperatura (1,5 e 6,0 mm²), sinalizador branco de tampa aberta e fim de curso de segurança para desligar a resistência quando a tampa for aberta.

Figura 3 – Diagrama elétrico



Fonte: elaboração própria, 2023.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O forno para fundição construído, como é mostrado em funcionamento na Figura 4, possui um peso de 44,7 kg. Pode ser elevado por duas pessoas e movido com pouco esforço pelos rodízios e com as travas pressionadas; não ocorreu deslocamento algum durante o uso.

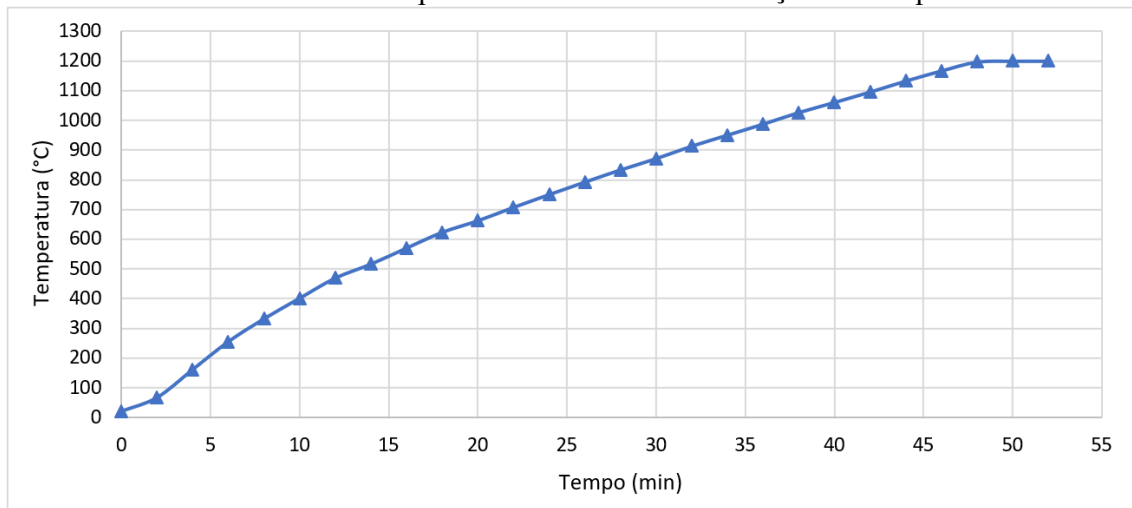
Figura 4 — Forno em funcionamento



Fonte: arquivo dos autores, 2023.

Durante o teste de aquecimento, conforme mostrado no Gráfico 1, o interior do forno atingiu a temperatura programada máxima de 1200 °C em 49 minutos e manteve-se estável por meio do controlador de temperatura em ciclo de aquecimento e resfriamento.

Gráfico 1 — Temperatura no interior em função do tempo

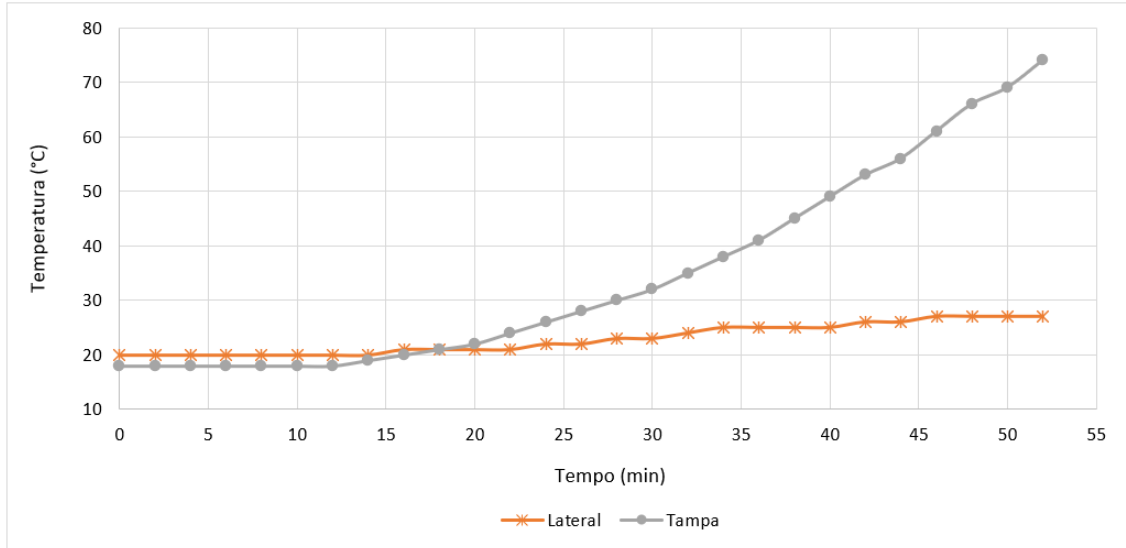


Fonte: elaboração própria, 2023.

Foi observado que o isolamento do forno funciona de forma satisfatória, Gráfico 2, demorando um longo período para o calor atravessar as paredes laterais, sendo atingidos 27 °C em 52 minutos, enquanto a tampa alcançou 74 °C no mesmo tempo. É de se esperar essa maior temperatura na tampa do forno, pois o isolamento é composto

somente pelo tijolo refratário com espessura de 76 mm, enquanto, na lateral, é composto de 76 mm de tijolo, 63 mm de manta cerâmica e 3 mm de alumínio, em ordem.

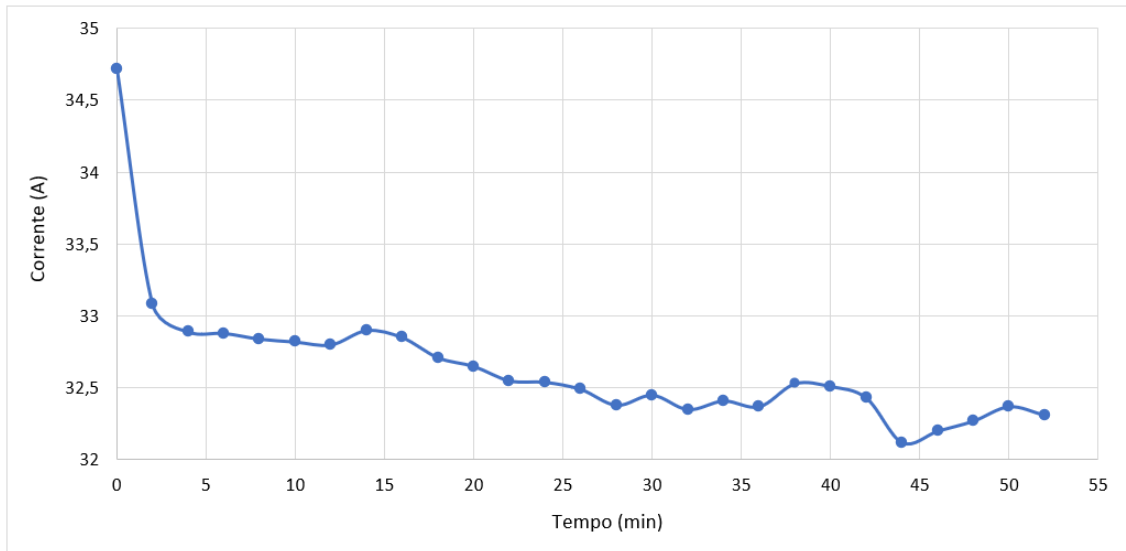
Gráfico 2 – Temperatura externa em função do tempo



Fonte: elaboração própria, 2023.

Nos testes de consumo, a corrente elétrica atinge o pico no início do aquecimento com 34,72 A e após 3 minutos variou entre 32 e 33 A até o fim do teste, de acordo com o Gráfico 3, resultando em uma potência maior que 7000 W.

Gráfico 3 – Corrente em função do tempo



Fonte: elaboração própria, 2023.

Na fundição de 5,4 kg de alumínio (2 L), levou-se entre 26 e 30 minutos, utilizando uma temperatura de 760 °C a partir da temperatura ambiente até o equilíbrio térmico do forno, metal e cadinho. Se fosse possível fundir sem o uso de um cadinho, seria necessário em torno de 15 minutos com a mesma potência para superaquecer o

alumínio por conta da massa de 4,6 kg do cadinho de grafite, que acaba absorvendo bastante calor no processo antes de entrar em equilíbrio térmico com o forno.

Para derreter o cobre, foi necessária a modificação do processo, pois 2 L de cobre equivalem a 17,92 kg, tornando-se inviável o manuseio; foi então empregado um volume menor. Outro problema apresentado é que a temperatura de pico atingida dentro da resistência elétrica é bem maior que a no termômetro interno, entre uma hora e meia a duas horas de uso contínuo, mantendo o ciclo de aquecimento em 1200 °C; acaba-se rompendo o arame por derretimento, estimado acima de 1500 °C em vários pontos simultaneamente, formando poças de metal que derretem até o tijolo refratário. Com a falha da resistência, gerando o derramamento de poças de metal no interior, é necessário preencher os furos causados com argamassa refratária e a troca da resistência. Levando-se isso em conta, foi fundida e vazada com sucesso uma barra de 4,48 kg (0,5 L) de cobre, no mesmo cadinho de 4,6 kg, modificando a temperatura alvo manualmente no controlador de temperatura, resfriando entre 1200 e 1150 °C e reaquecendo para 1200 °C até o derretimento do metal, em torno de 1 hora e 40 minutos.

Ao final dos testes, a resistência de liga FeCrAl A-1 apresentou baixa oxidação do fio e elasticidade pouco alterada em teste contínuo. A estrutura apresentou microfissuras próximas à fina camada de argamassa, mas, devido ao formato travado de trapézio de encaixe dos tijolos formando um decágono e a estrutura metálica externa, não houve movimentação ou vazamentos de gases lateralmente.

4 CONCLUSÃO

Para a fundição do alumínio, foram realizados vários testes de repetibilidade, e a estabilidade mostrou-se satisfatória. Enquanto o forno se prova viável para o uso contínuo na fundição de alumínio, no caso do cobre é necessário um volume menor e um tempo maior controlando a temperatura manualmente. Esse problema pode ser solucionado em um estudo futuro com o uso de um controlador de temperatura com mais funções.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. ABIFA. **Desempenho do setor de fundição**. São Paulo: ABIFA, 2023. Disponível em: <https://www.abifa.org.br/wp-content/uploads/2014/06/03-BOLETIM-MAR%c3%87O-23.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2023.

ASM INTERNATIONAL, HANDBOOK COMMITTEE. **ASM Handbook**: properties and selection: nonferrous alloys and special-purpose materials. 10. ed. Novelty: ASM International, 1990. 1328 p, v. 2.

BALDAM, Roquemar de Lima; VIEIRA, Estéfano Aparecido. **Fundição**: processos e tecnologias correlatas. 2. ed. São Paulo: Érica, 2014. 384 p.

BEELEY, Peter. **Foundry technology**. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. 719 p.

ÇENGEL, Yunos A.; GHAJAR, Afshin J. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 4. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2012. 906 p.

JONES, Jenny M.; MASON, Patrick E.; WILLIAMS, Alan. A compilation of data on the radiant emissivity of some materials at high temperatures. **Journal Of The Energy Institute**, Leeds, v. 92, n. 3, p. 523-534, jun. 2019. Elsevier.

KANTHAL. **Resistance heating alloys for electric appliances**. Sweden: KANTHAL, 2019. Disponível em: https://www.kanthal.com/globalassets/kanthal-global/downloads/resistance-heating-alloys-for-electric-appliances-handbook_b_eng_lr.pdf. Acesso em: 25 jun. 2023.

KIMINAMI, Claudio Shyinti; CASTRO, Walman Benício de; OLIVEIRA, Marcelo Falcão de. **Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos**. São Paulo: Blucher, 2013. 236 p.

LESKO, Jim. **Design industrial: guia de materiais e fabricação**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2012. 350 p.

LUND, Herbert F. (ed.). **Recycling Handbook**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2000. 976 p.

MORGAN ADVANCED MATERIALS. **Cerablanket and Cerachem Blankets: product data sheet**. [Windsor]: MORGAN, 2021. Disponível em: https://www.morganthermalceramics.com/media/3993/cerablanket_cerchem-blankets_eng.pdf. Acesso em: 25 jun. 2023.

MORGAN ADVANCED MATERIALS. **JM® Insulating Firebrick Series: product data sheet**. [Windsor]: MORGAN, 2023. Disponível em: https://www.morganthermalceramics.com/media/9428/jm-ifb-series_eng.pdf. Acesso em: 25 jun. 2023.

PIERSON, Hugh O. **Handbook of carbon, graphite, diamond and fullerenes: properties, processing and applications**. Park Ridge: Noyes Publications, 1993.

ROHSENOW, Warren M.; HARTNETT, James P.; CHO, Young I. (ed.). **Handbook of heat transfer**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1998.