

PERQUIRERE

Engenharias, Ciências Exatas e da Terra

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas
vol. 20, n. 2 - maio/ago. 2023



Revista Perquirere

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas

ISSN 1806-6399

Volume 20, número 2, maio/ago. 2023

Patos de Minas: Perquirere, UNIPAM, v. 20, n. 2, maio/ago. 2023: 1-107



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>

EDITORA

Gisele Carvalho Araújo 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
Gisele Carvalho Araújo Caixeta
Rejane Maria Magalhães Melo

DIAGRAMAÇÃO E FORMATAÇÃO

Lorrany Lima Silva

SUMÁRIO

Análise da responsabilidade ambiental da agropecuária em relação às queimadas.....	07
Cleiton da Silva Oliveira Cajado	
Renato de Souza Nunes	
Avaliação do efeito carcinogênico e/ou anticarcinogênico do látex de <i>Himatanthus obovatus</i> em células somáticas de <i>Drosophila melanogaster</i> e o teor de sua atividade antioxidante, flavonoides totais e taninos totais.....	26
Rayane Aparecida de Queiroz Chaves	
Maria Perpétua Oliveira Ramos	
Cultura de soja: influência da aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em condições de casa de vegetação.....	43
Gustavo Vargas Silva	
Luís Henrique Soares	
Desenvolvimento e produtividade do morangueiro submetido a diferentes doses de <i>Azospirillum brasilense</i>.....	52
Flávia Marina Sousa Corrêa	
Diego Henrique da Mota	
Influência de extrato de algas (<i>Ascophyllum / Kappaphycus</i>) em soja.....	61
Letícia Campos de Melo	
Karla Vilaça Martins	
Qualidade de silagem da parte aérea da mandioca com adição de diferentes concentrações de milho moído.....	78
Érica Takaya	
Francineide Soares da Silva	
Luiz Fernando Rocha Botelho	
Uso de ácido salicílico em batata.....	90
Pedro Henrique Ferruzzi	
Evandro Binotto Fagan	

Análise da responsabilidade ambiental da agropecuária em relação às queimadas

Analysis of the environmental responsibility of agriculture in relation to burnings

CLEITON DA SILVA OLIVEIRA CAJADO

Discente do curso de Direito (UNIPAM)

E-mail: cleitoncso@live.com

RENATO DE SOUZA NUNES

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: renatonunes@unipam.edu.br

Resumo: O uso do fogo é uma prática antiga e importante para o desenvolvimento humano, mas é preciso que seja feita de forma racional e técnica. No Brasil, há muito tempo existe preocupação com o controle do fogo, já que ele pode se tornar incontrolável e causar graves impactos ambientais à fauna, à flora e ao homem. Por isso, o país criou uma legislação que permite o uso do fogo, mediante autorização prévia do órgão ambiental. A Constituição Federal brasileira estabelece o princípio da preservação ambiental, incentivando a produção agrícola de forma sustentável, reduzindo o uso de conhecimentos das últimas gerações. Ademais, outros países têm exigido a produção de produtos “verdes”, tornando nossas mercadorias mais competitivas no mercado global. Assim, a mudança do ideário de produção no Brasil pode elevar o país ao patamar exigido pela comunidade científica internacional, consolidando o respeito aos recursos naturais e garantindo um futuro sustentável para todos.

Palavras-chave: uso do fogo; produção agrícola sustentável; produtos “verdes”; futuro sustentável.

Abstract: The use of fire is an ancient and important practice for human development, but it must be done in a rational and technical way. In Brazil, there has long been concern with fire control, as it can become uncontrollable and cause serious environmental impacts to wildlife, flora and humans. Therefore, the country has created legislation that allows the use of fire, subject to prior authorization from the environmental agency. The Brazilian Federal Constitution establishes the principle of environmental preservation, encouraging agricultural production in a sustainable manner, reducing the use of knowledge from past generations. Furthermore, other countries have been demanding the production of “green” products, making our goods more competitive in the global market. Thus, changing the production paradigm in Brazil can elevate the country to the level required by the international scientific community, consolidating respect for natural resources and ensuring a sustainable future for all.

Keywords: use of fire; sustainable agricultural production; “green” products; sustainable future.

1 INTRODUÇÃO

A Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1988 estabeleceu o direito fundamental ao meio ambiente em seu artigo 225, fornecendo diretrizes e princípios fundamentais para realização e garantia desse direito por meio de normas infraconstitucionais. Além dos direitos civis tradicionais, a Constituição garante uma ampla lista de direitos sociais, demonstrando preocupação com a satisfação das necessidades materiais básicas dos excluídos. Além disso, a Constituição também estabeleceu o princípio da solidariedade e se preocupou em garantir direitos transindividuais, de titularidade coletiva, como a proteção do meio ambiente e do patrimônio cultural. Portanto, o direito ao meio ambiente é considerado um direito transindividual, essencial para uma qualidade de vida saudável, e é responsabilidade de todos defender e preservar esse direito para as presentes e futuras gerações. A inércia do poder público em combater práticas danosas ao meio ambiente não deve ser tolerada e pode ser um incentivo para a sociedade se mobilizar em prol de um ambiente mais saudável.

Apesar de ser um direito fundamental garantido pela Constituição Federal e por outros regramentos infraconstitucionais, o direito ao meio ambiente é frequentemente interrompido. Durante a estação seca, por exemplo, a prática de queimadas é amplamente difundida e, muitas vezes, confundida com tratos culturais para a abertura de novas áreas ou limpezas de outras. É importante destacar que a proteção dos direitos transindividuais, como a do meio ambiente, está centrada na lógica do “nós” e não do “eu”, assim empresas agropecuárias devem operar de forma a garantir um desenvolvimento sustentável, levando em conta o fator econômico e o ambiental.

Diante de tamanhos imbróglios, questiona-se quais são os limites do direito à propriedade privada, fomentado pelo liberalismo, no que tange à possibilidade de conflitos de princípios constitucionais, necessitando de uma análise mais profunda de qual prevalecerá, a fim de garantir recursos ambientais ou econômicos à sociedade. Vale destacar que o uso do fogo sem controle prejudica sistematicamente a estrutura que subsidia a produção agrícola do país, de maneira temporária ou permanente. Faz-se necessário analisar o equilíbrio entre a produção de alimentos e a prática das queimadas para verificar se o custo social, em termos monetários, compensa a necessidade de produção de alimentos. A hipótese é a de que a utilização de um recurso que prejudica a fauna e a flora sem autorização anterior que o justifique rompe a norma constitucional de equilíbrio, contraindo os princípios da ordem econômica previstos no art. 170 da Constituição Federal.

O estudo foi desenvolvido considerando os preceitos da pesquisa qualitativa que objetiva analisar relações subjetivas que descrevam e expliquem a realidade dos sujeitos relacionados, adotando a metodologia de levantamento bibliográfico, baseada na coleta e revisão de artigos, obras jurídicas e demais materiais bibliográficos relacionados à temática apresentada, sendo a orientação metodológica desenvolvida por meio do método de abordagem dedutivo. Os textos técnicos e científicos foram obtidos por buscas simples nas bases de dados Scopus, Web of Science, V-Lex e Revista dos Tribunais Online, bem como teses, pareceres, doutrinas de autores relacionadas a partir de indexadores que respondessem ao objetivo visado; assim se construiu expressões com

os indexadores/palavras-chave, considerando o idioma nacional ou o inglês para buscar tais documentos.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 HISTÓRICO DO CONTROLE LEGISLATIVO E AS DEFINIÇÕES SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS E QUEIMADAS CONTROLADAS À LUZ DO ARCABOUÇO LEGAL BRASILEIRO

O uso do fogo pelo homem remonta há milhares de anos atrás, inicialmente destinado à proteção, ao aquecimento e ao preparo de alimentos, tornando-se uma fonte permanente de produção de calor. Com o passar do tempo, a prática do uso do fogo foi sendo aprimorada e atualmente é amplamente utilizada nas cadeias produtivas, inclusive no setor agrícola, visando à redução dos custos operacionais. Contudo, essa prática tem sido questionada e suscita reflexões profundas da comunidade científica, considerando não apenas os fatores bióticos e abióticos, mas também seus impactos negativos nas vegetações nativas ou em florestas plantadas nos diversos biomas brasileiros. Assim, a construção de políticas ambientais que reduzam e disciplinem os impactos recorrentes sobre as florestas ou outras formações vegetais torna-se uma preocupação latente e, para tanto, é necessária a existência de estatísticas e de uma florística favorável à ocorrência, a fim de reduzir custos no controle e prevenção (ROSA, 2012; MORAIS, 2011; MILARÉ, 2018; BOEIRA, 2014; SOARES, 2009).

O ordenamento jurídico brasileiro é a principal força coercitiva e disciplinadora da prática do uso do fogo, que sempre foi considerada prejudicial, e de posse desse conhecimento já no primeiro Código Florestal, de 1934, demonstrou-se a preocupação em regulamentar e proibir o uso do fogo sem a devida autorização e análise técnica que observasse minimizar os danos ambientais; esse uso é permitido em caráter excepcional mediante autorização de autoridades técnicas competentes. A legislação utilizava-se de seu caráter coercitivo para responsabilizar penalmente aqueles que praticassem o uso desenfreado do fogo sem a devida orientação técnica, com normas de controle e desconstrução de culturas danosas ao meio ambiente que datam da década de 1930 (BRASIL, 1934; MILARÉ, 2018; RODRIGUES, 2019).

Em 1965, o Brasil implementou o Código Florestal através da Lei Federal 4.771, que reforçaram a proteção das florestas nativas e estabeleceram o uso controlado do fogo como de interesse social para a preservação da vegetação. Os 11 e 25 do Código determinam a necessidade de práticas que evitem a disseminação do fogo e criam uma política de planejamento para a conservação dos ambientes naturais; atrelando a responsabilidade do zelo ao poder público, que deve deter os recursos para controlar e extinguir o fogo. Essas medidas visam transformar culturalmente o uso do fogo em algo obsoleto e reconhecem os benefícios sociais difusos que podem ser gerados com a preservação ambiental (BRASIL, 1965; BENJAMIN, 2005; COELHO *et al.*, 2017).

Apesar da existência de instrumentos públicos constitucionais e infraconstitucionais para a preservação ambiental, o meio ambiente ainda sofre com processos de degradação, afetando a qualidade de vida da coletividade e tornando necessária a intensificação de ações fiscalizatórias pelo Estado com o uso do poder

coercitivo da máquina pública. Nesse sentido, foi criada a Lei de Crimes Ambientais em 1998, que atualizou a criminalização de incêndios florestais e a tipificação de fabricação, venda, transporte ou soltura de balões que possam causar incêndios nas florestas e áreas urbanas. Além disso, em julho de 1998, foi publicado o Decreto n. 2.661 para regulamentar a utilização do fogo em práticas agropastoris e florestais, propondo uma estrutura de proibição, permissão e redução gradativa do uso do fogo, considerando a tecnologia e conhecimento atualizados e o interesse público em práticas de manejo de fogo (AZEVEDO; VIEIRA, 2018; BRASIL, 1998).

A Lei n. 12.651/2012 consolida a preocupação com o controle e a prevenção de incêndios florestais, como se vê na redação do seu artigo 1º, demonstrando que a legislação prioriza e se preocupa constantemente com a prática do uso do fogo. O cuidado é ainda mais evidente no capítulo IX, que proíbe o uso de fogo e o controle dos incêndios, exceto em casos específicos, como em locais que justifiquem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais com aprovação prévia do órgão estadual ambiental competente do Sisnama. A proibição geral do uso de fogo mostra a preocupação com os recursos ambientais, visto que o uso indiscriminado pode causar prejuízos para o solo, além de consequências desastrosas para o meio ambiente e social. A lei excepciona atividades que realmente precisam ser realizadas de maneira controlada e planejada, incumbindo ao poder público a sistematização de políticas para garantir os objetivos da legislação (BRASIL, 2012; RODRIGUES, 2019).

O uso do fogo pode ser feito por meio de queimada controlada, quando é autorizada pelo órgão ambiental e realizada de forma segura para reduzir material combustível em ecossistemas, e por meio de incêndio florestal, quando ocorre a ausência de controle do fogo e há a destruição indiscriminada da vegetação nativa. De acordo com o §1º do artigo segundo do Decreto n. 2.661/1998, a queima controlada é permitida no manejo de atividades agropastoris ou florestais e em pesquisa científica e tecnológica, em áreas com limites físicos previamente definidos. Além disso, existem as queimadas controladas que são práticas de limpeza de áreas para o desenvolvimento de atividades econômicas e as queimas previstas, que visam à manutenção e à conservação dos ambientes e à gestão da paisagem (RIBEIRO; BONFIM, 2000; DICKSON *et al.*, 2021; HOFFMAN *et al.*, 2022; MYERS, 2006).

De acordo com Ribeiro (2009), as queimadas controladas são práticas antigas que acompanharam o desenvolvimento humano, especialmente por sua eficiência e agilidade na redução de resíduos orgânicos desnecessários. Segundo o Dicionário de Ecologia e Ciências Ambientais (1998), a queima controlada é uma técnica de manejo florestal que incentiva pequenos incêndios controlados em condições controladas, com o objetivo de reduzir materiais comburentes e prevenir incêndios florestais destrutivos. Frisa-se que essa prática pode ser prejudicial ao solo e à biodiversidade, quando empregada de forma descontrolada, sendo considerada como incêndio florestal, quando o fogo se alastra desordenadamente, consumindo fauna e flora de forma indiscriminada (FEEMA, 1990).

É importante destacar que a legislação vigente proíbe a prática de queimadas e incêndios florestais que visam à renovação de pastagens para atividades agropecuárias, a fim de descontinuar essa cultura primitiva que não é sustentável. As queimadas causam diversos danos ao meio ambiente, incluindo a destruição da biodiversidade, a

perda de matéria orgânica e de microorganismos essenciais ao solo, o aumento da erosão e do assoreamento dos cursos d'água e a elevação da temperatura média. No entanto, quando as queimas são controladas e realizadas com critérios técnicos, científicos e legais, é possível otimizar o manejo da terra e reduzir os custos de produção.

2.2 IMPACTOS DAS QUEIMADAS CRIMINOSAS REALIZADAS COM INTUITO DE EXPANSÃO DE ÁREA PARA EXERCÍCIO DE ATIVIDADE AGROPECUÁRIA

O agronegócio é uma atividade vital para a economia global, permitindo o acesso a alimentos básicos e contribuindo para reduzir a extrema pobreza e desenvolver as atividades rurais. Com o objetivo de alimentar cerca de 9,7 bilhões de pessoas até 2050, o agronegócio mantém uma participação estável de 4% no Produto Interno Bruto Global desde os anos 2000. No entanto, o desenvolvimento tecnológico e industrial tornou-se essencial para atender às crescentes demandas e desafios, como a sustentabilidade ambiental. O setor agrícola utiliza recursos ambientais e, se não for manejado com técnica correta, pode causar processos de degradação ambiental. Portanto, a expansão do agronegócio exige a responsabilidade de mitigar eventuais danos ambientais para garantir a manutenção da qualidade e conservação ambiental (HLPE, 2016; FAO, 2011; ULLAH, 2023; MAHMOOD *et al.*, 2019; ULLAH *et al.*, 2018).

As atividades humanas causam a maioria da degradação ambiental, incluindo incêndios florestais que estão aumentando a cada ano. Mais de 23.000 pontos de incêndio foram registrados pelo INPE no primeiro semestre de 2020 no Brasil. Altas temperaturas e baixa umidade favorecem esses eventos. O plantio de componentes florestais nativos ou exóticos em consórcio com lavouras ou pecuária é uma maneira de reduzir esses incêndios. (LOURENÇO *et al.*, 2022; KICHEL *et al.*, 2014; TSCHARNTKE *et al.*, 2011; WHITE; SILVA, 2016).

O uso do fogo tem impacto em todos os tipos de ambiente, variando em intensidade de acordo com fatores como quantidade de material combustível, topografia e grau de proteção da área. Além de afetar a saúde humana, a emissão de aerossóis e de gases de efeito estufa promove alterações climáticas e prejuízos à biosfera, o que resulta em perda de qualidade de ar, água e vida para as pessoas próximas aos focos de incêndio. Inicialmente usado em pequenas propriedades rurais, o uso do fogo passou a ser adotado pela atividade agrícola em geral devido ao baixo custo operacional e aos benefícios como a fertilização do solo e controle de plantas daninhas. Embora essas vantagens estejam associadas à praticidade e à economicidade, é importante considerar o impacto ambiental negativo causado pelo uso do fogo (ARAÚJO, 2005; RIBEIRO; FICARELLI, 2010; SENANDE-RIVERA *et al.*, 2022; SANTOS, 2021; MARQUES; COSTA SOBRINHO, 2020).

O uso indiscriminado do fogo causou inúmeros prejuízos ao meio ambiente, levando os órgãos ambientais a controlar atentamente essa prática e permitindo seu uso somente após prévia análise dessas instituições. Os danos provocados pelo uso do fogo atingem fatores bióticos e abióticos, como redução da biodiversidade, perda da fertilidade do solo, aumento da temperatura e aquecimento global, entre outros (MARQUES; COSTA SOBRINHO, 2020). Braga e Santos (2009) destacam que o uso do fogo pode ter aspectos tanto positivos quanto negativos para a fauna silvestre, uma vez

que a destruição da vegetação pode não só reduzir o habitat e aumentar a vulnerabilidade dos animais a predadores, mas também incentivar a cadeia alimentar e o renovo da flora local.

O fogo tem potencial de causar graves danos ao solo, incluindo a destruição de flora, microfauna e matéria orgânica, que é crucial para a agregação das partículas e colóides do solo. No entanto, de acordo com Ribeiro (2009), o impacto do fogo no solo pode variar dependendo de uma série de fatores, como condições meteorológicas, tipo e quantidade de material combustível, comportamento do fogo e intensidade da queima. As queimadas podem afetar profundamente as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, com a elevação da temperatura do solo levando a prejuízos biológicos e químicos, como esterilização parcial, aumento da população de microorganismos, alteração do pH e aumento da temperatura da água, entre outros (SANTOS *et al.*, 2021).

Embora muito se fale sobre os danos ambientais causados pelo uso do fogo, sua demonização indiscriminada questiona toda a cadeia de desenvolvimento que levou à atual sociedade. O que precisa ser criticado são os métodos inseguros e inadequados, pois os benefícios econômicos do uso do fogo são reais e, quando utilizado pelo pequeno proprietário rural, tem menos reprovação social. Negar a importância do fator econômico no desenvolvimento humano é negar a realidade, e, portanto, qualquer esforço de preservação deve também considerar a viabilidade econômica para ser sustentável. No entanto, os prejuízos ambientais, sociais e agrícolas decorrentes do uso do fogo são inegáveis e merecem atenção da sociedade, o que traz urgente a necessidade de conscientizar os usuários da terra sobre os malefícios das queimadas e apresentar técnicas seguras e prévias para sua realização.

Considerando os impactos negativos e efêmeros do uso do fogo, a política ambiental deve controlar cuidadosamente essa prática devido aos impactos que podem afetar significativamente áreas locais e regionais. Com frequência, áreas degradadas/improdutivas são abandonadas em favor de novas conversões em áreas nativas para o cultivo agrícola face a ausência do controle estatal. Antes de permitir o uso do fogo, são analisadas todas as variáveis ambientais que possam afetar a intensidade, sazonalidade e duração do impacto ambiental, pois, quando utilizado de forma correta, é possível minimizar os prejuízos, tendo em vista os benefícios econômicos que influenciam a política ambiental.

Em algumas regiões do Brasil, existem formas tradicionais de manejo do fogo com a finalidade de conservação, embora as queimadas acidentais e criminosas sejam as principais responsáveis pela destruição de remanescentes florestais. As queimadas são amplamente disseminadas e aceitas por serem uma prática cultural antiga, especialmente no setor agropecuário, quando, por sociedades tradicionais, busca limpar a terra a um baixo custo. Embora as queimadas possam ser essenciais para os pequenos agricultores, elas podem desencadear fogo descontrolado, embora tenha se observado uma leve diminuição na área queimada; há uma correlação positiva entre a queda do desmatamento e o aumento na produtividade de soja e carne, demonstrando que é possível conciliar desenvolvimento econômico e conservação ambiental por meio da ciência (BORGES *et al.*, 2016; JACOBI *et al.*, 2009; PARDO, 2012).

De acordo com Morello *et al.* (2020), há uma relação entre o uso do fogo e a economia local de municípios que dependem principalmente de atividades agrícolas e,

quanto mais dependente da agricultura, mais é a incidência de incêndios florestais para abrir novas áreas para plantio. Isso é especialmente verdadeiro para culturas perenes de alto valor agregado. Em áreas com economias menos diversificadas e mais dependentes da agricultura, as práticas nocivas ao meio ambiente são muitas vezes consideradas aceitáveis em nome do desenvolvimento econômico. Além disso, a demografia (densidade populacional e grau de urbanização) tem um papel importante a desempenhar na incidência de incêndios florestais. Regiões menos povoadas estão mais sujeitas a práticas de queimadas, enquanto a urbanização pode ajudar a controlar o uso do fogo, uma vez que as consequências das queimadas prejudicam tanto a biodiversidade quanto a saúde humana. Por fim, Pfaff *et al.* (2007) destacam que o acesso às estradas tem uma relação intrínseca com as práticas de queimadas, já que aumenta a lucratividade da atividade.

No ano de 2020, o desmatamento e os incêndios florestais foram os principais mecanismos de perturbação da Floresta Amazônica, resultando na abertura de 10.897 km² e na perda estimada de 820.000 km² de biodiversidade. Esses danos estão diretamente relacionados à perda do controle do fogo em pastagens, que se propagam para as áreas florestais que possuem grande quantidade de material inflamável. Toda essa cadeia está relacionada à produtividade brasileira, em especial à produção de origem bovina, de suma importância para o mercado internacional, representando 6 bilhões de dólares no mercado interno. Mas é preciso avaliar os custos financeiros, ambientais e culturais que acompanham a exportação de commodities, como a perda de florestas e da biodiversidade. Os danos causados ultrapassam as fronteiras nacionais, aumentando a temperatura global, o que pode levar à transformação de grande parte da Amazônia em savana, caso apenas 40% das florestas sejam conservadas (ZU ERMGASSEN *et al.*, 2020).

O uso do fogo tem impactos negativos que vão além das questões climáticas globais, em face de a queima de biomassa liberar gases tóxicos e fumaça, prejudicando a saúde humana e animal. Além disso, a atividade turística também é afetada pelos incêndios, causando perda de arrecadação municipal e desestimulando os viajantes a visitarem locais sujeitos a queimadas. Estudos frequentemente prevêm as consequências dessas práticas insustentáveis, e líderes mundiais têm rejeitado produtos que não prezam pelo desenvolvimento sustentável. Por isso, é necessário não apenas seguir as políticas ambientais vigentes, mas também comprometer-se globalmente com práticas que preservem os recursos naturais e tornem as commodities brasileiras competitivas no mercado internacional.

É possível desconstruir a cultura agrária brasileira por meio de uma política estruturada e de longo prazo, como evidenciado pelo setor agrário, que, em 1970, era importador e agora é um dos maiores exportadores de commodities do mundo. No entanto, esse protagonismo requer contrapartidas importantes, como produzir produtos livres de desmatamento e alicerçados em processos sustentáveis, para ser competitivo no mercado internacional. A mentalidade ultrapassada de aumentar a produção apenas aumentando a área produtiva é incompatível com os padrões mercadológicos da sociedade atual, que se preocupa cada vez mais com processos que preservem a qualidade ambiental. Infelizmente, o último governo federal do Brasil ignorou as políticas ambientais consolidadas no país e aprovadas no mundo, sugerindo o

desmantelamento do Código Florestal Brasileiro, o que prejudicou a competitividade dos produtos brasileiros e afetou o interesse em acordos econômicos com o Brasil (STABILE *et al.*, 2020; BUTT *et al.*, 2011; SPRACKLEN *et al.*, 2018).

O conceito de “Environmental, Social and Governance Advisory (ESG)” tem ganhado importância no cenário financeiro por promover práticas gerenciais que consideram o meio ambiente, a sociedade e a governança. A sustentabilidade não é mais vista como uma meta futura, mas sim uma escolha consciente no presente. Segundo Feder e Umali (1993), para aumentar a produção, é necessário adotar novas práticas de manejo e tecnologias de produção, considerando-se o cenário econômico, tecnológico e as práticas de gestão bem-sucedidas em atividades pecuárias. É importante implementar políticas ambientais para promover o desenvolvimento econômico sem prejudicar outros contextos e para incentivar o cumprimento das leis ambientais brasileiras, agregando valor ao produto interno. Para alcançar esse objetivo, é necessário construir uma coalizão entre os órgãos técnicos ambientais, os ambientalistas e os proprietários rurais, de forma a observar a relação entre as práticas do uso do fogo do agronegócio e o cumprimento da legislação vigente como mecanismos de conservação e proteção ambiental.

Apesar da bipolaridade da política ambiental brasileira, que oscila entre o crescimento agrícola e a conservação florestal, há uma necessidade constante de atualizar os modelos de desenvolvimento para incluir a preservação ambiental e o bem-estar social. Especificamente em relação à Amazônia, que tem sido instigada como uma provável fronteira agrícola, a resposta observada ainda é insuficiente. Apesar dos dispositivos legais consolidados e frequentemente atualizados, as práticas insustentáveis continuam sendo difundidas em governos que menosprezam a importância da preservação do meio ambiente. Isso resultou em um aumento significativo de incêndios florestais e desmatamentos em 2019. A falta de uma agenda verde com compromissos mundiais implica a inobservância do Acordo de Paris, do qual o Brasil é signatário. Além disso, essas práticas estão relacionadas ao desejo crescente de aumento do desenvolvimento econômico, crescimento populacional e ao aumento da fronteira internacional de comércio, através da venda de commodities da agropecuária (STABILE *et al.*, 2020).

Segundo Tasker e Arima (2016) e Barlow *et al.* (2012), mesmo com a alta frequência de incêndios florestais, é necessário implementar políticas complementares para reduzir os incêndios acidentais, já que não foi possível reduzir a área queimada. É importante que o poder público tenha uma postura ativa na preservação de recursos vegetais e promova políticas públicas antidesmatamento, que visem à redução do número de incêndios agrícolas. Morello *et al.* (2020) reforça que os incêndios florestais representam uma grande ameaça para a conservação da Floresta Amazônica e é necessário implementar políticas públicas eficientes no combate a essas práticas. Durante o governo do ex-presidente Jair Bolsonaro, houve uma tentativa de desmantelamento das políticas ambientais históricas, que foram desenvolvidas e atualizadas por meio de discussões técnicas entre defensores ambientais e representantes do setor agrícola no Congresso Nacional. Como o Brasil é um país tradicionalmente agrícola, muitos representantes políticos têm ligações com esse setor e

participaram da criação de legislação consensual que não beneficiasse apenas um grupo específico.

A banalização da política ambiental pode levar à queda do Brasil no mercado internacional, exigindo uma postura ativa tanto dos governantes quanto dos agricultores. Pensamentos como “passar a boiada” são incompatíveis com políticos responsáveis e comprometidos com a sustentabilidade. É fundamental considerar o meio ambiente em qualquer eixo de desenvolvimento interno, pois é a base que sustenta o país. Em 2020, o Brasil sofreu com queimadas no Pantanal e aumento do desmatamento na Amazônia, que foram minimizadas pelo então presidente. Isso aumentou as desconfianças sobre o setor produtivo agrícola brasileiro, afetando a reputação do país no cenário mundial e sua competitividade a longo prazo.

As questões ambientais têm grande importância no cenário internacional e foram tão intensificadas que, em 1991, o Fundo Global para o Meio Ambiente foi criado com o aporte de 1 bilhão de dólares do Banco Mundial, fruto de cooperação internacional entre nações como Alemanha, Noruega, Suécia e França, bem como de organizações não governamentais e do setor privado. No entanto, o governo brasileiro de 2019 a 2022 adotou posturas não sustentáveis, levando à suspensão do Fundo Amazônico em 2019, que só foi reestabelecido em janeiro de 2023 com o reinvestimento dos governos alemão e norueguês, segundo Silva (2023). A situação gerou pressão de investidores para a melhoria do tom em relação à questão ambiental, com sete grandes empresas europeias informando que desinvestiriam em produtos brasileiros e 230 investidores pedindo ações contra desmatamento e queimadas, de acordo com Martins (2020).

A crise ambiental que o Brasil enfrenta é resultado de questões culturais e políticas. A resistência dos empreendedores mais velhos, em relação à renovação de práticas consolidadas, é um exemplo das questões culturais, juntamente com a baixa preocupação dos idosos em relação à redução das mudanças climáticas. A visão irracional progressista da extrema direita brasileira em promover o desenvolvimento sem vinculação com a tecnicidade é um exemplo de questão política. Para reconstruir uma sociedade que respeite as questões ambientais, é necessário quebrar tabus, como a relação antagônica entre preservação e desenvolvimento, e tratar o meio ambiente como um aliado em vez de um obstáculo. Isso exige uma política forte, estruturada e focada, que promova a aplicação técnica e eficiente das leis ambientais. A transformação da geração atual depende do reconhecimento da sinergia entre as ciências ambientais e econômicas e da aplicação desse conhecimento na vida cotidiana dos usuários dos recursos naturais.

Para reestabelecer a proteção irrestrita da vegetação prevista no Art. 225 da Constituição, é necessário reeducar os usuários das práticas que degradam o meio ambiente. Stabile *et al.* (2020) propõem quatro etapas para alcançar um uso racional das áreas nativas, sem recorrer às queimadas. Essas etapas incluem a proteção de áreas nativas, o pagamento por serviços ambientais em áreas privadas, o aumento da produtividade agropecuária sem aumentar a área e a limitação da grilagem e investimentos em tecnologia para a preservação de florestas em propriedades privadas.

Para reconstruir o meio ambiente, é necessário um processo de conscientização ambiental que entenda fluxos ambientais, capacidade produtiva, técnicas corretas e transformação social para aplicar conhecimentos científicos que produzam aumento

econômico e preservação ambiental. Esses caminhos são cruciais para reduzir as práticas de queimadas e exigem conscientização imediata sobre a possibilidade de uso assistido e dentro dos preceitos legais. Embora existam metodologias corretas de uso do fogo, há uma preferência por práticas destrutivas que prejudicam a riqueza e a qualidade ambiental, muitas vezes negligenciadas pelo maior responsável pelo controle e que tem o poder de coibir e punir a aplicação e difusão dos incêndios florestais. Isso negligencia não apenas as leis vigentes, mas também o espírito constitucional progressista que foi sonhado pelos fundadores do país.

O Brasil enfrenta pressão internacional por causa da experiência e conhecimento de outros países e por não cumprir os padrões estabelecidos pelo poder originário e derivado do país. Exigir a sustentabilidade para melhorar a competitividade não prejudica a soberania nacional, mas requer ação imediata e responsabilidade dos governos desde o início de sua gestão, mantendo uma abordagem constante e contínua para construir uma sociedade que respeite os valores constitucionais, em vez de seguir ideologias passageiras.

2.3 A RELAÇÃO DO DIREITO E DA ECONOMIA NAS RELAÇÕES TRANSINDIVIDUAIS COM O ESTUDO DO CUSTO SOCIAL SOBRE A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

O ideário de proteção de direitos fundamentais difusos ou coletivos surge das guerras mundiais e das novas questões humanitárias, que preconizam a proteção não apenas do indivíduo, mas também da coletividade ou de grupos, como o meio ambiente e o patrimônio cultural. Tais direitos vão além do interesse individual e visam à proteção do gênero humano com base no humanismo e na universalidade. Para aplicar esses direitos socialmente, é necessário que haja regramentos de ampla repercussão e coerção. O artigo 225 da Constituição brasileira de 1988 prevê o direito ao meio ambiente equilibrado e impõe ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo. As ações estatais necessárias para garantir direitos difusos exigem uma renormatização do conceito de bem jurídico, atrelando-o à ideia de função, já que a complexidade dos assuntos da atualidade requer abordagens específicas para tutelar os bens coletivos (REGHELIN, 2022; MENDES; BRANCO, 2022; LENZA, 2021).

Destaca-se ainda a importância de se criar uma estrutura social que preserve o meio ambiente para as futuras gerações, surgindo o princípio da intergeracionalidade. Apesar do interesse geral no crescimento econômico, é questionado se os métodos atuais são os melhores, considerando os desequilíbrios ambientais e humanos. O Secretário Geral da ONU, António Guterres, destaca que o interesse antrópico é meramente individual e muitas vezes coloca em risco o futuro do planeta. É necessária uma mudança fundamental na forma como medimos a economia, nos comportamos como cidadãos e atuamos como países, considerando a relação íntima entre as atividades econômicas e os impactos ambientais na coletividade (WEYERMÜLLER, 2010).

Resume-se que os desafios enfrentados pela atual cultura econômica em relação aos danos ambientais causados, como gestão insuficiente de resíduos sólidos e poluição da água usada na agricultura, desmatamento acelerado do cerrado que provoca desequilíbrio nas chuvas, exploração de áreas de serras que aumentam a vulnerabilidade

a desastres e introdução de espécies exóticas que podem levar à extinção de espécies nativas, podem não estar no fim, mas estar em progressão catastrófica. Para resolver esses problemas, é necessário mudar a lógica cultural para uma lógica tecnológica e cooperativa que promova o desenvolvimento sustentável. Embora o mercado financeiro favoreça a livre iniciativa em detrimento da precaução e prevenção ambiental, é importante equilibrar as questões ambientais e econômicas. As alterações propostas pela Emenda Constitucional n. 42 de 2003 reforçaram a preocupação com o meio ambiente, incluindo a defesa do meio ambiente e o tratamento diferenciado de acordo com o impacto ambiental dos produtos e serviços (SACCARO JUNIOR, 2016; BRASIL, 1988).

A incessante busca por melhoria financeira tem levado a uma crise econômica que tem consequências sobre o meio ambiente. Tal crise tem exigido a redução no controle das atividades econômicas pelos órgãos especializados, o que foi observado com a movimentação do PL 3.729/2004, conhecido como Lei Geral da Extinção do Licenciamento Ambiental. Esse projeto de lei tem sido criticado por diversos setores da sociedade, incluindo a comunidade científica, que acredita que ele irá radicalizar o retrocesso e fazer com que tragédias ambientais, como as de Brumadinho e Mariana, continuem e se agravem. A Associação Brasileira de Saúde Coletiva também publicou uma nota criticando o projeto, afirmando que ele acelerará a implantação de uma agenda neoliberal e neoextrativista que atenderá basicamente os interesses de setores como o agronegócio, a mineração e as grandes corporações nacionais e internacionais. Argumenta-se ainda que isso representa um grave retrocesso no direito constitucional ao meio ambiente equilibrado e à saúde da população brasileira (VILHENA, 2021; ABRASCO, 2021).

A cadeia econômica está mudando, e a utilização de recursos naturais renováveis está se tornando cada vez mais importante para gerar benefícios econômicos. Isso é evidente no crescente uso da energia fotovoltaica no Brasil e na Europa. No entanto, o desinteresse em produzir com sustentabilidade é um problema decorrente da tradição agrícola ultrapassada que prioriza a expansão das áreas produtivas em vez da produtividade por área. A Constituição Federal do Brasil prevê a “função social da propriedade”, que exige a utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e a preservação do meio ambiente. No entanto, estudos mostram que muitas áreas convertidas para uso alternativo do solo estão sendo abandonadas e contribuindo para o desmatamento de novas áreas. É necessária uma mudança de mentalidade e políticas que incentivem o manejo correto dessas áreas exauridas para reduzir a pressão sobre as áreas nativas (WADT *et al.*, 2003; MARTINS, 2022; SACCARO JUNIOR, 2016; BRASIL, 1988).

A realidade de áreas abandonadas no estado do Acre e em outras regiões, somada ao princípio da prevenção e precaução ambiental, reforça a importância da função social da propriedade rural em prol da sustentabilidade ambiental. O desenvolvimento econômico não pode ser desassociado da proteção dos ecossistemas, da biodiversidade e dos recursos naturais, que garantem a sobrevivência e bem-estar humano. No entanto, o Brasil tem enfrentado um processo de afrouxamento das legislações que protegem o uso e a titularidade da terra, o que inclui o PL 3.729/2004, o PL 490, o PL 2.633, o PL 984 e o PL 2159/21, além da inoperância do Conama e a fragilização da mineração em terras indígenas. Saccaro Junior (2016) reforça que para

superar a crise econômica e os desafios ambientais, é necessário consolidar a ideia de sustentabilidade como condição para o desenvolvimento pleno da economia. A sinergia entre a economia e a preservação dos recursos será fundamental para solucionar os problemas atuais e garantir um futuro sustentável.

O texto de Saccaro Junior, publicado em 2016, previu o atual cenário brasileiro de 2023, em que o meio ambiente é o eixo estruturante da política do governo, considerado por alguns como um “Superministério”. Ministérios como Agricultura, Fazenda, Cidades, Povos Indígenas e Minas e Energia devem considerar a dimensão ambiental em suas políticas públicas para a sustentabilidade ambiental na gestão econômica do país. É necessário que o ordenamento jurídico esteja adequado para viabilizar as transformações no paradigma e tabus do desenvolvimento agrícola e da visão negativa das questões ambientais. Além das sanções administrativas, são necessários instrumentos econômicos para a política ambiental que possam promover mudanças efetivas no comportamento dos agentes econômicos poluidores, utilizando incentivos financeiros e de mercado. Matias e Belchior (2007) resumem que o Estado deve empregar a função promocional do direito.

Embora a preocupação com a proteção do meio ambiente não seja uma novidade no contexto mundial, ela só começou a ganhar destaque no Brasil nos últimos anos, devido à pressão de potências históricas. Essa questão é discutida na Análise Econômica do Direito (AED), uma escola de pensamento que teve origem na Universidade de Chicago na década de 1950 e tem como objetivo aplicar teorias e modelos econômicos em questões jurídicas, como a responsabilidade civil, o direito contratual, a propriedade intelectual e a regulação. No entanto, a ideia liberal de propriedade privada tem sido um obstáculo para a implementação de políticas ambientais eficientes, o que torna necessário criar incentivos econômicos para aqueles que cumprem as leis e protegem o meio ambiente. É importante lembrar que a proteção do meio ambiente é uma questão não apenas moral, mas também econômica, já que a degradação ambiental pode afetar negativamente o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida das pessoas. Para garantir a proteção dos direitos difusos do meio ambiente, é necessário realizar uma análise técnica do custo-benefício para subsidiar a implementação de leis e políticas públicas em áreas como o direito ambiental (UCHIMURA; LIMA, 2018; HEINEN, 2014).

3 CONCLUSÃO

O Brasil, desde a década de 1930, expressa sua preocupação com a questão ambiental, especialmente em relação às práticas que envolvem o uso do fogo, tentando disciplinar e conscientizar as pessoas da necessidade de um uso orientado e técnico.

Embora a lei proíba o uso do fogo, como regra geral ações que provoquem queimadas ou incêndios florestais (fogo descontrolado) é que são verdadeiramente proibidas pelo regramento legal; essas ações podem ser autorizadas se forem cercadas de cuidados previamente analisados.

As queimadas e incêndios florestais provocam graves degradações ambientais, prejudicando o desenvolvimento da fauna e da flora, embora sejam de custo reduzido

quando utilizadas na limpeza de áreas; porém, observa-se um abandono dessas áreas após exaurimento dos recursos ambientais locais.

É notória a mudança no paradigma social entre o revanchismo do desenvolvimento econômico e o desenvolvimento sustentável; necessita-se de um projeto de governo que incentive economicamente a preservação ambiental, como cultivo de baixo carbono ou pagamento por serviços ambientais.

Em relação a eventuais questionamentos sobre a dualidade dos princípios constitucionais do princípio da preservação, conservação e desenvolvimento sustentável e do princípio da livre iniciativa e propriedade privada, não há o que se discutir, pois o princípio ao meio ambiente ecologicamente será superior aos requisitos exigidos pelo artigo 170 da Constituição.

O Brasil começa a discutir um custo-benefício que subsidie a análise dos impactos de leis e políticas públicas em diversas áreas do direito, como contratual, responsabilidade civil, propriedade intelectual, direito da concorrência, atrelados ao direito ambiental.

A proteção dos direitos difusos do meio ambiente é fundamental por questão não apenas moral, mas também econômica, uma vez que a degradação ambiental pode ter um impacto negativo no desenvolvimento econômico e na qualidade de vida das pessoas.

REFERÊNCIAS

ABRASCO. Associação Brasileira de Saúde Coletiva. **Nota da ABRASCO sobre a nova lei geral (da extinção) do licenciamento ambiental, 2021.** Disponível em:

<https://www.abrasco.org.br/site/noticias/posicionamentos-oficiais-abrasco/nota-da-abrasco-sobre-a-nova-lei-geral-da-extincao-do-licenciamento-ambiental/60168/>.

ARAÚJO, R. A. *et al.* Impacto da queima controlada da palhada da cana-de-açúcar sobre a comunidade de insetos locais. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 649-658, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000400016>.

AZEVÊDO, Á. S. de C.; VIEIRA, T. A. Análise dos crimes ambientais registrados nas regiões do Baixo Amazonas e Tapajós, Pará, no período de 2012 a 2015. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 46, p. 254-275, ago. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v46i0.54483>.

BARLOW, J. *et al.* The critical importance of considering fire in REDD+ programs. **Biological Conservation**, [S. l.], v. 154, p. 1-8, out. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.034>.

BENJAMIN, A. H. *et al.* O meio ambiente na Constituição Federal de 1988. *In: Desafios do direito ambiental no século XXI: estudos em homenagem a Paulo Affonso Leme Machado.* São Paulo: Malheiros, 2005. p. 363-398.

BOEIRA, S. F. **Proteção ambiental**: uma análise da prática agropecuária das queimadas. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Direito), Programa de Mestrado em Direito, Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/259>.

BORGES, S. L. *et al.* Manejo do fogo em veredas: novas perspectivas a partir dos sistemas agrícolas tradicionais no Jalapão. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 269-294, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20150020R1V1932016>.

BRAGA, F. G.; SANTOS, R. E. F. Relações entre a fauna e o fogo. *In*: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil**: o estado da arte. Curitiba: UFPR, 2009. p. 157-180.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

BRASIL. **Decreto n. 23.793, de 1934**. Aprova o Código Florestal. 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm.

BRASIL. **Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o novo Código Florestal. 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm#art50.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm.

BUTT, N. *et al.* Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondonia, Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, [S. l.], v. 116, n. D11, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2010JD015174>.

COELHO, A. *et al.* A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) brasileira frente à tutela constitucional quanto ao tratamento do lixo eletrônico e sua repercussão humanística. **Revista ESPACIOS**, Caracas, v. 38, n. 41, p. 29-36, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n41/17384129.html>.

DICIONÁRIO de Ecologia e Ciências Ambientais. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998. Editado por Art, H.W. Tradução de Mary Amazonas Leite de Barros.

DICKSON-HOYLE, S. *et al.* Walking on two legs: a pathway of Indigenous restoration and reconciliation in fire-adapted landscapes. **Restoration Ecology**, [S. l.], v. 30, e13566, set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/rec.13566>.

FAO. Food Agriculture Organization. **World Food and Agriculture**. 2011, Rome. Disponível em: <https://www.fao.org/news/story/en/item/117492/icode/>.

FEDER, G.; UMALI, D. L. The adoption of agricultural innovations: a review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 43, n. 3-4, p. 215-239, 1993. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(93\)90053-A](https://doi.org/10.1016/0040-1625(93)90053-A).

FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente (RJ). **Vocabulário Básico de meio ambiente**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1990.

HEINEN, L. R. A análise econômica do direito de Richard Posner e os pressupostos irrealistas da economia neoclássica. *In*: POMPEU, G. V. M.; GONÇALVES, E. das N. **Direito e Economia I**. Florianópolis: Conpedi, 2014. p. 314-333.

HLPE. High Level Panel of Experts. **Sustainable agricultural development for food security and nutrition: what roles for livestock?** A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5795e.pdf>.

HOFFMAN, K. M. *et al.* Western Canada's new wildfire reality needs a new approach to fire management. **Environmental Research Letters**, [S. l.], v. 17, p. 061001, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7345>.

JACOBI, L. F. *et al.* Caracterização das queimadas acidentais em campo, no município de Santa Maria-RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 904-908, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000300042>.

KICHEL, A. N. *et al.* Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF): experiência no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n. 1, p. 94-105, 2014. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/995520>.

LENZA, P. **Direito Constitucional Esquematizado**. 25. ed. São Paulo: Saraiva Educação S. A., 2021.

LOURENÇO, J. L. *et al.* Comparative evaluation of mobile platforms for non-structured environments and performance requirements identification for forest clearing applications. **Forests**, [S. l.], v. 13, n. 11, p. 1889, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f13111889>.

MAHMOOD, H. *et al.* Agriculture development and CO2 emissions nexus in Saudi Arabia. **Plos One**, [S. l.], v. 14, n. 12, p. e0225865, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225865>.

MARQUES, R. J.; COSTA SOBRINHO, W. F. R. da Detecção das ocorrências de focos de queimadas e produção de mapas de calor em Timon, MA. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 11, n. 37, p. 210-228, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21170/geonorte.2020.V.11.N.37.210.228>.

MARTINS, F. **Curso de Direito Constitucional**. São Paulo: Saraiva Educação S. A., 2022.

MARTINS, R. Crise de governança ambiental pode intensificar fuga de capital estrangeiro do Brasil. **G1 Economia**, 23 set. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/09/23/crise-de-governanca-ambiental-pode-intensificar-fuga-de-capital-estrangeiro-do-brasil.ghtml>.

MATIAS, J. L. N.; BELCHIOR, G. P. N. Direito, economia e meio ambiente: a função promocional da ordem jurídica e o incentivo a condutas ambientalmente desejadas. **NOMOS: Revista do Programa de Pós-graduação em Direito da Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, v. 27, p. 155-176, 2007. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/nomos/article/view/20421>.

MENDES, G. F.; BRANCO, P. G. G. **Curso de Direito Constitucional**. 17. ed. São Paulo: Saraiva Educação S. A., 2022.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**: em e-book. Baseada na 11. ed. impressa. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2018.

MORAIS, J. C. M. de. **Principais causas dos incêndios florestais e queimadas**. Brasília: IBAMA Prevfogo, 2011.

MORELLO, T. F. *et al.* Predicting fires for policy making: Improving accuracy of fire brigade allocation in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, [S. l.], v. 169, p. 106501, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106501>.

MYERS, R. L. **Convivir con el fuego**: Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante. Volume 1. Tallahassee: The Nature Conservancy. 2006. 36 p. Disponível em: <https://www.conservationgateway.org/Files/Pages/convivir-con-el-fuego%E2%80%94ma.aspx>.

ONU: 2021 pode ser ano do “tudo ou nada” para salvar o planeta de crise ambiental. Disponível em: https://www.savcerrado.org/onu-2021-pode-ser-ano-do-tudo-ou-nada-para-salvar-planeta-de-crise-ambiental/?gclid=Cj0KCQiA9YugBhCZARIsAACXxeJlcHv-qSN7CyjA6w91jnNW3mNzKR0T5Bg8vXbfP0ItdLYZ-AeOGNIaAnoHEALw_wcB.

PARDO, D. W. de A. Direito e sociedade na Amazônia: sobre a proibição legal do uso do fogo em atividades econômicas agropastoris. **Revista Direito GV**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 427-453, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1808-24322012000200003>.

PFAFF, A. *et al.* Road investments, spatial spillovers, and deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of regional Science**, [S. l.], v. 47, n. 1, p. 109-123, 2007.

REGHELIN, E. M. A proteção do meio ambiente como direito difuso na sociedade contemporânea-considerações sobre o princípio da ofensividade penal em delitos de perigo abstrato. **Revista Brasileira de Ciências Policiais**, Brasília, v. 13, n. 9, p. 71-103, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.31412/rbcp.v13i9.950>.

RIBEIRO, G. A.; BONFIM, V. R. Incêndio Florestal versus queima controlada. **Ação Ambiental**, Viçosa, v. 2, n. 12, p. 8-11, 2000.

RIBEIRO, G. A. A queima controlada no manejo da terra. *In*: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil**: o estado da arte. Curitiba: Produção Independente, 2009. p. 157-180.

RIBEIRO, H.; FICARELLI, T. R. de A. Queimadas nos canaviais e perspectivas dos cortadores de cana-de-açúcar em Macatuba, São Paulo. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 19, p. 48-63, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902010000100005>.

RODRIGUES, M. A. **Proteção jurídica da flora**. Salvador: Editora Juspodivm. 2019.

ROSA, C. A. de P. História da ciência: da antiguidade ao renascimento científico. *In*: **História da ciência**: da antiguidade ao renascimento científico. 2012. p. 469-469.

SACCARO JUNIOR, N. L. **A conexão entre crise econômica e crise ambiental no Brasil**. Repositório do Conhecimento do Ipea, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/6499>.

SANTOS, G. F. Direito de propriedade e direito a um meio ambiente ecológico: colisão de direitos fundamentais?. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, a. 37, n. 147, jul./set. 2000. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/603>.

SANTOS, R. A. F. *et al.* Queimada e usos do solo na atividade e biomassa microbiana. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 14, n. Supl. 2, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.2.e8742>.

SEMANDE-RIVERA, M. *et al.* Spatial and temporal expansion of global wildland fire activity in response to climate change. **Nature Communications**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 1-9, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28835-2>.

SILVA, C. Após Lula reativar o Fundo Amazônia, Noruega anuncia que R\$ 3 bilhões já podem ser investidos. **Carta Capital**, 03 jan. 2023. Disponível em: <https://www.carta-capital.com.br/politica/apos-lula-reativar-o-fundo-amazonia-noruega-anuncia-que-r-3-bilhoes-ja-podem-ser-investidos/>.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba: Produção Independente. 2009.

SPRACKLEN, D. V. *et al.* The effects of tropical vegetation on rainfall. **Annual Review of Environment and Resources**, [S. l.], v. 43, p. 193-218, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-030136>.

STABILE, M. C. C. *et al.* Solving Brazil's land use puzzle: Increasing production and slowing Amazon deforestation. **Land Use Policy**, [S. l.], v. 91, p. 104362, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104362>.

TASKER, K. A.; ARIMA, E. Y. Fire regimes in Amazonia: the relative roles of policy and precipitation. **Anthropocene**, [S. l.], v. 14, p. 46-57, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.06.001>.

TSCHARNTKE, T. *et al.* Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes: a review. **Journal of Applied Ecology**, [S. l.], v. 48, n. 3, p. 619-629, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x>.

UCHIMURA, G. C.; LIMA, I. V. de. Direito, violação e tecnicidade: a análise econômica do Direito nas concepções de Coase e Brown. **Revista Direito e Práxis**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 2143-2170, out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8966/2018/29913>.

ULLAH, A. *et al.* Does agricultural ecosystem cause environmental pollution in Pakistan? Promise and menace. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 25, n. 14, p. 13938-13955, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1530-4>.

ULLAH, A.; SALEM, S.; KANG, S. The impact of agroecosystem on ecological footprint: Fresh evidence in the perspective of existing agriculture and green Pakistan. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 53, n. 1, 2023. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210617>.

VILHENA, A. **Nova lei de licenciamento ambiental: flexibilização, retrocessos e riscos à saúde**. CEE - Fiocruz, 2021. Disponível em: <https://cee.fiocruz.br/?q=nova-lei-de-licenciamento-ambiental-flexibilizacao-retrocessos-e-riscos-a-saude>.

WADT, P. G. S. *et al.* **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco: EMBRAPA Documentos. 2003.

WEYERMÜLLER, A. R. **Direito Ambiental e Aquecimento Global**. São Paulo: Ed. Atlas, 2010.

WHITE, B. L. A.; SILVA, M. F. A. Avaliação das condições microclimáticas no interior de fragmentos de Mata Atlântica em distintos graus de conservação no município de São Cristóvão, Sergipe. *In*: SEABRA, G. (org.). **Educação Ambiental & Biogeografia**. Uberlândia: Barlavento, 2016. p. 571-578.

WORLD BANK. Agriculture and food. **The World Bank**, 2020. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview>.

ZU ERMGASSEN, K. H. J. *et al.* The origin, supply chain, and deforestation risk of Brazil's beef exports. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 50, p. 31770-31779, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.2003270117>.

Avaliação do efeito carcinogênico e/ou anticarcinogênico do látex de *Himatanthus obovatus* em células somáticas de *Drosophila melanogaster* e o teor de sua atividade antioxidante, flavonoides totais e taninos totais

Evaluation of the carcinogenic and/or anticarcinogenic effect of Himatanthus obovatus latex on somatic cells of Drosophila melanogaster and the content of its antioxidant activity, total flavonoids, and total tannins

RAYANE APARECIDA DE QUEIROZ CHAVES

Discente do curso de Engenharia Química (UNIPAM)

E-mail: rayanequeiroz@unipam.edu.br

MARIA PERPÉTUA OLIVEIRA RAMOS

Professora orientadora (UNIPAM)

E-mail: perpetor@unipam.edu.br

Resumo: *Himatanthus obovatus*, nativa do cerrado, conhecida como “tiborna”, é produtora de látex, o qual é utilizado na medicina popular. Este trabalho objetivou investigar, pelo Teste de Tumor Epitelial em células somáticas de *Drosophila melanogaster*, o efeito carcinogênico e/ou anticarcinogênico do látex e determinar teores de flavonoides, taninos e atividade antioxidante. O ETT foi realizado nas concentrações isoladas de 1,25; 2,5; 5 e 10 mg/mL e 1,25; 2,5; 5 mg/mL, associadas à doxorubicina, com larvas do cruzamento de fêmeas *wts/TM3* com machos *mwh/mwh*. Para quantificar flavonoides, utilizou-se a curva de quercetina; taninos pela metodologia de Wissing (1995); atividade antioxidante pelo sequestro do reagente DPPH e o IC₅₀ pelas equações de reta obtidas pelo DPPH em função das concentrações. Os resultados mostraram diferenças significativas na frequência de tumores nas concentrações do látex associadas com DXR, quando comparado ao controle positivo. O teor de flavonoides foi de 12,65%, para taninos, 3,05%; atividade antioxidante, 87,33%, com IC₅₀ de 2,05 mg/L. Foi possível concluir que o látex de *H. obovatus* exerceu efeito modulador sob ação da DXR, sendo justificada por meio dos resultados obtidos pela atividade antioxidante.

Palavras-chave: atividade antioxidante; gene *WTS*; quimioprevenção.

Abstract: *Himatanthus obovatus*, native to the cerrado biome, known as “tiborna”, produces latex, which is used in folk medicine. This study aimed to investigate, through the Epithelial Tumor Test in somatic cells of *Drosophila melanogaster*, the carcinogenic and/or anticarcinogenic effect of the latex and to determine levels of flavonoids, tannins, and antioxidant activity. The ETT was performed at isolated concentrations of 1.25, 2.5, 5, and 10 mg/mL and 1.25, 2.5, 5 mg/mL, associated with doxorubicin, with larvae from the cross of *wts/TM3* females with *mwh/mwh* males. To quantify flavonoids, the quercetin curve was used; tannins by the methodology of Wissing (1995); antioxidant activity by the DPPH reagent sequestration and IC₅₀ by the straight

line equations obtained by DPPH as a function of the concentrations. The results showed significant differences in tumor frequency at the concentrations of latex associated with DXR when compared to the positive control. The flavonoid content was 12.65%, for tannins, 3.05%; antioxidant activity, 87.33%, with an IC₅₀ of 2.05 mg/L. It was possible to conclude that the latex of *H. obovatus* exerted a modulating effect under the action of DXR, justified by the results obtained by the antioxidant activity.

Keywords: antioxidant activity; WTS gene; chemoprevention.

1 INTRODUÇÃO

O cerrado ocupa cerca de uma área de milhões de km², aproximadamente 22% do território nacional. É considerado o segundo maior bioma brasileiro e se localiza em uma grande área central do Brasil, fazendo fronteira com outros importantes biomas, como Amazônia, Caatinga, Pantanal e Mata Atlântica (MEDEIROS, 2011).

Com a expansão da fronteira agrícola, a região dos cerrados brasileiros passou a ser ocupada pela produção agropecuária em larga escala, em destaque para a produção de soja. Desse modo, esse bioma vem cada vez mais perdendo o seu espaço no país, abrigando uma diversidade muito grande de plantas medicinais com potencial farmacológico.

A planta medicinal, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), é toda planta ou de suas partes que contenham as substâncias responsáveis pela ação terapêutica (BRASIL, 2021). De acordo com a Organização Mundial de Saúde, 80% da população mundial faz uso de algum tipo de planta medicinal.

O emprego de plantas medicinais na recuperação tem evoluído ao longo dos tempos. No Brasil, a utilização dessas plantas para o tratamento de enfermidades vem sendo realizada por séculos pelas culturas africanas, chinesas, egípcias, gregas, indianas e indígenas. As plantas medicinais são consideradas, por significativa parcela da população, um produto natural. São importantes para a pesquisa farmacológica e para o desenvolvimento de drogas, quando seus constituintes são usados diretamente como agentes terapêuticos e como matérias-primas para a síntese ou modelos para compostos farmacologicamente ativos (FONSECA; GIOTTO, 2021).

Cerca de 82% da população brasileira utilizam produtos à base de plantas medicinais nos seus cuidados com a saúde, seja pelo conhecimento tradicional e popular que é transmitido entre gerações, seja pelos sistemas oficiais de saúde, como prática de cunho científico, orientada pelos princípios e diretrizes do Sistema Único de Saúde (SUS) (MOARES; KARSTEN; CASALI, 2016).

Como consequência dessa exploração, há exportação de um volume considerado de várias espécies medicinais na forma bruta ou de seus subprodutos. No entanto, poucas dessas espécies chegam ao nível de ser cultivadas, mesmo em pequena escala. Esses fatos tornam-se mais intrigantes quando voltados para as espécies nativas, cujas pesquisas básicas ainda são incipientes.

Entre essas plantas está a espécie arbórea *Himatanthus obovatus*, pertencente à família Apocynaceae, nativa do cerrado na região Centro-oeste e nas savanas

amazônicas. Tem como nome popular “leiteira”, “tiberna” ou “pau de leite” (CARMO *et al.*, 2005).

As plantas possuem compostos bioativos, como vitaminas, compostos fenólicos e pigmentos, que, são em sua maioria, metabólitos especiais, geralmente estão relacionados com os sistemas de defesa contra a radiação ultravioleta, agressões de insetos ou patógenos, mas nos seres humanos, em baixas concentrações, desempenham um importante papel de proteção como agentes antioxidantes, capazes de retardar ou inibir a oxidação de diversos substratos (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2000).

No cenário atual, verificam-se poucos estudos que comprovam a presença de alguns metabólitos especiais na espécie *Himatanthus obovatus*. No entanto, a referida espécie, pertencente à família Apocynaceae, já apresenta estudos farmacológicos que demonstram evidências das atividades (i) antimicrobiana, (ii) anti-inflamatória, (iii) cicatrizante e (iv) analgésica, associadas à presença de substâncias químicas importantes, como alcaloides, cumarinas, compostos fenólicos, flavonoides, taninos, iridoides e triterpenoides (SANTOS *et al.*, 2021).

Tendo em vista que os compostos fenólicos podem apresentar atividade antioxidante, tratamentos efetivos contra alguns tipos de câncer são realizados com essas fontes fitoquímicas pois os radicais livres, que podem ser sequestrados por compostos antioxidantes, são considerados potentes agentes carcinogênicos.

O presente estudo é importante para a sociedade porque, além de conscientizar sobre o aumento dos casos de câncer, estabelece uma forma natural de tratamento e prevenção, ampliando o conhecimento científico sobre vegetação do cerrado, a fim de aproveitar de forma eficiente os benefícios naturais e de apoiar estudos relacionados à etnobotânica. Aliado a essas informações e à expressiva utilização dessa planta pela população local para restabelecimento da saúde, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o seu efeito carcinogênico e/ou anticarcinogênico *in vivo*, investigar a atividade antioxidante, flavonoides e taninos totais do látex de *Himatanthus obovatus*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 COLETA DO MATERIAL VEGETAL

A coleta do látex de *Himatanthus obovatus* foi realizada em Tabocas, distrito de Presidente Olegário (MG), com as coordenadas geográficas 18°2'57"S e 46°29'26"W. A identificação da planta foi realizada pela professora Dra. Lorryne de Barros Bosquetti e tombada com n. 356.13.2 no Herbário *Mandevilla sp.*, situado no segundo piso do bloco M do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foi feita manualmente, retirando folhas do caule e coletando o látex liberado pelo corte em frascos de vidro previamente pesados e higienizados. Após a coleta, o material vegetal foi mantido ao abrigo da luz à temperatura de 10°C para evitar o processo de oxidação.

2.2 ESTUDO GENÉTICO

2.2.1 Agentes químicos

A Cloridrato de Doxorubicina (DXR) (CAS 25316-40-9; lote 2110359), conhecida comercialmente como Fauldoxo®, foi fabricada e embalada pela LIBBS FARMACÊUTICA, São Paulo, Brasil. O Glicerol (CAS 56-81-5) foi obtido na Sigma-Aldrich®, Brasil Ltda.

2.2.2 Teste de Tumor Epitelial (ETT) em *Drosophila melanogaster*

2.2.2.1 Cruzamentos e tratamentos

Inicialmente, realizou-se um cruzamento para obter a progênie larval experimental; machos *mwh/mwh* foram cruzados com fêmeas virgens *wts*, TM3, *Sb1* (EEKEN *et al.*, 2002). A linhagem WTS foi adquirida pelo Bloomington *Drosophila* Stock Center da Universidade de Indiana (EUA), registrado sob o número Bloomington/7052.

A oviposição ocorreu durante 8 horas em frascos contendo uma base sólida de ágar (ágar a 4% em água) e uma camada de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) suplementada com sacarose. Após 72±4h, larvas de terceiro estágio foram lavadas com água ultrapura e coletadas em uma peneira de malha fina.

Realizou-se um ensaio para averiguar a toxicidade do látex de *Himatanthus obovatus*. Para calcular a taxa de sobrevivência, as larvas foram contadas antes da distribuição em tubos de vidro contendo meio de cultura alternativo, preparado com purê de batata instantâneo Yoki® Alimentos S. A. (SPANÓ *et al.*, 2001) e diferentes concentrações do referido látex. Tendo em vista o coeficiente de solubilidade, a maior concentração utilizada foi de 10mg/ml, e as demais tiveram diluição fracionada e isolada em água ultrapura ou em associação com DXR (0,4 mM).

Para o ETT, as concentrações do extrato de *Himatanthus obovatus* foram baseadas no ensaio de sobrevivência. Os tratamentos foram realizados em um experimento com duas repetições, envolvendo quatro concentrações do látex isoladas 1,25; 2,5; 5 e 10mg/L e três concentrações do látex em associação 1,25; 2,5; 5mg/L com DXR (0,4 mM) (para cotratamentos). Dois controles foram incluídos: (1) controle negativo (água ultrapura) e (2) controle positivo (DXR 0,4 mM). A DXR foi diluída em água.

2.2.2.2 Análise das moscas

Apenas as moscas emergentes com pelos longos e finos foram analisadas por serem portadoras do gene *WTS* e não possuírem o balanceador cromossômico (TM3, *Sb1*). Os indivíduos foram armazenados em etanol e, posteriormente, analisados em lâminas côncavas contendo glicerol, mediante visualização com microscópio estereoscópico (Bel® Photonics) para contagem de tumores. A presença de tumores foi avaliada e registrada em uma planilha padrão.

As frequências de tumores epiteliais observados nos indivíduos tratados com as diferentes concentrações do extrato de *Himatanthus obovatus* isoladas ou associadas

com DXR foram comparadas estatisticamente com as frequências de tumores epiteliais observados nos indivíduos tratados com o controle negativo e com o controle positivo, respectivamente. Utilizou-se o Teste *U* não paramétrico de Mann-Whitney, com nível de significância $p \leq 0,05$.

2.2.3 Viabilidade técnica

O Laboratório de Citogenética e Mutagênese do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas (MG), dispõe de todos os equipamentos (estufas, autoclaves, banho-maria, microscópios ópticos de luz, lupas estereoscópicas, chapas aquecedoras, entre outros) e de linhagens mutantes de *Drosophila melanogaster*, necessários para o desenvolvimento desta pesquisa.

2.3 ESTUDO QUÍMICO

2.3.1 Preparo do látex para análises qualitativas

Para o preparado do látex diluído, o material foi submetido à pesagem de 16g e solubilizado em água destilada e transferido para um balão de 100 mL aferido até o menisco, constituindo uma amostra na concentração de 160 mg/L.

Para estudo químico, foram utilizados balança marca AD200 - Marte Científico e instrumentação industrial Ltda.; estufa Icamo, modelo 5 - qualidade Famo; - Fisatom; câmara UV SL 204; espalhador de sílica; estufa para esterilização e secagem EL 1.6.

Os reagentes utilizados foram hidróxido de sódio - Vetec; anidrido acético - Vetec; ácido sulfúrico - Êxodo; ácido clorídrico - Moderna; solução alcoólica de cloreto de ferro; difenilboriloxietilamina (NP) - Sigma aldrich; solução de polietilenoglicol; etanol - Dinâmica; solução alcoólica de cloreto de ferro; acetona P. A. - Êxodo; diclorometano - Dinâmica; metanol - Êxodo; peróxido de hidrogênio - Vetec; sílica gel 60 (0,2 - 0,5 mm) - Vetec; sílica gel 60 para cromatografia em camada fina - marca Vetec.

O estudo foi realizado no laboratório de Química Orgânica, no 2º piso do bloco M do UNIPAM.

2.3.2 Ensaios químicos qualitativos

Os ensaios químicos para avaliar a presença dos metabólitos especiais foram realizados por meio de métodos convencionais de identificação desses compostos através de mudança de cor e/ou formação de precipitados, sendo a avaliação para flavonoides (reação de ácido clorídrico com fita de magnésio), taninos totais (reação com cloreto férrico), cumarinas (extração com éter etílico, observação sob UV) (RAMOS *et al.*, 2016).

Para se caracterizarem os flavonoides totais, utilizou-se da reação de Shinoda, foram transferidos para um tubo de ensaio 2 mL do extrato, e de duas fitas de magnésio (Mg metálico) de 1 cm e 1 mL de HCl concentrado. O aparecimento de coloração rósea-avermelhada indica resultado positivo para flavonoides. Para teste de confirmação,

utilizou-se do método reagente NP/PEG; o resultado foi observado sob luz ultravioleta (= 365nm).

Para realizar a identificação dos taninos, 3 mL do extrato foram adicionadas ao tubo de ensaio, com 3 gotas de FeCl_3 0,5 mol/L em agitação por 1 minuto. A mudança de coloração da mistura para azul escuro indica a presença de taninos hidrolisados, e verde indica presença de taninos condensados.

Para identificar a presença de cumarinas, utilizou-se de 2 mL do extrato com três alíquotas de 10 ml de éter etílico. Deixou-se concentrar em banho-maria até reduzir o extrato etílico a cerca de 5 mL. Adicionou 0,5 ml de metanol no extrato obtido, foi colocado em gotas em um papel filtro; em um dos lados do papel filtro foi adicionado 1 mL de NaOH a 0,1 mol/L. O papel foi levado a uma câmara UV no comprimento de onda de 365 nm e foi observado. A presença de cor azul-esverdeada ultravioleta na mancha que continha a fase etérea e o NaOH indica resultado positivo.

2.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE FLAVONOIDES TOTAIS

Para realizar a determinação de flavonoides totais, de acordo com Savi *et al.* (2017), foi utilizada uma solução na concentração de 160 mg/L dos extratos em uma solução extratora de diclorometano e metanol (3:1).

Foram misturados 2 mL de cloreto de alumínio a 5% (m/v) em 2 mL das soluções do extrato, determinando-se assim a absorvância em 425 nm contra um branco (2 mL diclorometano:metanol (3:1) e 2 mL cloreto de alumínio 5% em metanol). Adotou-se o padrão de quercetina nas concentrações de 3 mg/L; 5 mg/L; 10 mg/L; 15 mg/L; 20 mg/L; 25 mg/L; 30 mg/L; 50 mg/L; 60 mg/L e 100 mg/L, para se construir a curva de calibração no espectrofotômetro UV-Vis.

2.5 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE TANINOS TOTAIS

Para determinação dos taninos totais, a metodologia seguida foi a de Wissing (1955). Uma solução foi preparada a partir de 10 mL da solução do látex com diclorometano e metanol (3:1) para um balão de 50mL. Foram adicionados à solução em fervura a 100°C em agitador magnético, 2mL de formaldeído a 37% e 1 mL de HCl concentrado, mantendo-se a agitação por 30 minutos. Após isso, a solução obtida foi sujeita a uma filtração simples e posteriormente a secagem do precipitado visando obter a massa constante. Para obter o teor de taninos total, utilizou-se da Equação 1.

$$\text{TSS}\% = \frac{M_{apx}}{M_{ae}} \times 100 \text{ (Equação 1)}$$

Em que TTS% é teor de taninos condensados (%); M_{apx} : massa anidra do precipitado extrapolado para o volume total de extrato (g); M_{ae} : massa anidra da amostra utilizada na extração (g).

2.6 DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Para avaliar a atividade antioxidante do extrato aquoso do látex de *Himatanthus obovatus*, realizou-se o estudo de consumo do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilil midrazila) a 0,004%, fazendo a medição das absorbâncias, seguindo a metodologia adaptada de Silva *et al.* (2013) e Nascimento *et al.* (2011).

Foi preparado um extrato aquoso do látex nas concentrações, 1,25; 2,5; 5 e 10mg/L em balões volumétricos de 10 mL contendo 2 mL da solução de DPPH 0,004%. Após 30 minutos em uma câmara escura, os extratos foram levados para leitura no espectrofotômetro UV-vis a 517 nm. Para a análise associada à DXR, utilizou-se de uma solução mãe de 10mg do látex, em que foi feita uma diluição para 1,25; 2,5; 5mg/L e acrescentou de DXR a 0,4mM. Uma vez que o látex apresenta coloração branca, quando diluído em água observa-se o extrato turvo. Uma vez que o espectrofotômetro é sensível a cores e à luz, a coloração turva daria um falso positivo, dessa forma foi realizada a leitura da interferência do látex que seria a solução do látex em água sem reagentes.

Para o controle positivo do procedimento, foram utilizadas soluções padrão de quercetina nas mesmas concentrações dos extratos da planta, importante para se comparar o percentual de inibição com o branco, sendo a água destilada mais o reagente DPPH para análises isoladas e para as associadas DXR a 0,4 mM e o reagente DPPH (0,004%).

O cálculo do percentual do sequestro de radical livre foi calculado seguindo a equação 2:

$$\% AA \left(\frac{A_0 - A}{A_0} \right) = \times 100 \text{ (Equação 2)}$$

Em que %AA: percentual da atividade antioxidante (%); A₀: absorbância do DPPH de controle; A: absorbância da amostra juntamente com DPPH. O %AA corresponde à quantidade de DPPH consumida pelo antioxidante, sendo que essa quantidade necessária para decrescer a concentração inicial de DPPH em 50% é chamada de concentração inibitória (IC₅₀). Quanto maior o consumo de DPPH pela amostra, maior sua atividade antioxidante (AA) (SOUSA *et al.*, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

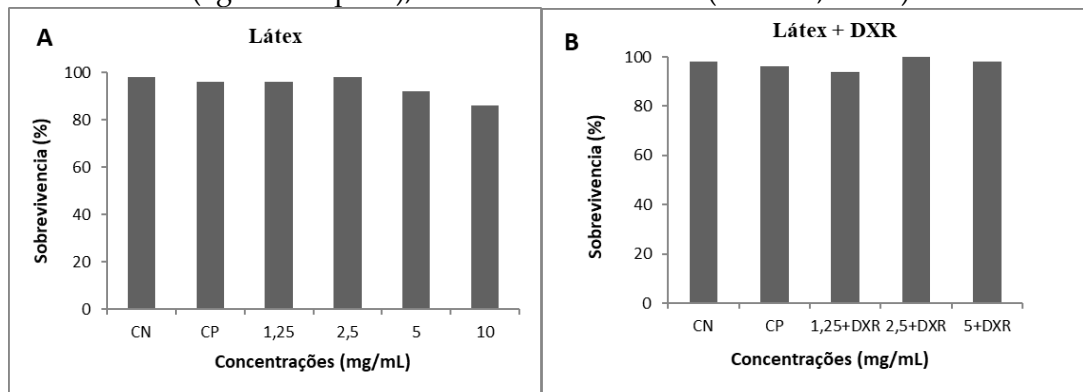
3.1 ESTUDO GENÉTICO: TOXICIDADE

Em *D. melanogaster*, primeiramente, foi avaliado o teste de toxicidade das diferentes concentrações do extrato aquoso isoladas (1,25; 2,5; 5 e 10 mg/mL) e associadas a DXR (1,25; 2,5; 5 mg/mL) para detecção da viabilidade dessas concentrações. A avaliação foi considerada a partir das 50 larvas por frascos que foram expostas ao composto até atingirem a fase adulta, sendo este o percentual de sobrevivência.

Demir *et al.* (2013) e Vasconcelos (2016) relatam que a sobrevivência acima de 75% de moscas adultas assegura um grande número de indivíduos para análise, podendo ser utilizada para análise do ETT. O Gráfico 1 mostra a elevada taxa de sobrevivência de moscas que atingiram a fase adulta e menor taxa de mortalidade; acima

de 86 % para os dois controles (negativo e positivo) e das quatro concentrações isoladas e em associação com DXR. Os dados ressaltados a seguir não afetaram o desenvolvimento das larvas, podendo assim ser utilizadas na realização do ETT.

Gráfico 1: Taxas de sobrevivência (%) de indivíduos resultantes do teste de tumor epitelial após exposição a diferentes concentrações de látex (mg/mL) isoladamente (A) e látex em combinação com DXR (doxorubicina - 0,4 mM)(B). CN: Controle Negativo (água ultrapura); CP: Controle Positivo (DXR - 0,4 Mm)



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.1.1 Teste de Tumor Epitelial (ETT)

A Tabela 1 mostra o percentual de redução dos tumores encontrados nas diferentes partes do corpo da *D. melanogaster*, tratadas com as concentrações do látex de *H. obovatus* (1,25; 2,5; 5 e 10 mg/mL) isoladas e (1,25; 2,5; 5 mg/mL) associadas, e os respectivos controles negativo e positivo.

AVALIAÇÃO DO EFEITO CARCINOGENICO E/OU ANTICARCINOGENICO DO LÁTEX DE *HIMANTHUS OBOVATUS* EM CÉLULAS SOMÁTICAS DE *DROSOPHILA MELANOGASTER* E O TEOR DE SUA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, FLAVONOIDES TOTAIS E TANINOS TOTAIS

Tabela 1: Resumo dos resultados obtidos com o Teste de Tumores Epiteliais (ETT) em *Drosophila melanogaster* após tratamento crônico das larvas com diferentes concentrações do látex de *Himatanthus obovatus*, água ultrapura (controle negativo) e Doxorubicina 0,4 mM (DXR - controle positivo)

Tratamentos mg/mL	DXR mM	Número de moscas	Frequência de tumores analisados (total de tumores)						Frequência de tumores	Redução (%)
			Olhos	Cabeça	Asas	Corpo	Pernas	Halteres		
Controle negativo		200	0,010 (02)	0,000 (00)	0,015 (03)	0,050 (10)	0,000 (00)	0,010 (02)	0,085 (17)	
Látex 1,25		200	0,000 (00)	0,005 (01)	0,015 (03)	0,025 (05)	0,005 (01)	0,025 (05)	0,075 (15)	
Látex 2,5		200	0,000 (00)	0,010 (02)	0,025 (05)	0,030 (06)	0,005 (01)	0,005 (01)	0,025 (15) *	
Látex 5,0		200	0,000 (00)	0,010 (02)	0,010 (02)	0,055 (11)	0,005 (01)	0,000 (00)	0,080 (16)	
Látex 10,0		200	0,015 (03)	0,010 (02)	0,010 (02)	0,085 (17)	0,005 (01)	0,000 (00)	0,125 (25)	
Controle positivo	0,4	200	0,010 (02)	0,025 (05)	0,035 (07)	0,525(105)	0,030 (06)	0,005 (01)	0,630(126)*	85
Látex 1,25	0,4	200	0,030 (06)	0,000 (00)	0,030 (06)	0,035 (07)	0,000 (00)	0,000 (00)	0,095 (19)**	87
Látex 2,5	0,4	200	0,030 (06)	0,015 (03)	0,015 (03)	0,020 (04)	0,000 (00)	0,005 (01)	0,085 (17) **	89
Látex 5,0	0,4	200	0,000 (00)	0,000 (00)	0,015 (03)	0,035(07)	0,000 (00)	0,020 (04)	0,070 (14)**	

Diagnóstico estatístico de acordo com o Teste de Mann Whitney.

* Diferente do controle negativo. Nível de significância $p \leq 0,05$.

** Diferente do controle positivo. Nível de significância $p \leq 0,05$.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

No controle negativo, foi observada frequência de 0,085 tumores nas moscas. Esse baixo valor de frequência na *Drosophila melanogaster* descreve que essa reduzida indução do controle negativo se dá pela predisposição genética que as moscas têm de desenvolver tumor. Já nos indivíduos tratados isoladamente com o látex, não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$), se comparadas ao controle negativo, nos indivíduos tratados com DXR isolada, na concentração de 0,4mM (controle positivo) foi obtida frequência de 0,630 de tumores, estatisticamente significativa quando comparada ao controle negativo ($p \leq 0,05$).

Pesquisas de Pereira *et al.* (2019) e Oliveira *et al.* (2019) evidenciaram aumentos significativos nas frequências de tumores ao utilizarem a Doxorrubicina comparados com o do controle positivo. O mecanismo de ação da doxorrubicina pode causar citotoxicidade nos organismos, pois há alteração do DNA, inibição de enzimas e indução ao estresse oxidativo. Além disso, o ciclo redox desse composto pode gerar complexos Doxferro que provocam alterações mitocondriais e o dano causado pelos radicais livres gerados.

Para os indivíduos tratados com o látex em associação à DXR, foram observadas frequências totais de 0,095, 0,085 e 0,070 para as concentrações de 1,25; 2,5 e 5,0 mg/mL, respectivamente. Foi observada redução da dose resposta estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) da frequência de tumores quando comparados ao controle positivo. De acordo com ROHENKOHL *et al.* (2011), a atividade anticarcinogênica pode ser justificada pela atividade antioxidante, pois consegue controlar o crescimento tumoral sem a produção de toxicidade.

Sousa (2009) atestou a atividade anticancerígena *in vivo*, pelo teste de Carcinoma de Ehrlich; apenas os animais tratados com a maior dose do látex apresentaram redução significativa dos tumores. Para o Sarcoma 180, apesar de ter apresentado uma redução dos pesos médios dos tumores, o látex não apresentou resultado estatisticamente significativo. Foram utilizados camundongos albinos Swiss machos (*Mus musculus*).

Fonseca (2018) comprovou citotoxicidade pelo método de MTT *in vitro* dos extratos obtidos das folhas da *H. drasticus*, HDFH e HDFE. Aresentou resultados promissores de inibição das células cancerígenas das linhagens HCT-116 (câncer de Colo), SF-295 (câncer de cérebro) e PC-3 (câncer de próstata).

Sendo assim, a atividade moduladora e possível atividade anticarcinogênica evidenciada na Tabela 1 podem ser devido à presença de compostos antioxidantes, como flavonoidese taninos, presentes no látex de *Himatanthus obovatus*. Nessa perspectiva, verificou-se a necessidade do estudo químico, através de análise qualitativa e quantitativa de flavonoides e taninos no látex, para comprovar a sua influência da atividade moduladora, e possível anticarcinogenicidade verificada anteriormente.

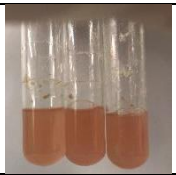


Observa-se que os resultados evidenciam que o látex associado a DXR nas concentrações testadas apresentou efeito modulador dos danos induzidos pelo mutágeno Doxorrubicina em células somáticas de *D. melanogaster*.

3.2 ESTUDO QUÍMICO

3.2.1 Identificação de metabólitos especiais: análise qualitativa

Os resultados para prospecção química de metabólitos especiais presentes no látex de *Himatanthus obovatus* mostram-se positivos para flavonoides, cumarinas e taninos condensados. As evidências e os testes realizados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da prospecção química de metabólitos especiais presentes no látex de *Himatanthus obovatus*

Metabólito	Teste	Evidência	Resultado	Foto
Flavonoides	Shinoda	coloração avermelhada	++	
	NP/PEG	fluorescência em luz UV ($\lambda \sim 365$ nm)	++	
Cumarinas	KeellerKilliani	anel castanho avermelhado	++	
		solução verde azulada	++	
	NaOH e Metanol	fluorescência em luz UV ($\lambda \sim 365$ nm)	--	
Taninos	Reação com FeCl ₃	Coloração Azul-Taninos Hidrolisados	++	
		Coloração Verde - Taninos Condensados		

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A presença de flavonoides e taninos também foi relatada por Santos *et al.*, (2021), o que corrobora os resultados obtidos neste estudo. Já a presença de cumarinas não foi relatada na literatura para a espécie em estudo, todavia, Coutinho (2013) evidenciou presença moderada de taninos para *Himatanthus drasticus*.

A presença ou a ausência de determinado grupo de metabólitos especiais e outros constituintes específicos nas plantas podem sinalizar preliminarmente as funções terapêuticas atribuídas a elas e ainda para um possível marcador químico. Lima e Bezerra (2012) relataram importantes atividades biológicas atribuídas aos compostos fenólicos, como flavonoides e taninos, como ações antialérgicas, antivirais, anti-inflamatórias e vasodilatadoras. O maior interesse tem sido na atividade antioxidante dos flavonoides, devido à sua capacidade de inibir e/ou reduzir a formação de radicais livres.

Os efeitos antioxidantes dos flavonoides podem ser explicados por sua prevenção à peroxidação lipídica através do aprisionamento de radicais de iniciação lipídica, como superóxido, hidroxil e hidroperóxil, conforme mostrado na Figura 2 (DENISOV; AFANAS'EV, 2005).

Figura 2: Reação dos flavonoides com os radicais livres peroxil (ROO•) e hidroxil (HO•)

Fonte: Denisov; Afanas'ev, 2005 *apud* Lima; Bezerra, 2012.

3.2.2 Análise Quantitativa de metabólitos secundários

Após análise das amostras por espectrofotometria, foi criada a curva de calibração para determinação de flavonoides totais e obteve-se a equação da reta expressa por $Y = 0,0451x + 0,2239$, quercetina em mg/mL, com $R^2 = 0,9762$. Para a análise, foi utilizado o padrão de quercetina e cloreto de alumínio 5%.

O teor de flavonoides totais obtidos pelo látex de *H. obovatus* avaliados por Ramada *et al.* (2021) apresentou teor de 7,88%. Comparado com os resultados obtidos neste estudo, que foram de 12,65%, observa-se uma variação de aproximadamente 60% maior que os dados obtidos por Ramada e outros. Essa diferença pode ser explicada pelo clima, temperatura e/ ou região da coleta.

Vauzour *et al.* (2010) afirma que o flavonoide está entre os agentes quimiopreventivos devido à sua capacidade de induzir a apoptose das células tumorais, de impedir a invasão de angiogênese e tumor de células e de inibir a proliferação dessas células.

A referida planta em estudo, por apresentar esses metabólitos, é capaz de atuar na quimioprevenção como visto no ETT, pois, de acordo com Degáspari e Waszczyński (2004), as atuações dos flavonoides como antioxidantes ajudam a inibir a oxidação de moléculas como o DNA, bem como as divisões celulares rápidas e desorganizadas que geram os tumores. Para melhorar a atividade antioxidante, portanto, os flavonoides devem atuar juntamente com outros metabólitos especiais antioxidantes, por isso se fez necessário analisar o teor de taninos totais, bem como a sua atividade antioxidante total.

A quantificação de taninos foi obtida pela secagem do extrato até a massa constante. As amostras foram pesadas, e os cálculos para encontrar o teor total de taninos foram feitos. O teor de taninos totais no látex de *H. obovatus* apresentou valor de 3,05%. Isso significa que a planta, além de ter flavonoides, possui taninos em sua composição, metabólitos esses que auxiliam na atividade antioxidante do extrato no organismo modelo.

Ramada *et al.* (2021) evidenciou a quantidade de taninos presentes no látex de *H. obovatus*, (2021), apresentando teores de taninos de (14,81 mg/mL), que representam 1,481% em percentual de taninos. Portanto, observa-se que os resultados encontrados neste trabalho são plausíveis e representam uma quantidade superior a esse grupo quando comparados ao trabalho de Ramada *et al.* (2021).

Após o preparo das soluções em diferentes concentrações do extrato para a análise da atividade antioxidante, foi possível observar, depois do período de reação de 30 minutos, a mudança de coloração de substância de púrpura para amarelo, elevando a remoção à medida que a concentração de extrato aumentava de 1,25 mg/mL a 10 mg/L. Foi feita a leitura da absorbância no espectrofotômetro na curva de 517nm de uma mistura de DPPH (0,004%) com água destilada e utilizada com o branco para realizar os

cálculos da atividade antioxidante do padrão de quercetina e dos extratos do látex. Os valores obtidos estão representados na Tabela 3 e 4.

Tabela 3: Atividade antioxidante obtida no padrão de quercetina

Concentração da quercetina(mg/mL)	Abs 517nm	Atividade Antioxidante (%)
1,25	0,013	91,33
2,5	0,017	88,66
5	0,024	84,00
10	0,039	74,00

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Tabela 4: Atividade antioxidante obtida na análise isolada do látex de *Himathantus obovatus* associada à Doxorubicina

Concentração da amostra (mg/mL)	Abs do látex 517nm	Abs da Interferência	Resultado Isolado	Atividade antioxidante (%)
1,25	0,307	0,227	0,08	46,67
2,5	0,521	0,484	0,037	75,33
5	0,936	0,917	0,019	87,33
10	1,717	1,694	0,023	84,67
Associado látex + DXR	Abs Associado	Abs interferência	Resultado Associado	Atividade antioxidante (%)
1,25	2,215	0,402	1,813	10,65
2,5	2,378	0,664	1,714	15,52
5	2,459	0,936	1,523	24,94

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

O referido extrato apresentou atividade antioxidante a partir da concentração de 1,25 mg/mL, com valores correspondentes a 46,67%, atingindo maior atividade antioxidante de 87,33% na concentração de 5 mg/mL. O decaimento do percentual oxidativo do extrato na concentração de 10 mg/mL pode ser explicado por um possível efeito platô, em que ocorre a paralisação ou a diminuição da atividade antioxidante. Para a justificativa desse efeito, a concentração do látex deveria ser maior do que 10mg/mL.

As substâncias existentes no látex possuem a capacidade de reagir com o radical livre instável do DPPH e convertê-lo no 2,2-difenil-1-picrilhidrazina. Além disso, em relação ao controle positivo de quercetina, considerando-se como 100% a remoção total média de 84,49%, o látex isolado apresentou valor médio de 73,50%, o que representa 78,99 % do potencial antioxidante da quercetina. Observa-se, na Tabela 4, o látex associado a DXR, quanto maior a concentração do látex, maior a redução dos radicais livres, obtendo maior atividade antioxidante e conseqüentemente ação anticarcinogênica.

Por meio dos valores de concentração do extrato e %AA, foi realizada regressão linear, a qual gerou a equação $y = 16,487x + 16,268$ com R^2 0,8213, pela qual o IC_{50} calculado foi de 2,05 mg/L. Os Ramada *et al.* (2021) encontraram o IC_{50} de (178.88 ug/mL), que representa 0,178 mg/mL.

De acordo com Sousa *et al.* (2007), quanto menor o IC₅₀, maior é a atividade antioxidante, então, a partir dessa afirmação, dos dados obtidos na literatura e dos resultados desta pesquisa, pode-se afirmar que a atividade antioxidante do látex de *H. obovatus* é extremamente satisfatória.

4 CONCLUSÃO

A partir do estudo do látex de *Himathantus obovatus*, pôde-se concluir: (i) o látex possui atividade anticarcinogênica, uma vez que ocorreu diminuição significativa ($p \leq 0,05$) na frequência de tumores, comparadas ao controle positivo, DXR; (ii) estão presentes no látex os metabólitos flavonoides, taninos e cumarinas; (iii) a quantidade de teores de flavonoides totais foi de 12,65% e para taninos de 3,05%. A atividade antioxidante máxima do látex foi de 87,33%, com concentração de 5 mg/mL do potencial antioxidante com IC₅₀ de 2,05 mg/L.

Em função dos resultados no presente trabalho, pode-se dizer que o látex de *Himatanthus obovatus* apresentou atividade anticarcinogênica nas concentrações 1,25; 2,5 e 5 mg/mL devido à presença de flavonoides e taninos que exerceram efeito antioxidante.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Lista consolidada das DCB Plantas Medicinais atualizada em agosto de 2021**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/dcb>.

BARBOSA, F. H. **Avaliação da atividade anti-inflamatória do óleo essencial de *Psidium myrtoides* O. Berg em linhagem transgênica de *Drosophila melanogaster***. 2019. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/30907>.

CARMO, S. J. E. *et al.* Caracterização Anatômica de Folhas Adultas de *Himatanthus obovatus* (M. Arg.) Wood. (Apocynaceae). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 56., 2005, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: SIC-UEG, 2005. 1 p.

COUTINHO, G. S. L. **Bioprospecting leaves, barks and latex vegetable king *Himatanthus drasticus* (Frangipani)**. 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente), Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2013.

REZENDE, A. A. A. de *et al.* A comparative study of the modulatory effects of (-)-cubebin on the mutagenicity/recombinogenicity induced by different chemical agents. **Food and Chemical Toxicology**, [S. l.], v. 55, p. 645-652, maio 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.01.050>.

DEMIR, E. *et al.* Mutagenic/recombine genetic effects of four lipid peroxidation products in *Drosophila*. **Food And Chemical Toxicology**, [S. l.], v. 53, p. 221-227, mar. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.053>.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, jun. 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v5i1.540>.

EEKEN, J. C. *et al.* Induction of epithelial tumors in *Drosophila melanogaster* heterozygous for the tumor suppressor gene *wts*. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, [S. l.], v. 40, n. 4, p. 277-82, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/em.10119>.

FONSECA, R.; GIOTTO, A. C. Utilização e conhecimentos de discentes sobre plantas medicinais e fitoterápicos. **Revista de Iniciação Científica e Extensão**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 613-23, 2021. Disponível em: <https://revistasfasesa.senaaires.com.br/index.php/iniciacao-cientifica/article/view/322>.

FONSÊCA, T. R. **Estudo fitoquímico e antitumoral in vitro da fração ativa metanólica do extrato etanólico das folhas de himatanthus drasticus (HDFE-M2)**. 2018. 8 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Exatas e Naturais), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**. 3. ed. Nova Iorque: Claredon Press, Oxford, 2000.

LIMA, F. O.; BEZERRA, A. S. Flavonoides e radicais livres. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 111-124, 2012.

MEDEIROS, J. de D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies**. Brasília: MMA/SBF, 2011.

MOARES, I. B.; KARSTEN, J.; CASALI, M. P. M. Uso de plantas medicinais em regiões de cerrado. **Revista das Ciências da Saúde do Oeste Baiano**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 34-57, 2016.

NASCIMENTO, J. C. *et al.* Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH e doseamento de flavonóides totais em extratos de folhas da *Bauhinia variegata* L. **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, v. 92, n. 4, p. 327-332, jan. 2011.

NEPOMUCENO, J. C. Using the *Drosophila melanogaster* to assessment carcinogenic agents thought the test for detection of epithelial tumor clones (warts). **Advanced Techniques in Biology & Medicine**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 2-8, 2015. Disponível em: <https://www.longdom.org/open-access/using-the-emdrosophila-melanogasterem-to-assessment-carcinogenic-agents-through-the-test-for-detection-of-epithelial-tum-42338.html>.

OLIVEIRA, A. S. *et al.* Flavonoides totais e atividade antioxidante total do extrato etanólico de *Hedychium coronarium* (j. koenig) e avaliação anticarcinogênica em células somáticas de *Drosophila melanogaster*. **Perquirere**, Patos de Minas, v. 16, n. 1, 2019.

PEREIRA, R. C. R. *et al.* Efeito modulador do extrato etanólico das folhas de *Antoniaovata Pohl* (Loganiaceae) sob a ação da doxorubicina em células somáticas de *Drosophila melanogaster* e seu teor de flavonoides totais, taninos totais e atividade antioxidante. **Comine**, Patos de Minas, v. 16, n. 1, 2019.

RAMADA, J. V. S. *et al.* Phytochemical and biological activities evaluation of latex from *Himatanthus obovatus* (Muell. Arg.) Woodson (Apocynaceae). **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 15, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36560/15120221498>.

ROHENKOHL, C. C. *et al.* Consumo de antioxidantes durante tratamento quimioterápico. **Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 107-112, jun. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-67202011000200004>.

SANTOS, B. N. G. *et al.* *Physalis peruviana* L.: applicability perspective in cancer treatment. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 10, e129101018700, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18700>.

SAVI, P. R. S. *et al.* Análise de flavonoides totais presentes em algumas frutas e hortaliças convencionais e orgânicas mais consumidas na região sul do Brasil. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 275-287, mar. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/demetra.2017.22391>.

SILVA, C. E. L. *et al.* Avaliação da atividade antioxidante e teor de compostos fenólicos em extrato metanólico obtido de folhas da *Commiphora myrrha*. **Semana: Ciências Exatas e Tecnológicas**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 117-124, jun. 2013. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/10840/13257>.

SPANÓ, M. A. *et al.* Recombinagenic activity of four compounds in the standard and high bioactivation crosses of *Drosophila melanogaster* in the wing spot test. **Mutagenesis**, [S. l.], v. 16, p. 385-394, set. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/mutage/16.5.385>.

SOUSA, M. A. M. **Avaliação das atividades angiogênica / antiangiogênica e mutagênica / antimutagênica do látex do *Himatanthus obovatus* (Tiborna)**. 2017. 56 f. Dissertação (Mestrado em Curso de Ciências Ambientais e Saúde), Escola de Ciências Médicas, Farmacêuticas e Biomédicas, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2017. Disponível em: <http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/handle/tede/3678>.

SOUSA, C. M. M. *et al.* Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351-355, abr. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200021>.

SOUSA, E. L. **Avaliação da atividade antitumoral de *Himatanthus drasticus* (Mart.) Plumel Apocynaceae (Janaguba)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/3261>

VASCONCELOS, M. A. **Avaliação do efeito carcinogênico de edulcorantes por meio do teste para detecção de clones de tumores epiteliais (warts) em *Drosophila melanogaster***. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/17979>.

VAUZOUR, D. *et al.* Polyphenols and human health: prevention of disease and mechanisms of action. **Nutrients**, [S. l.], v. 2, n. 11, p. 1106-1131, nov. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu2111106>.

XIA, H. *et al.* LATS1 tumor suppressor regulates G2/M transition and apoptosis. **Oncogene**, [S. l.], v. 21, n. 8, p. 1233-1241, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sj.onc.1205174>.

WISSING, A. The utilization of bark II: investigation of the stiasny-reaction for the precipitation of polyphenols in pine bark extractives. **Svensk Papperstidning**, Estocolmo, v. 58, n. 20, p. 745-750, 1955.

Cultura de soja: influência da aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em condições de casa de vegetação

Soybean culture: influence of the cobalt, molybdenum and nickel application under greenhouse conditions

GUSTAVO VARGAS SILVA

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)
E- mail: pedroferruzzi@unipam.edu.br

LUÍS HENRIQUE SOARES

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

Resumo: O crescimento da produção e o aumento da capacidade produtiva da soja brasileira estão aliados aos grandes avanços científicos e à disponibilização de tecnologias no setor produtivo, como o uso de fertilizantes minerais de aplicação foliar e no solo. Os solos brasileiros são pobres em cobalto e molibdênio, principalmente os solos da região do cerrado. Assim, é de suma importância fornecê-los às lavouras via tratamento das sementes na semeadura ou via foliar. Tendo em vista essas características, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso do bioestimulante CoMoNi e do BioCoMo em diferentes doses na germinação e desempenho de plântulas quando aplicados no tratamento de sementes e na aplicação foliar. O estudo foi instalado e conduzido na estufa de vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), em Patos de Minas (MG). O plantio foi realizado no dia 10 de novembro de 2021, e foi utilizada a variedade M6210 IPRO em vasos com capacidade para 11 dm³. Inicialmente, foram semeadas dez sementes por vaso e posteriormente o desbaste para cinco plantas, quando elas se encontravam no estágio V3. Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados constituídos por cinco tratamentos e seis repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Os tratamentos constituíram de aplicações foliares e tratamento de sementes, sendo eles: T1: Controle; T2: NHT CoMoNi (Foliar); T3: NHT CoMoNi (TS); T4: NHT BioCoMo (Foliar) e T5: NHT BioCoMo (TS). Foram analisados a massa seca de raiz, o caule, a folha e o cotilédono, o volume e o comprimento de raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância e Teste Tukey a 5%. Em função dos dados obtidos, concluiu-se que a aplicação de NHT CoMoNi via tratamento de sementes na dose de 0,65 mL.kg semente⁻¹ amplificou a produção de massa de raízes e a parte aérea (massa de caule e folha).

Palavras-chave: micronutrientes; crescimento; soja.

Abstract: The growth of soybean production and the increase in the productive capacity in Brazil are allied with significant advances and the availability of technologies in the productive sector, such as the use of mineral fertilizers for foliar and soil application. Brazilian soils are poor in cobalt and molybdenum, especially in the Cerrado region. Thus, it is essential to supply them to crops through seed treatment at sowing or foliar application. In view of these characteristics, this

study aimed to evaluate the use of the bio-stimulant CoMoNi and BioCoMo at different doses in the germination and performance of seedlings when applied to seed treatment and also in foliar application. The study was installed and conducted in the greenhouse at the Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), in Patos de Minas (MG). The planting was carried out on November 10, 2021, and the M6210 IPRO variety was used in pots with a capacity of 11 dm³. Initially, ten seeds per pot were sown and subsequently thinned to five plants when they were at the V3 stage. The experimental design adopted was a randomized block design consisting of five treatments and six replications, totaling 30 experimental units. The treatments consisted of foliar applications and seed treatment, namely: T1: Control; T2: NHT CoMoNi (Foliar); T3: NHT CoMoNi (TS); T4: NHT BioCoMo (Foliar) and T5: NHT BioCoMo (TS). The dry mass of the root, stem, leaf and cotyledon as well as root volume and length, were analyzed. The data were subjected to analysis of variance and Tukey's test at 5%. Based on the data obtained, it was concluded that the application of NHT CoMoNi via seed treatment at a dose of 0.65 mL/kg seed-1 amplified the production of roots mass and shoots mass (stem and leaf).

Keywords: micronutrientes; growth; soybean.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é a principal cultura agrícola do país e um importante cereal na cadeia produtiva brasileira. Esse grão tem um peso fundamental na balança econômica comercial do Brasil e, apesar do cenário de incertezas que o agronegócio está vivenciando, como principalmente as influências negativas do clima, as expectativas estão otimistas para a safra 2021/2022 com a possibilidade de uma produção de 141,3 milhões de toneladas (CONAB, 2021). No ano de 2021, o Brasil tornou-se o maior produtor e exportador no mundo de uma das principais *commodities* mundiais (EMBRAPA, 2021).

O crescimento da produção e o aumento da capacidade produtiva da soja brasileira estão aliados aos grandes avanços científicos e à disponibilização de tecnologias no setor produtivo, como o uso de fertilizantes minerais de aplicação foliar e no solo, entre outras tecnologias (CONAB, 2021). Nesse sentido, o tratamento de sementes é uma prática cada vez mais comum, isso porque possibilita maiores chances de bom desenvolvimento inicial e estabelecimento das plantas durante seu ciclo. Além disso, apresenta baixo custo de aplicação, bom aproveitamento pela planta e maior uniformidade de distribuição (LUCHESE *et al.*, 2004).

Os solos brasileiros são pobres em cobalto e molibdênio, principalmente os solos da região do cerrado. Assim, é de suma importância fornecê-los às lavouras via tratamento das sementes na semeadura ou via foliar. Ambos os processos possuem eficiência semelhante, mas o mais frequentemente utilizado é o tratamento de sementes (DALL'AGNOL; NOGUEIRA, 2021).

O cobalto (Co) e o molibdênio (Mo) são micronutrientes primordiais para o desenvolvimento da soja pela sua importância na realização das reações bioquímicas que permitem a fixação biológica do N₂ (FBN) do ar. São requeridos em pequenas quantidades, mas são muito importantes na nutrição da soja, pois participam da redução do N₂ atmosférico em nitrogênio amoniacal (NH₄⁺), forma absorvida pelas plantas de

soja, que dispensam a adubação nitrogenada mineral (DALL'AGNOL; NOGUEIRA, 2021).

A baixa disponibilidade desses dois elementos no solo, sendo que, em falta de um, a eficiência do outro pode ser comprometida, pode levar a ocasionar a deficiência de nitrogênio, que é o nutriente exigido em maiores quantidades pela cultura da soja (DALL'AGNOL; NOGUEIRA, 2021).

O níquel (Ni) é um micronutriente bastante importante para as plantas, por ser componente estrutural das enzimas urease e hidrogenase, que exercem função no metabolismo do nitrogênio (N) nas plantas leguminosas. A aplicação de Ni feita por meio do tratamento de semente na soja pode fortalecer o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), com a finalidade de proporcionar maior desenvolvimento da parte aérea e de grãos (FRANCO, 2015).

Em função disso, fica evidente a necessidade de avaliar, em níveis bioquímicos e fisiológicos, a influência do uso de bioestimulantes e micronutrientes visando à qualidade das sementes, ao aumento no metabolismo antioxidante e ao poder produtivo da planta na cultura da soja. Tendo em vista essas características, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso do bioestimulante CoMoNi e BioCoMo em diferentes doses na germinação e no desempenho de plântulas quando aplicado no tratamento de sementes e na aplicação foliar.

2 METODOLOGIA

2.1 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO

O estudo foi instalado e conduzido na estufa de vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), em Patos de Minas (MG). O plantio foi realizado no dia 10 de novembro de 2021, e foi utilizada a variedade M6210 IPRO em vasos com capacidade para 11 dm³. Inicialmente foram semeadas dez sementes por vaso e posteriormente o desbaste para cinco plantas, quando elas se encontravam no estágio V₃.

Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados constituídos por cinco tratamentos e seis repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Os tratamentos constituem aplicações foliares e tratamento de sementes (Tabela 1).

As aplicações foliares foram feitas com o auxílio de um pulverizador costal, considerando as doses apresentadas na Tabela 1. Para o tratamento de sementes, foram aplicados 2mL.kg de semente⁻¹ de inoculante à base de *Bradyrhizobium* e de Standak Top.

Tabela 1: Descrição dos tratamentos (T) utilizados na cultura de soja no experimento “Cultura de soja: influência da aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em condições de casa de vegetação”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), Safra 2021/22

Tratamentos	Produtos	Doses
T ₁	Controle	-
T ₂	NHT CoMoNi (Foliar)	200 mL.ha ⁻¹
T ₃	NHT CoMoNi (TS)	0,65 mL.kg semente ⁻¹
T ₄	NHT BioCoMo (Foliar)	140 mL.ha ⁻¹
T ₅	NHT BioCoMo (TS)	1,15 mL.kg semente ⁻¹

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

2.2 AVALIAÇÕES

Foi realizada a coleta de quatro plantas em cada repetição para as avaliações de massa seca aos 12 e 78 dias após a semeadura (DAS). No momento da coleta das plantas, foi realizada a separação de folhas, caule, raiz e cotilédone. Posteriormente, esses órgãos foram colocados em sacos de papel individualizados, identificados e levados à estufa de secagem de ventilação forçada de ar a 65°C, até a massa constante para a determinação da massa de matéria seca. As pesagens foram realizadas em balança digital com precisão de 0,01 grama.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 FITOMASSA SECA DE RAIZ (G.PLANTA⁻¹)

Não foi verificada diferença estatística entre os tratamentos na análise feita aos 12 dias após a semeadura (DAS) (Tabela 2). Porém, aos 78 dias, os tratamentos que apresentaram a aplicação de NHT CoMoNi tanto na aplicação foliar (T₂) como no TS (T₃) apresentaram as maiores médias e se igualaram estatisticamente. Ambos os tratamentos apresentaram 24,11% e 24,46% de acréscimo quando comparados ao controle.

Tabela 2: Fitomassa seca de raiz (g.planta⁻¹) aos 12 e 78 DAS, no experimento “Cultura de soja: influência da aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em condições de casa de vegetação”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), safra 2021/22. Patos de Minas (MG), 2022

T	Especificações	Fitomassa seca de raiz	
		12 DAS	78 DAS
T ₁	Controle	0,033 a*	0,368 b*
T ₂	NHT CoMoNi (Foliar)	0,040 a	0,456 a
T ₃	NHT CoMoNi (TS)	0,043 a	0,458 a
T ₄	NHT BioCoMo (Foliar)	0,040 a	0,383 b
T ₅	NHT BioCoMo (TS)	0,043 a	0,407 ab
	DMS (g.planta ⁻¹)	0,011	0,069
	CV (%)	15,94	9,72

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.2 FITOMASSA SECA DE CAULE (G.PLANTA⁻¹)

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, considerando a análise aos 12 DAS, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, houve diferença estatística entre os tratamentos para fitomassa seca de caule aos 78 DAS. Os tratamentos T₃ (0,65 mL.kg semente⁻¹), T₂ (200 mL. ha⁻¹) e T₅ (1,15 mL.kg semente⁻¹) obtiveram maiores médias, respectivamente 23,69; 17,6 e 15,98% maior em relação ao controle.

O caule faz parte da caixa de produção na cultura de soja, pois é nesse órgão que estão inseridas as gemas que originam flores e futuras vagens. Além disso, servem de sustentação de folhas que definem a produção fotossintética. Portanto, o aumento na massa de caules pode repercutir diretamente na produtividade de grãos. Normalmente, produtos que aumentam a formação de ramificações tendem a apresentar um acréscimo no acúmulo de massa seca de caules.

Tabela 3: Fitomassa seca de caule (g.planta⁻¹) aos 12 e 78 DAS, no experimento “Cultura de soja: influência da aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em condições de casa de vegetação”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), safra 2021/22. Patos de Minas (MG), 2022

T	Especificações	Fitomassa seca de caule	
		12 DAS	78 DAS
T ₁	Controle	11,336 a*	0,556 b*
T ₂	NHT CoMoNi (Foliar)	9,857 a	0,654 a
T ₃	NHT CoMoNi (TS)	10,811 a	0,688 a
T ₄	NHT BioCoMo (Foliar)	9,026 a	0,622 ab
T ₅	NHT BioCoMo (TS)	8,956 a	0,645 a
	DMS (g.planta ⁻¹)	3,013	0,075
	CV (%)	17,44	6,91

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.3 FITOMASSA SECA DE FOLHAS (G.PLANTA⁻¹)

Para fitomassa seca de folhas, também houve diferença estatística entre os tratamentos apenas aos 78 dias após o plantio (Tabela 4). Novamente, o tratamento 3 (0,65 mL.kg semente⁻¹) se destacou obtendo resultados superiores, com incremento de 19,43% em relação ao controle. Os tratamentos 3, 2 e 5 se equipararam estatisticamente e apresentaram acréscimo de 14,65; 9,95 e 8,5%, respectivamente.

O aumento de massa seca de folha torna-se importante até o momento em que a planta atinge o IAF ótimo. Antes disso, o aumento da emissão de folhas potencializa a fotossíntese líquida de plantas.

Tabela 4: Fitomassa seca de folhas (g.planta⁻¹) aos 12 e 78 DAS, no experimento “Cultura de soja: influência da aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em condições de casa de vegetação”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), safra 2021/22. Patos de Minas (MG), 2022

T	Especificações	Fitomassa seca de folhas	
		12 DAS	78 DAS
T ₁	Controle	0,045 a*	0,525 b*
T ₂	NHT CoMoNi (Foliar)	0,052 a	0,570 ab
T ₃	NHT CoMoNi (TS)	0,056 a	0,627 a
T ₄	NHT BioCoMo (Foliar)	0,048 a	0,577 ab
T ₅	NHT BioCoMo (TS)	0,056 a	0,602 ab
	DMS (g.planta ⁻¹)	0,014	0,092
	CV (%)	16,13	9,21

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.4 FITOMASSA SECA DE COTILÉDONE (G.PLANTA⁻¹)

De acordo com a Tabela 5, o resultado para massa seca de cotilédone não se diferenciou estatisticamente. Contudo, o tratamento 5 apresentou menor média quando comparado aos demais e ao controle, apresentando redução na massa de 16,87%.

Tabela 5: Fitomassa seca de cotilédone (g.planta⁻¹) aos 12 DAS, no experimento “Cultura de soja: influência da aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em condições de casa de vegetação”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), safra 2021/22. Patos de Minas (MG), 2022

T	Especificações	Fitomassa seca de cotilédone
		12 DAS
T ₁	Controle	6,751 a*
T ₂	NHT CoMoNi (Foliar)	6,492 a
T ₃	NHT CoMoNi (TS)	6,856 a
T ₄	NHT BioCoMo (Foliar)	7,046 a
T ₅	NHT BioCoMo (TS)	5,612 a
	DMS (g.planta ⁻¹)	3,370
	CV (%)	29,77

* Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.5 VOLUME RADICULAR (G.PLANTA⁻¹)

Os tratamentos não diferiram estatisticamente em volume radicular em ambos os dias analisados (Tabela 6). Porém, vale ressaltar que houve incremento no T₅ aos 12 e 78 DAP, sendo correspondente a 1,72 e 8,33%, quando comparado ao tratamento ausente de aplicações.

Tabela 6: Volume radicular (g.planta⁻¹) aos 12 e 78 DAS, no experimento: “Cultura de soja: influência da aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em condições de casa de vegetação”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), safra 2021/22. Patos de Minas - MG, 2022

T	Especificações	Volume radicular	
		12 DAS	78 DAS
T ₁	Controle	0,242 a*	0,400 a*
T ₂	NHT CoMoNi (Foliar)	0,202 a	0,400 a
T ₃	NHT CoMoNi (TS)	0,183 a	0,400 a
T ₄	NHT BioCoMo (Foliar)	0,225 a	0,400 a
T ₅	NHT BioCoMo (TS)	0,246 a	0,433 a
	DMS (g.planta ⁻¹)	0,125	0,063
	CV (%)	33,06	8,98

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.6 COMPRIMENTO DE RAIZ (CM)

O comprimento de raiz também não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 7). Contudo, todos apresentaram médias superiores ao controle.

Tabela 7: Comprimento de raiz (cm) aos 12 DAS, no experimento: “Cultura de soja: influência da aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em condições de casa de vegetação”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), safra 2021/22. Patos de Minas (MG), 2022

T	Especificações	Comprimento de raiz
		12 DAS
T ₁	Controle	69,466 a*
T ₂	NHT CoMoNi (Foliar)	79,066 a
T ₃	NHT CoMoNi (TS)	70,366 a
T ₄	NHT BioCoMo (Foliar)	74,133 a
T ₅	NHT BioCoMo (TS)	74,266 a
	DMS (cm)	10,39
	CV (%)	8,18

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Conforme apresentado nas Tabelas 2, 3 e 4, houve diferença estatística para as variáveis analisadas somente aos 78 dias após a semeadura. De modo geral, o uso de NHT CoMoNi foi mais interessante tanto na aplicação foliar quanto no tratamento de semente, quando comparado ao uso de BioCoMo. Isso pode ser justificado pelo fato de que a aplicação de Mo e Co na soja interferem na melhor absorção dos nutrientes pela cultura (CAMPOS; GNATTA, 2006; GRIS; CASTRO; OLIVEIRA, 2005). Além disso, o uso de Mo e Co via TS pode causar, devido ao pH, ação bactericida para os microrganismos usados na inoculação (SILVA *et al.*, 2011). Contudo, isso não ocorreu neste estudo, sendo que o uso de CoMoNi via TS apresentou os melhores resultados.

4 CONCLUSÃO

Em função dos dados obtidos, constatou-se que a aplicação de NHT CoMoNi via tratamento de sementes na dose de 0,65 mL.kg semente⁻¹ amplificou a produção de massa de raízes e a parte aérea (massa de caule e folha).

REFERÊNCIAS

CAMPOS, B. H. C. de; GNATTA, V. Inoculantes e fertilizantes foliares na soja em área de populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 69-76, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000100008>.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 10, décimo primeiro levantamento, agosto. 2021.

DALL'AGNOL, A.; NOGUEIRA, M. A. **Cobalto e molibdênio, parceiros na fixação biológica do nitrogênio**. Canal Rural, 2021. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2021/03/01/cobalto-e-molibdenio-parceiros-na-fixacao-biologica-do-nitrogenio/>.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo**. Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>.

FRANCO, G. C. **Tratamento de sementes de soja com níquel para o aumento da fixação biológica e atividade da urease**. 2015. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64134/tde-19052015-143424/pt-br.php>.

GRIS, E. P.; CASTRO, A. M. C.; OLIVEIRA, F. F. Produtividade da soja em resposta à aplicação de molibdênio e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 151-155, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000100017>.

LUCHESE, A.V. *et al.* Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 6, p. 1949- 1952, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600044>.

SILVA, A. F. da; SCHONINGER, E. L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; CARVALHO, M. A. C. de; DALCHIAVON, F. C.; NOETZOLD, R. Inoculação com bradyrhizobium e formas de aplicação de cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 98-104, 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/829>.

LUCHESE, A.V. *et al.* Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 6, p. 1949-1952, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600044>.

Desenvolvimento e produtividade do morangueiro submetido a diferentes doses de *Azospirillum brasilense*

Development and productivity of strawberry plants subjected to different doses of Azospirillum brasilense

FLÁVIA MARINA SOUSA CORRÊIA

Discente 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 morangueiro apresenta elevada importância econômica e social e, apesar de o Brasil apresentar condições favoráveis para a cultura, ainda desfruta de uma baixa produção comparada com a de outros países. Nesse sentido, o uso de *Azospirillum brasilense* destaca-se pela eficiência de seus mecanismos de ação referente ao desenvolvimento radicular oriundo da produção de hormônios, conseqüentemente, propiciando maior desenvolvimento da parte aérea da planta e maximização na produtividade. O objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento e a produtividade do morangueiro submetido a diferentes doses de *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido em estufa na Fazenda Experimental Canavial do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos contaram com a inoculação de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 pelo produto comercial Azos nas dosagens de 0% (0 ml), 50% (0,2 ml), 100% (0,4 ml), 125% (0,5 ml) e 150% (0,6 ml). Concluiu-se que as doses de *Azospirillum brasilense* pelo produto comercial Azos no morangueiro, nas condições deste experimento, não obtiveram resultados estatísticos significativos pela análise de variância para os parâmetros avaliados de desenvolvimento e de produtividade.

Palavras chave: *Azospirillum brasilense*; morango; produção.

Abstract: Strawberry cultivation has high economic and social importance, and although Brazil has favorable conditions for the crop, it still has low production compared to other countries. In this sense, the use of *Azospirillum brasilense* stands out for the efficiency of its mechanisms regarding root development resulting from hormone production, consequently, promoting greater development of the aerial part of the plant and maximizing productivity. The aim of this study was to evaluate the development and productivity of strawberry plants subjected to different doses of *Azospirillum brasilense*. The experimental design experiment was conducted in a greenhouse at the Experimental Canavial Farm of the University Center of Patos de Minas (UNIPAM). The experimental design adopted was completely randomized (DIC), with five treatments and four repetitions. The treatments included inoculation of *Azospirillum brasilense* Ab-V5 by the commercial product Azos at dosages of 0% (0 ml), 50% (0.2 ml), 100% (0.4 ml), 125%

(0.5 ml), and 150% (0.6 ml). It was concluded that the doses of *Azospirillum brasilense* by the commercial product Azos in strawberry plants, under the conditions of this experiment, did not obtain statistically significant results by the analysis of variance for the evaluated parameters of development and productivity.

Keywords: *Azospirillum brasilense*; strawberry; production.

1 INTRODUÇÃO

O morangueiro apresenta elevada importância econômica e social. Devido à alta demanda de mão de obra durante todo o seu ciclo, a sua produção gera emprego e renda na agricultura familiar (GOUVEA *et al.*, 2009). O aroma e o sabor agradável, além de outras características que atraem os consumidores, proporcionam uma alta rentabilidade do morango no comércio interno e externo.

No grupo das pequenas frutas, o morango é uma das espécies de maior expressão econômica, sendo o mercado de fruta fresca o mais demandado no Brasil. O fruto na forma de polpa congelada, sorvete, geleia, suco, chá, gelatina e compota também possui grande procura, exigindo maiores produtividades para atender as necessidades do comércio (ANTUNES *et al.*, 2016).

A maior produção mundial de morangos concentra-se na Ásia, com 45,9%, seguida pela América e pela Europa com 24,8% e 23,6%, respectivamente (MENDES, 2020). No Brasil, o estado de Minas Gerais é o principal produtor nacional, com 6 mil toneladas colhidas em 2007 (53,34%), acompanhado por São Paulo, com 54 mil toneladas (30%), e Rio Grande do Sul, com 27 mil toneladas (15%) (CAMARGO *et al.*, 2011).

O Brasil desfruta de condições naturais que favorecem o desenvolvimento do morangueiro em escala comercial, produzindo em média 105 mil toneladas em uma área de 4.000 hectares. No entanto, o país ainda está longe de se tornar um dos principais produtores, ocupando a singela posição de 52º produtor mundial em 2011 (ANTUNES *et al.*, 2016).

O uso desordenado de produtos químicos nos cultivos convencionais de produção de morango vem afetando relativamente a qualidade do fruto, contribuindo para riscos à saúde dos consumidores e contaminando o ambiente. O morango encontra-se na lista dos alimentos com elevados níveis de resíduos químicos (CAMARGO, 2008). Além disso, a utilização excessiva de adubação mineral nos manejos pode causar gastos descabidos e desequilíbrios no desenvolvimento da planta, favorecendo a incidência de pragas e doenças, bem como salinização do solo e poluição de ecossistemas próximos (CORDEIRO, 2018).

Novas estratégias e práticas culturais estão sendo adotadas pelos agricultores, a fim de obterem maior produção e rendimento na cultura do morango, maximizando os lucros de produção (BUBANZ *et al.*, 2019). Dessa maneira, tecnologias à base de organismos promotores de crescimento têm se mostrado benéficas ao desenvolvimento vegetativo e à produtividade do morangueiro, como o uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), que são usadas como inoculantes, favorecendo positivamente no crescimento das plantas, na conservação ambiental e na sustentabilidade biológica do solo (FLORES-FÉLIX *et al.*, 2015; NARDI *et al.*, 2016).

As bactérias do gênero *Azospirillum* sp. vem apresentando significância na agricultura, visto que atuam na redução de gastos de produção e no aumento da resistência a estresses bióticos e abióticos nas plantas, pela produção de fitohormônios que estimulam o crescimento vegetal e pela atuação na fixação biológica de nitrogênio. O *Azospirillum brasilense* destaca-se pela eficiência de seus mecanismos de ação referente ao desenvolvimento radicular oriundo da produção de hormônios, conseqüentemente, propiciando desenvolvimento da parte aérea da planta e maximização na produtividade (MOMOLI, 2018).

Pesquisas vêm sendo aplicadas em diferentes formas de cultivo do morangueiro, a fim de minimizar o uso de agrotóxicos e aumentar tanto a resistência do fruto quanto a produtividade, entretanto são escassas as literaturas em relação ao efeito do uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas na cultura do morango. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento e a produtividade do morangueiro submetido a diferentes doses de *Azospirillum brasilense*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa 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 cultivo foi em vasos de 8 litros preenchidos com solo identificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura média (LVm), areia e esterco de aves na proporção 2:1:1, respectivamente. Meses antes do plantio, foram coletadas amostras tanto do solo separado quanto do solo com a incorporação do esterco de aves e da areia para serem analisadas. O solo apresentou as seguintes características químicas: pH água 6,2; Al, Ca, Mg e K trocáveis 0,01; 2,5; 1,6 e 204,72 mg dm⁻³, respectivamente; acidez potencial (H + Al) 3,3 C; P-rem 23,94 mg L⁻¹; P-meh 1,04 mg dm⁻³; V% 58,35; e CTC_T 7,92 cmol_c dm⁻³. O solo com esterco de aves utilizado apresentou os valores: pH água 7,2; Al, Ca, Mg e K trocáveis 0,01; 3,0; 1,7 e 1543,3 mg dm⁻³; acidez potencial (H + Al) 1,6 C; P-rem 12,99 mg L⁻¹; P-meh 7,61 mg dm⁻³; V% 84,39; e CTC_T 10,25 cmol_c dm⁻³.

A partir da análise de solo, foi feita a adubação para o transplantio utilizando 16 gramas por vaso do fertilizante fosfatado (MAP) de formulação 12-16-00. Após 15 dias do transplantio das mudas, foi feita a aplicação de cobertura com ureia convencional, com 1,13 gramas por vaso.

O experimento foi realizado por um período de 60 dias, nos meses de agosto a outubro. A implantação foi feita pelo transplantio de mudas uniformizadas, sendo uma muda por vaso. A irrigação foi feita por gotejamento, com duração de quatro horas por dia aproximadamente. Utilizou-se sacos transparentes sobre o solo, a fim de minimizar plantas invasoras e doenças nos frutos e nas folhas, além de favorecer a umidade do solo por maior período de tempo.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições, em que cada repetição contou com uma planta por vaso, totalizando 20 plantas avaliadas. Os tratamentos contaram com a inoculação

de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 pelo produto comercial Azos, que possui a concentração de 5×10^8 ufc/ml, com exceção do controle que não houve inoculação (Tabela 1). As dosagens utilizadas foram de 0% (0 ml), 50% (0,2 ml), 100% (0,4 ml), 125% (0,5 ml) e 150% (0,6 ml) do produto Azos, sendo que a dose de 100% é a recomendada para a cultura.

A aplicação foi feita diretamente no solo, na base da coroa do morangueiro, por meio de uma seringa graduada, sendo preparadas caudas de 10 ml^{-1} para cada planta, com a adição de água nos tratamentos biológicos. No total, foram realizadas três aplicações, em que a primeira foi efetuada após sete dias do transplântio das mudas (DAT), a segunda e a terceira aplicadas após quinze dias (22 DAT) e trinta dias (32 DAT) da primeira aplicação, respectivamente (BUBANZ *et al.*, 2019).

Tabela 1: Descrição dos tratamentos utilizados na cultura do morangueiro no experimento de “Desenvolvimento e produtividade do morangueiro submetido a diferentes doses de *Azospirillum brasilense*”. UNIPAM, Patos de Minas (MG), 2022

Tratamento	Composição	Dose (ml/parcela)
T1	<i>Azospirillum brasilense</i> 0%	Controle
T2	<i>Azospirillum brasilense</i> 50%	0,2
T3	<i>Azospirillum brasilense</i> 100%	0,4
T4	<i>Azospirillum brasilense</i> 125%	0,5
T5	<i>Azospirillum brasilense</i> 150%	0,6

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

As avaliações de desenvolvimento do morangueiro ocorreram sessenta dias após o transplântio (DAT), com auxílio de balança digital, paquímetro e fita métrica. Nas análises de desenvolvimento, foram determinados em todas as plantas altura de parte aérea, número de trifólios, comprimento de raiz, massa de matéria fresca e massa de matéria seca, tanto de parte aérea quanto de parte radicular. Nas avaliações de produtividade, os frutos foram coletados manualmente ao atingirem $\frac{3}{4}$ da superfície de coloração vermelha, posteriormente foram determinados o número de frutos por planta, bem como a média de massa de frutos por planta, de diâmetro e de comprimento dos morangos colhidos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se o efeito das doses de *Azospirillum brasilense* pelo produto comercial Azos nos parâmetros avaliados de altura de parte aérea, número de trifólios e comprimento de raiz do morangueiro, verificou-se que os tratamentos não obtiveram resultados estatísticos significativos pela análise de variância (Tabela 1). Possivelmente, isso pode estar relacionado com o tipo da cultivar utilizada, além da compactação do solo e de uma incidência de ácaros que foi evidenciada durante as avaliações, que pode ter desfavorecido o crescimento radicular e o crescimento de parte aérea das plantas.

Bubanz *et al.* (2017), em estudo avaliando o crescimento e a produção de morangueiro através do uso de promotores de crescimento e da incorporação de silício,

evidenciaram resultados em que o tratamento com o *Azospirillum brasilense* ativo aumentou significativamente a altura de planta e número de trifólios em plantas de morangueiro inoculadas.

Tabela 2: Resumo de análises de variância para os testes de altura, número de trifólios e comprimento de raiz do morangueiro em função de diferentes doses de *Azospirillum brasilense*

Pr>Fc	Altura	Número de trifólios	Comprimento de raiz
Tratamento	0.7767	0.2737	0.7009
CV (%)	44.06	52.11	39.05

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

As diferentes doses de *Azospirillum brasilense* não propiciaram significância nos resultados estatísticos, tanto para matéria fresca quanto para matéria seca de parte radicular e aérea (Tabela 2).

Nesse contexto, Elías *et al.* (2018) observaram que as plantas de morangueiro inoculadas com *Azospirillum brasilense* (REC3) apresentaram um índice de crescimento de raízes, parte aérea e biomassa total de plantas, 68%, 48% e 51% maior que plantas controle, respectivamente.

Tabela 3: Resumo de análises de variância para os testes de matéria fresca de raiz (MFR), de matéria fresca de parte aérea (MFPA), matéria seca de raiz (MSR) e de matéria seca de parte aérea (MSPA) do morangueiro em função de diferentes doses de *Azospirillum brasilense*

Pr>Fc	MFR	MFPA	MSR	MSPA
Tratamento	0.9488	0.1916	0.8329	0.2430
CV (%)	56.31	74.07	73.17	78.26

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A análise de variância para as variáveis de produtividade não evidenciou resultados significativos entre os tratamentos testados. Esse fato, juntamente com alto valor de CV observados, podem ser justificados pela baixa produção de frutos, sendo que a maioria das plantas não produziram frutos durante o período avaliado (Tabela 3).

O curto período de duração do experimento pode ter grande influência nesses resultados. Evidenciou-se uma incidência de ácaros e desfavorecimento de desenvolvimento e produtividade das plantas de morango avaliadas. De forma análoga, Bubanz *et al.* (2019) também não observou diferença significativa entre os tratamentos usando microrganismos promotores de crescimento associados com silício nas avaliações realizadas aos 30 dias após o transplante de mudas de morangueiro.

Tabela 4: Resumo de análises de variância para os testes de número, diâmetro, comprimento e massa de frutos por planta de morangueiro em função de diferentes doses de *Azospirillum brasilense*

Pr>Fc	Número	Diâmetro	Comprimento	Massa
Tratamento	0.2898	0.2898	0.1914	0.1919
CV (%)	182.57	171.82	170.07	197.49

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

O período em que foi feito o experimento também pode ter interferido negativamente nos resultados de desenvolvimento e produtividade do morangueiro, visto que a planta prefere temperaturas mais amenas para produzir. Nessa perspectiva, pode-se perceber que as dosagens maiores tiveram melhor desempenho, sendo viável repetir o estudo com doses mais altas do produto.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que as doses de *Azospirillum brasilense* pelo produto comercial Azos no morangueiro, nas condições deste experimento, não obtiveram resultados estatísticos significativos pela análise de variância para os parâmetros avaliados de desenvolvimento e de produtividade.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, L. E. C. *et al.* **Morangueiro**. Brasília: EMBRAPA, 2016. 589 p.
- BUBANZ, H. C. S. *et al.* Crescimento, desenvolvimento e aspectos produtivos do morangueiro submetido a inoculações com *Bacillus amyloliquefaciens*, *Azospirillum brasilense* e *Trichoderma asperellum* com e sem associação ao silício. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 131-146, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2019.v22i1.572>.
- BUBANZ, H. C. S.; RAMOS, R. F.; BETEMPS, D. L. Crescimento e produção de morangueiro através do uso de *Trichoderma*, *Clonostachys rosea*, *Azospirillum* e da incorporação de silício. *In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA*, 7., 2017, Santa Catarina. **Anais [...]**. Santa Catarina: UFFS, 2017. p. 1-4. Disponível em: <https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/JORNADA/article/view/5631>.
- CAMARGO, L. K. P. *et al.* Produção de mudas de morangueiro em vasos suspensos em função da aplicação de extrato de alga *Ascophillum nodosum*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 1193-1201, jul. 2011. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_6/a4674_t7936_comp.pdf.

- CAMARGO, L. K. P. **Produtividade e qualidade de cultivares de morangueiro em sistemas orgânico e convencional na região de Guarapuava-PR**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2008.
- CASTRO, A. de. **Plataforma embarcada para monitoramento fenológico da cultura do morangueiro**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2017.
- CORDEIRO, E. C. N. **Produção e qualidade de frutos em morangueiros inoculados com fungos micorrízicos arbusculares**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2018.
- ELÍAS, J. M. *et al.* Role of ethylene and related gene expression in the interaction between strawberry plants and the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. **Plant Biology**, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 490-496, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/plb.12697>.
- FLORES-FÉLIX, J. D. *et al.* Rhizobium as plant probiotic for strawberry production under microcosm conditions. **Symbiosis**, [S. l.], v. 67, n. 3, p. 25-32, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13199-015-0373-8>.
- GERMAN, M. A.; BURDMAN, S.; OKON, Y.; KIGEL, J. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v. 32, n. 3, p. 259-264, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s003740000245>.
- GIMÉNEZ, G. *et al.* Cultivo sem solo no morangueiro. **Ciência Rural**, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 273-279, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000100048>.
- GOUVEA, A. *et al.* Controle de doenças foliares e de flores e qualidade pós-colheita do morangueiro tratado com *Saccharomyces cerevisiae*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 527-533, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000400020>.
- KAPPES, C. *et al.* Aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12., 2013, Dourados - MS. **Anais [...]**. Dourados - MS: EMBRAPA, 2013. Disponível em: <https://www.cpao.embrapa.br/cds/milhosafrinha2013/PDF/20.pdf>.
- LINO, A. C. M. **Fixação biológica de nitrogênio em soqueira de cana de açúcar com *Azospirillum brasilense* e na compatibilidade com agroquímicos**. 2018. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21461>.

LISBOA, J. F. O. **Influência do substrato na fenologia, na biometria, na produtividade e qualidade do fruto das cultivares de morangueiro Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola**. 2017. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 2017.

MARIANO, R. de L. R. *et al.* Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 1, p. 89-111, 2004. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/70>.

MENDES, J. S. **Estudo comparativo entre diferentes dosagens de biofertilizante líquido na cultura do morangueiro orgânico**. 2020. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, 2020. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/9503>.

MOMOLI, L. W. **Crescimento e desenvolvimento de plantas de mirtilo, cultivar clímax, inoculadas com *Azospirillum brasilense***. 2018. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018. Disponível em: <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2685>.

NARDI, C. F. *et al.* Influence of plant growth regulators on Expansin2 expression in strawberry fruit. Cloning and functional analysis of FaEXP2 promoter region. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 114, p. 17-28, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.008>.

NEDERKOORN, C.; THEIBEN, J.; TUMMERS, M.; ROEFS, A. Taste the feeling or feel the tasting: Tactile exposure to food texture promotes food acceptance. **Appetite**, [S. l.], v. 120, n. 1, p. 297-301, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.09.010>.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALES, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90311-5](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90311-5).

OLIVEIRA, D. J. de A. **Análise metabolômica e de metabólitos orgânicos voláteis em plantas de cana-de-açúcar em associação com microrganismos diazotróficos**. 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado em Química), Instituto de Química e Biotecnologia, Programa de Pós-graduação em Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/1668>.

PERES, A. R. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação**: produção e qualidade fisiológica de sementes. 2014. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/111098>.

POLESI, N. P. E. **Investigação da microbiota endofítica onipresente em microplantas “axênicas”**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. Disponível em: <http://doi.org/10.11606/D.11.2010.tde-17092010-191831>.

RICHTER, A. F. **Crescimento de mudas de morangueiro através da inoculação de *Trichoderma*, Rizóbio e incorporação de silício**. 2015. 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo-RS, 2015. Disponível em: <https://rd.uffrs.edu.br/handle/prefix/958>.

ROBERTO, V. M. O; SILVA, C. D. da; LOBATO, P. N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 2429-2434. 2010. Disponível em: http://www.abms.org.br/eventos_anteriores/cnms2010/trabalhos/0568.pdf.

RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: Emater, 1998. 206 p.

VAUGHAN, J. G.; GEISSLER, C. A. **The new Oxford book of food plants**. New York: Oxford University, 1997. 237 p.

ZUFFO, A. M. **Aplicações de *Azospirillum brasilense* na cultura da soja**. 2016. 101 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia), Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11125>.

Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja

Influence of algae extract (Ascophyllum/Kappaphycus) on soybean

LETÍCIA CAMPOS DE MELO

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: leticiacm@unipam.edu.br

KARLA VILAÇA MARTINS

Professora orientadora (UNIPAM)

E-mail: karlavm@unipam.edu.br

Resumo: Na cultura da soja, fatores bióticos e abióticos não atrapalham diretamente o potencial produtivo, mas prejudicam a qualidade final do produto. Para amenizar isso, o uso de bioestimulantes vem crescendo. Esses bioestimulantes interferem no desenvolvimento fisiológico da planta e no equilíbrio hormonal. Essas substâncias têm sido consideradas insumo potencial para o incremento de produção da cultura. O objetivo deste estudo foi avaliar os benefícios do uso de extrato de alga (*Ascophyllum/Kappaphycus*) associado com nutrientes em plantas de soja. O experimento foi implantado na Fazenda Rocheto, localizada em Perdizes (MG), no mês de novembro de 2021. Foram utilizadas plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill), variedade cultivada M6210 IPRO, em delineamento experimental em blocos casualizados, constituído por seis tratamentos e cinco repetições (T₁: controle; T₂: Fision EA *Kaphaphycus alvarezzi* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 250mL ha⁻¹; T₃: Fision EA *Kaphaphycus alvarezzi* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 500mL ha⁻¹; T₄: Fision EA *Kaphaphycus alvarezzi* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 750mL ha⁻¹; T₅: Fision EA *Kaphaphycus alvarezzi* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹ e T₆: Stimulate 500mL ha⁻¹), aplicados nas plantas em pulverização no estágio V_{3/4}. Foram realizadas avaliações da enzima superóxido dismutase, do teor de peróxido de hidrogênio e da peroxidação lipídica. As avaliações de análise de crescimento foram massa seca do caule, número de nós, número de ramificações, número de vagens e massa de vagens e produtividade de sacas por hectare. Para o tratamento T₅ Fision EA *Kaphaphycus alvarezzi* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹, o melhor resultado foi superóxido dismutase e peroxidação lipídica. Nas análises de peróxido de hidrogênio e ramificação, o melhor resultado foi do T₃ Fision EA *Kaphaphycus alvarezzi* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 500mL ha⁻¹. Os tratamentos T₅ Fision EA *Kaphaphycus alvarezzi* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹ e T₆ Stimulate 500mL ha⁻¹ se destacaram na análise de número de vagens. Nas avaliações de caule, massa de vagens e produtividade, o tratamento que se destacou foi o T₂ Fision EA *Kaphaphycus alvarezzi* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 250mL ha⁻¹. Para o tratamento T₆ Stimulate 500mL ha⁻¹, o melhor resultado foi na massa seca dos grãos. A quantidade de nós não obteve diferença entre os tratamentos. Diante disso, com esse experimento, obtiveram o melhor resultado fisiológico na planta os produtos Fision EA (*Kaphaphycus alvarezzi* + *Ascophyllum nodosum*) + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹ e o Stimulate 500mL ha⁻¹. Já o resultado de crescimento e produtividade, os produtos de maior desenvolvimento foram Fision EA (*Kaphaphycus alvarezzi* + *Ascophyllum nodosum*) + Mg + N + CO 250mL ha⁻¹ e Stimulate 500mL ha⁻¹. Concluiu-se que os bioestimulantes como extratos

de algas *Ascophyllum nodosum* e *Kappaphycus alvarezii* apresentam benefícios fisiológicos no desenvolvimento da soja e, com isso, uma melhor produtividade.

Palavras-chave: bioestimulante; extrato de algas; macronutrientes; hormônio; produtividade.

Abstract: In soybean cultivation, biotic and abiotic factors do not directly affect the productive potential, but they do harm the final product quality. To mitigate this, the use of biostimulants is increasing. These biostimulants interfere with the plant's physiological development and hormonal balance. These substances have been considered a potential input for increasing crop production. The aim of this study was to evaluate the benefits of using algae extract (*Ascophyllum/Kappaphycus*) associated with nutrients in soybean plants. The experiment was carried out at Fazenda Rocheto, located in Perdizes (MG), in November 2021. Soybean plants (*Glycine max* L. Merrill), cultivated variety M6210 IPRO, were used in a randomized block experimental design, consisting of six treatments and five replicates (T₁: control; T₂: Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 250mL ha⁻¹; T₃: Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 500mL ha⁻¹; T₄: Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 750mL ha⁻¹; T₅: Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹ and T₆: Stimulate 500mL ha⁻¹), applied to plants by spraying at the V_{3/4} stage. Evaluations of the superoxide dismutase enzyme, hydrogen peroxide content and lipid peroxidation were performed. The growth analysis evaluations were stem dry weight, number of nodes, number of branches, number of pods, pod weight, and yield in sacks per hectare. For treatment T₅ Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹ the best result was obtained for superoxide dismutase and lipid peroxidation. In the analysis of hydrogen peroxide and branching, the best result was from T₃ Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 500mL ha⁻¹. Treatments T₅ Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹ and T₆ Stimulate 500mL ha⁻¹ stood out in the analysis of pod number. In the evaluations of stem, pod weight, and yield, the treatment that stood out was T₂ Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 250mL ha⁻¹. For the T₆ Stimulate 500mL ha⁻¹ treatment, the best result was obtained for grain dry weight. The number of nodes did not differ between treatments. Therefore, with this experiment, the best physiological result in the plant was obtained with the products Fision EA (*Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum*) + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹ and Stimulate 500mL ha⁻¹. In terms of growth and productivity, the products that showed the most development were Fision EA (*Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum*) + Mg + N + CO 250mL ha⁻¹ and Stimulate 500mL ha⁻¹. It was concluded that bio-stimulants such as extracts of *Ascophyllum nodosum* and *Kappaphycus alvarezii* have physiological benefits in soybean development, and thus lead to better productivity.

Keywords: bio-stimulant; algae extract; macronutrients; hormone; productivity.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta originada da China, pertencente à família Fabaceae (leguminosas). Trata-se de uma cultura de grande importância no mercado agrícola. É utilizada na alimentação e nutrição, humana e animal, na indústria química e na produção de biocombustíveis (SOARES, 2017). Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial do grão. Para a safra 2022, que se inicia em setembro de 2021 e se encerra em julho de 2022, estima-se uma produção de 125,6

milhões de toneladas, distribuída em uma área de 41,6 milhões de hectares, o que representa uma de produtividade 50,4 sc/ha (CONAB, 2022).

A cultura da soja sofre problemas com estresses bióticos e abióticos e, devido a isso, não atinge o seu potencial produtivo ou tem a qualidade final do produto prejudicada. Têm-se buscado alternativas para minimizar os efeitos causados pelo estresse. Uma dessas alternativas tem sido o posicionamento de bioestimulantes, que podem conter em sua formulação micronutrientes, aminoácidos e extrato de alga (HIRAKURI, 2021).

O uso de bioestimulantes tem sido considerado insumo potencial para incremento de produção da cultura. Os bioestimulantes são substâncias orgânicas que modificam o crescimento e atuam na transcrição do DNA da planta, formação celular, e interferem no desenvolvimento fisiológico da planta, na fotossíntese e na absorção de nutrientes. No entanto, o seu efeito vai depender de fatores como o estágio fenológico da planta e fenótipos, podendo proporcionar melhor equilíbrio hormonal, promover a divisão e o alongamento celular, síntese de clorofila e, assim, reduzir o estresse causado por efeitos bióticos e abióticos (BAZZAN, 2013).

Entre os bioestimulantes, há o extrato de alga. A alga *Ascophyllum nodosum* tem como característica o potencial de elevar o crescimento vegetal, pois os extratos derivados dessa alga são constituídos por auxinas, citocininas, giberelinas, entre outros hormônios vegetais (GEHLING *et al.*, 2017). Há também a alga *Kappaphycus alvarezii*, como sua fonte de extração de carragenana, um ficocolóide muito utilizado devido às suas propriedades emulsificante e estabilizante (COSTA, 2015).

O objetivo geral deste estudo foi avaliar os benefícios do uso de extrato de alga (*Ascophyllum/Kappaphycus*) associado com nutrientes em plantas de soja. A pesquisa ainda teve como objetivos específicos: a) avaliar como o uso de extrato de algas associado a nutrientes interfere em aspectos fenológicos e bioquímicos na cultura da soja; b) avaliar se a utilização dessa associação pode maximizar a produtividade da soja em grande escala, trazendo benefícios para o produtor e c) comparar os benefícios proporcionados pelo uso de extrato de algas associado a nutrientes e o uso de bioestimulante à base de hormônios.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO

O experimento foi instalado na Fazenda Rocheto, no município de Perdizes (MG), em novembro de 2021, localizada a 19°27'17,64" de latitude sul e 47°22'05,75" de longitude oeste, com altitude de 1084 m. O clima da região, segundo classificação de Koppen, é Aw, tropical quente úmido com inverno frio e seco, com precipitação e temperatura média no período do experimento de 1190 mm e 24,98°C, segundo dados obtidos pelas estações climatológicas INMET-EPAMIG (CORREA *et al.*, 2017).

Foi utilizada a cultura de soja, variedade cultivar M6210 IPRO, que possui grupo de maturação 6.2. Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, em que cada parcela foi composta por cinco linhas de sete metros, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas, compreendendo uma área de 17,5 m². A área

útil da parcela foi composta pelas linhas centrais, descartando um metro de cada extremidade.

Foram analisados seis tratamentos (Tabela 1) com cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. As aplicações foram realizadas no estádio V_{3/4}, com o auxílio de um pulverizador costal, utilizando volume de calda de 200 L ha⁻¹. Os demais tratamentos culturais foram realizados com auxílio de pulverizador autopropelido, sendo o manejo padrão da fazenda, não diferindo entre os tratamentos.

Tabela 1: Tratamentos a serem utilizados no experimento “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum* / *Kappaphycus*) em soja”. Safra 2021/22. Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM. Patos de Minas (MG), 2021

Trat	Descrição	Dose (mg ha ¹)
T ₁	Controle	0
T ₂	Extrato de algas + Fertilizante	250
T ₃	Extrato de algas + Fertilizante	500
T ₄	Extrato de algas + Fertilizante	750
T ₅	Extrato de algas + Fertilizante	1000
T ₆	Hormônios	500

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Como fonte de extrato de algas foi utilizado o produto Fision EA®, composto pela associação de extrato de *Kappaphycus alvarezii* e *Ascophyllum nodosum*. Já como fonte de hormônios, foi utilizado o Stimulate®, composto por citocinina, giberelina e auxina. Além disso, os fertilizantes usados foram à base de magnésio, nitrogênio e carbono orgânico.

2.2 AVALIAÇÕES

As avaliações foram feitas no Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP), localizado no Campus I do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram feitas análises de parâmetros fenométricos, metabolismo antioxidante e parâmetros de produtividade da cultura.

2.2.1 Parâmetros fenométricos

Foi realizada a coleta de quatro plantas em cada repetição para as avaliações fenométricas, quando as plantas estavam no estágio R5.5. Inicialmente foi realizada a contagem do número de nós totais, número de ramificações e o número de vagens por planta.

Posteriormente, foi realizada a separação de raízes, folhas e caule. Em seguida esses órgãos foram colocados em sacos de papel individualizados, identificados e levados à estufa de 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.

2.2.2 Metabolismo antioxidante

Para essas análises, as amostras de folhas foram coletadas 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.

As folhas foram maceradas utilizando-se de 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 atividade das enzimas superóxido dismutase, teor de peróxido de hidrogênio e conteúdo de prolina 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).

2.2.3 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

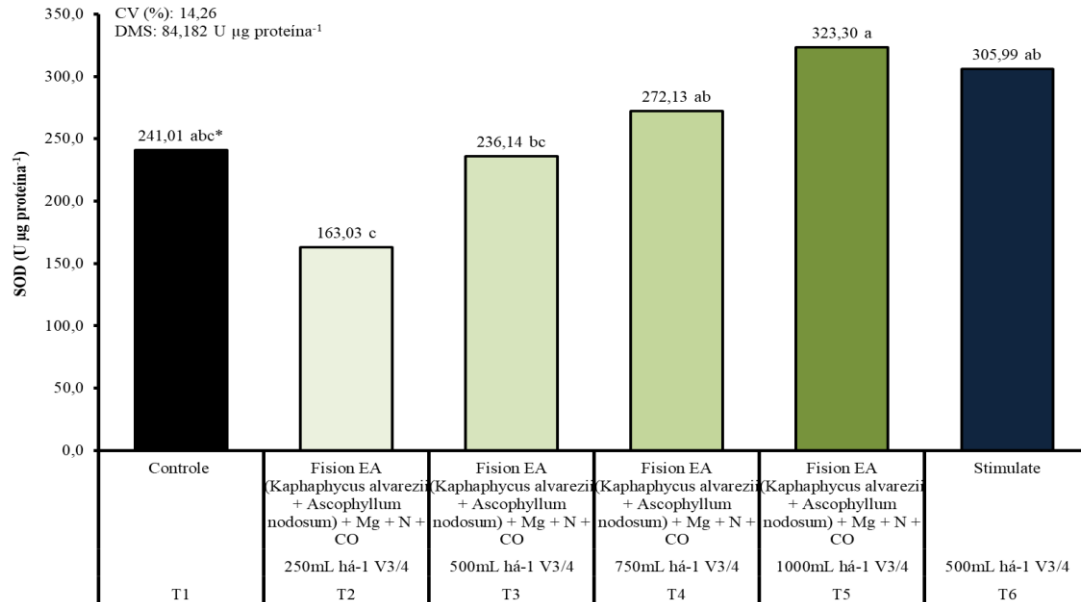
3.1 METABOLISMO OXIDANTE

3.1.1 Superóxido Dismutase (SOD)

De acordo com a Figura 1, houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados para a atividade da superóxido dismutase. O tratamento que apresentou maior aumento na atividade da SOD comparado ao controle foi o T₅ Fision EA *Kaphaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹ com 34,14% de incremento em relação ao controle na cultivar MG 6210.

A superóxido dismutase (SOD) é uma das primeiras enzimas a atuarem no sistema de defesa contra a produção de ERO em plantas. Essa enzima realiza a dismutação de duas moléculas de radicais superóxido (O₂⁻), a partir de 2H⁺. O resultado da reação é a produção de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e O₂ (GILL; TUTEJA, 2010).

Figura 1: Atividade da enzima Superóxido Dismutase (% em relação ao controle) em plantas de soja, do ensaio “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), 2021/22



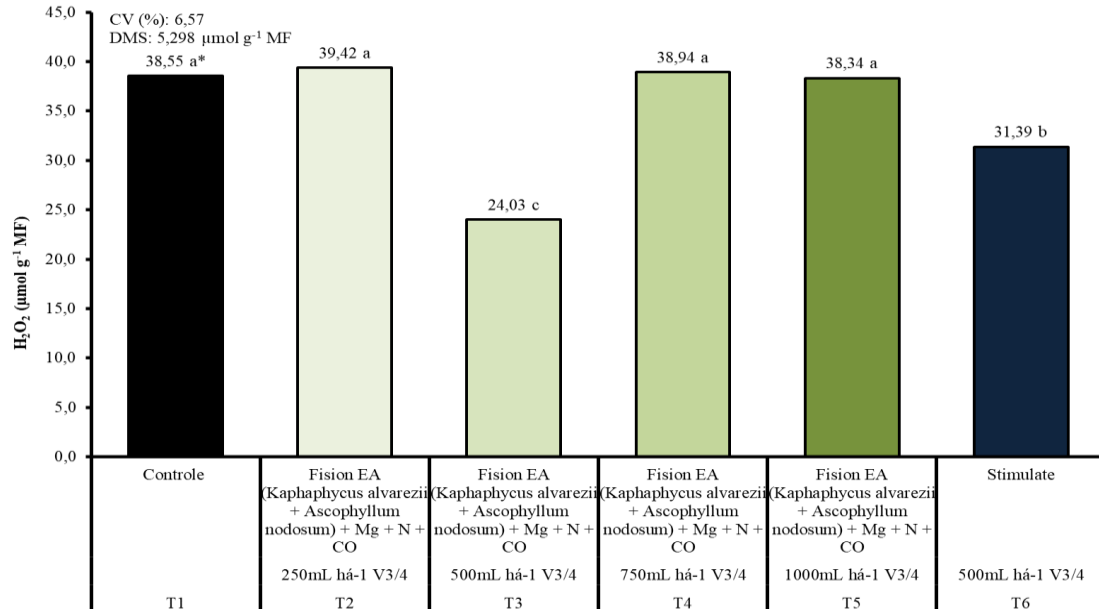
* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.1.2 Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂)

Os resultados apresentados no peróxido de hidrogênio na Figura 2 houve diferença estatística. O melhor resultado foi do produto T₃ Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 500mL ha⁻¹ que obteve menor atividade do peróxido de hidrogênio entre os tratamentos com 62,33% a menos em relação ao controle.

Figura 2: Teor de Peróxido de Hidrogênio (% em relação ao controle) em plantas de soja, do ensaio: “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), 2021/22



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A produção de peróxido de hidrogênio é o reflexo do metabolismo oxidativo das plantas. Tratamentos que apresentam elevados teores de peróxido de hidrogênio provavelmente estão sendo submetidos a intensos estresses ambientais que podem ocasionar danos em lipídeos de membrana, DNA, RNA e outras biomoléculas. Esse processo pode ser verificado com grande eficiência nos tratamentos com Kymon Plus e Axis, quando não houve estresse com glifosato.

Em resposta a muito estresse, a formação de H₂O₂ é incrementada. Nas raízes, a produção de H₂O₂ auxilia na formação de raízes laterais e na resposta gravitropica. Nas folhas, o H₂O₂ atua como mensageiro secundário no fechamento estomático, juntamente com o cálcio. Outra interação do H₂O₂ é a quebra da camada de aleurona durante a germinação, tal efeito está associado às giberelinas (NEILL *et al.*, 2002).

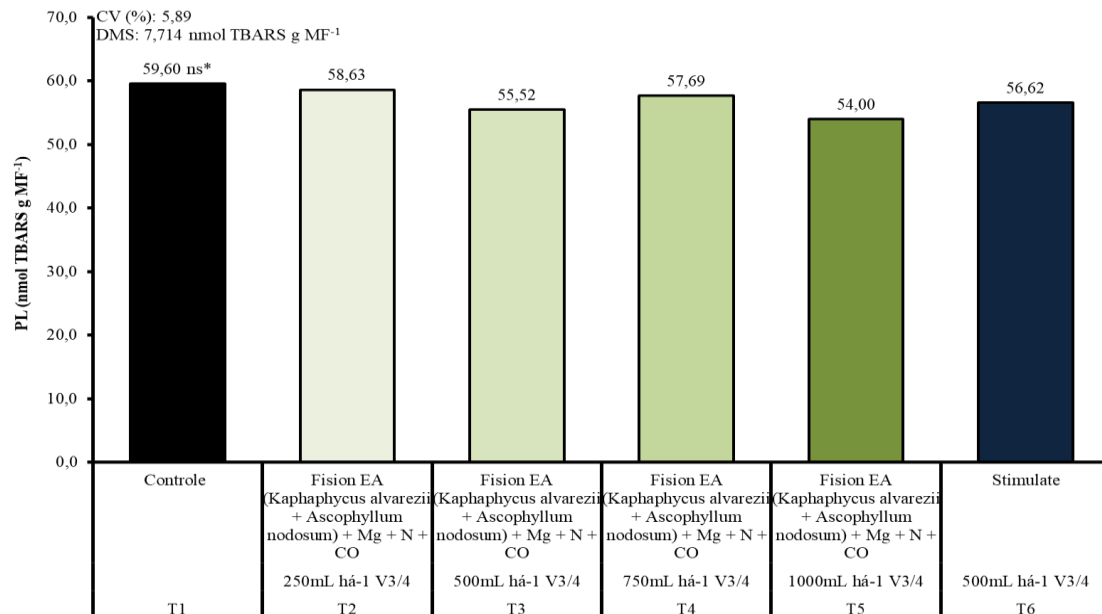
3.1.3 Peroxidação lipídica (PL)

Comparando os tratamentos com os bioestimulantes, não houve diferença estatística em relação a PL (Figura 3). Porém, no tratamento T₅ com o produto Fision EA *Kaphaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹, houve uma redução de 9,39%, comparado ao controle.

A redução no valor de PL significa um aumento na proteção de membrana celulares devido à diminuição na interação de radicais livres. Considera-se que a elevada taxa de lipoperoxidação pode induzir efeitos deletérios para as células vegetais. As espécies reativas que induzem esse processo atuam em ácidos graxos de membrana,

resultando na perda de rigidez, integridade e permeabilidade. Esse processo produz compostos carbonílicos como o monondialdeído.

Figura 3: Teor de Peroxidação Lipídica (% em relação ao controle) em plantas de soja, do ensaio “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), 2021/22



Ns*: Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.2 ANÁLISE DE CRESCIMENTO

3.2.1 Massa seca do caule

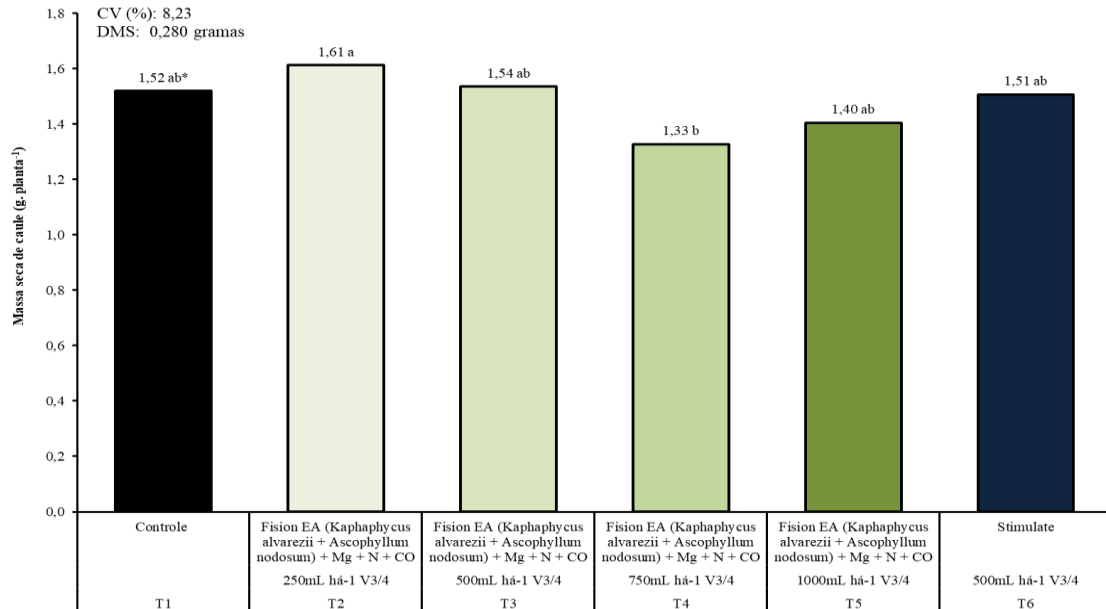
A massa seca do caule em comparação aos produtos e doses aplicadas obteve diferença estatisticamente significativa (Figura 4). O maior resultado foi o produto do tratamento T₂ Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 250mL ha⁻¹, com 5,92% de acréscimo em relação ao controle na cultivar M6210.

O caule faz parte da caixa de produção na cultura de soja, pois é nesse órgão que estão inseridas as gemas que originam flores e futuras vagens. Além disso, servem de sustentação de folhas que definem a produção fotossintética. Portanto, aumento na massa de caules pode repercutir diretamente na produtividade de grãos. Normalmente, produtos que aumentam a formação de ramificações tendem a apresentar um acréscimo no acúmulo de massa seca de caules.

De acordo com Libardoni (2022), no experimento que ele fez, o uso de extratos de algas vermelhas e algas vermelhas com algas marrons em cultivares diferentes, não houve diferença na massa seca do caule.

Figura 4: Massa seca de caule (g. planta^{-1}) em plantas de soja, do ensaio “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Patos de Minas (MG), 2021/22



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

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

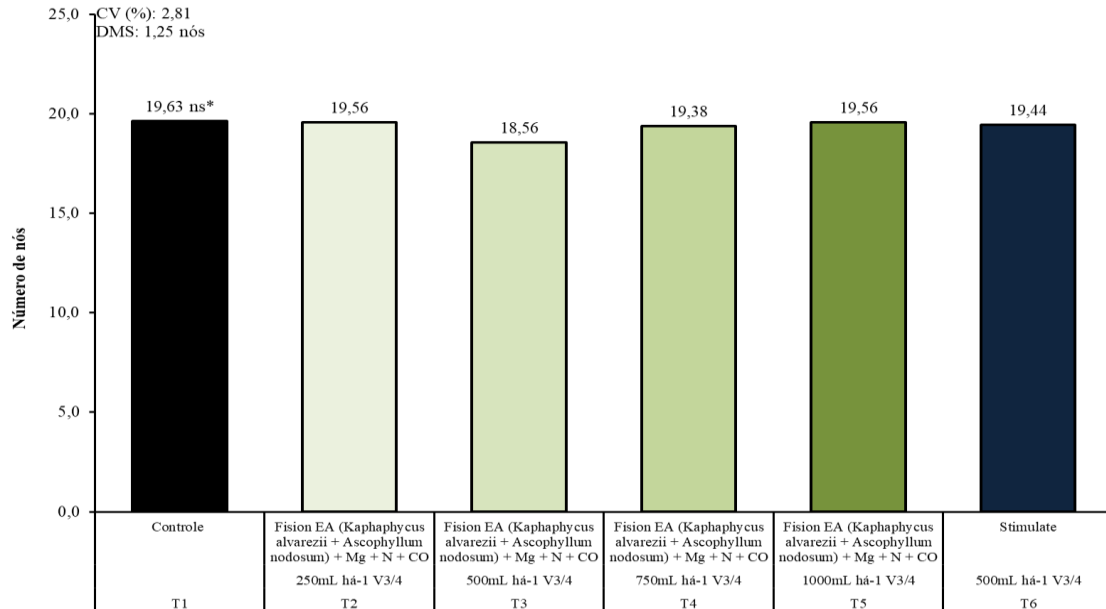
3.2.2 Número de nós

Na Figura 5, sobre a quantidade de número de nós, não houve diferença estatisticamente significativa na cultivar M6210. Em todos, houve diferença somente por alguns miligramas.

De acordo com Silva e Sponchiado (2022), o uso do extrato de algas à base de *Ascophyllum nodosum* não apresenta diferença significativa no número de nós por planta, número de vagens, número de grãos por vagens e massa de mil grãos, mesmo em outro tipo de cultivar BMX COMPACTA 65/65 RSF IPRO.

Figura 5: Número de nós em plantas de soja, do ensaio “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Patos de Minas (MG), 2021/22



Ns*: Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

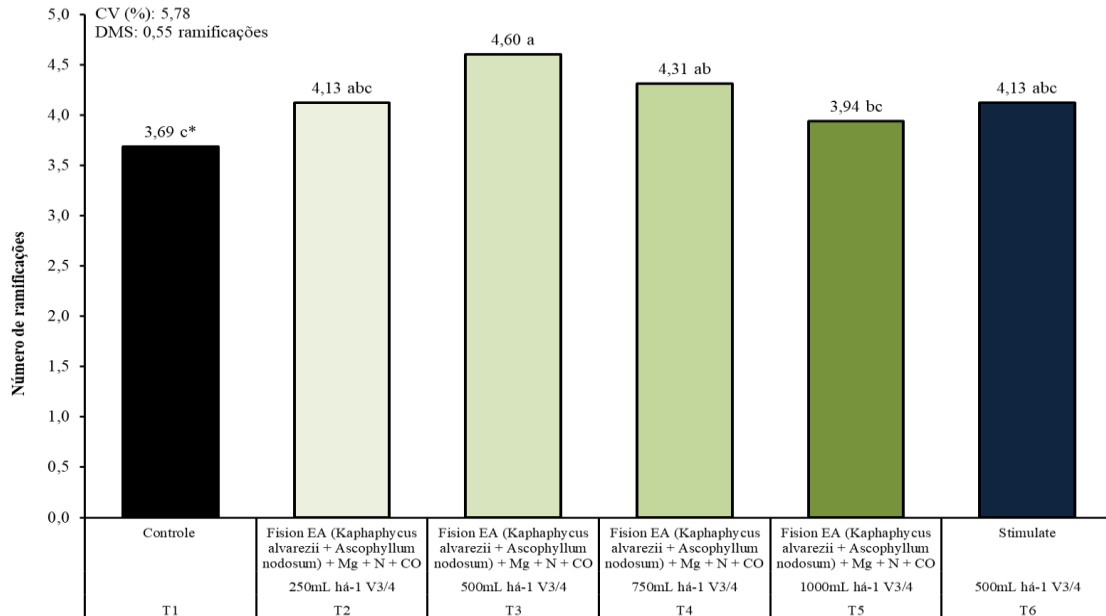
3.2.3 Número de ramificações

Sobre a quantidade de número de ramificações, houve diferença estatística (Figura 6). Com plantio no mês de novembro, quando comparado ao controle, o no tratamento T₃, sendo o produto Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 500mL ha⁻¹, houve acréscimo de 24,66% em relação ao controle.

O experimento de Santos (2020), foi usado produtos à base de bioestimulantes vegetais e fertilizantes foliares na cultura da soja e não houve diferença significativa na quantidade de ramificações.

Figura 6: Número de ramificação em plantas de soja, do ensaio “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Patos de Minas (MG), 2021/22



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

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

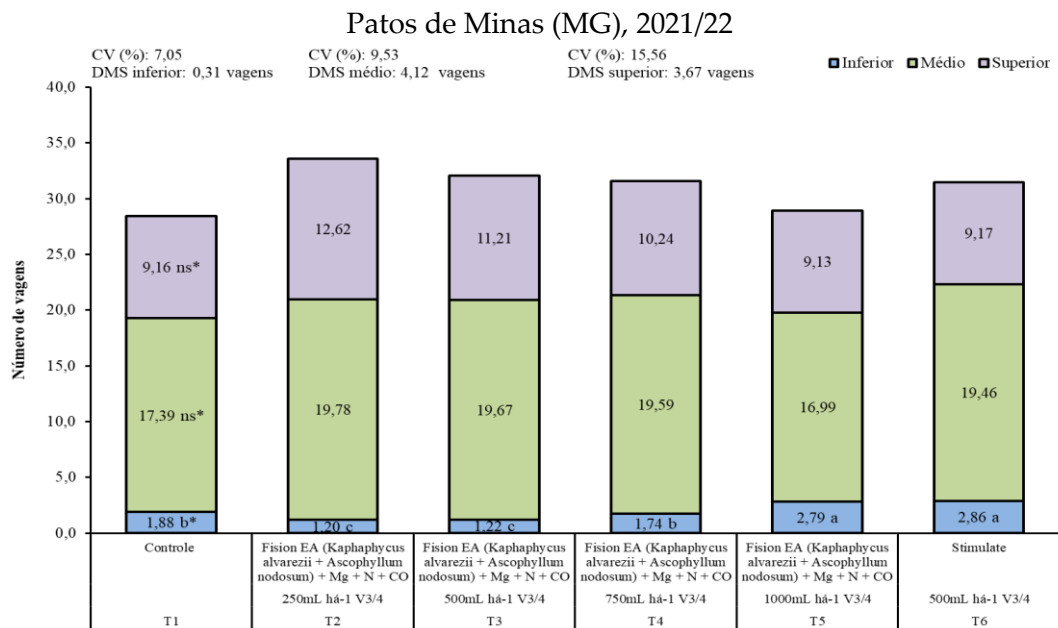
3.2.4 Número de vagens

No número de vagens no terço inferior, houve diferença estatisticamente significativa (Figura 7). Quando comparados ao controle, os tratamentos que obtiveram maior resultado foram o T₅ Fision EA *Kaphaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹ e o T₆ Stimulate 500mL ha⁻¹ com 48,4% e 52,13% de acréscimo em relação ao controle. Os demais tratamentos obtiveram redução no número de vagens por plantas em relação ao controle.

No terço médio, não obteve diferença estatística. Porém, os tratamentos obtiveram acréscimo médio de 12,85% em relação ao controle para a cultivar M6210 IPRO, exceto o tratamento T₅ Fision EA (*Kaphaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum*) + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹, pois houve redução.

No resultado do terço superior da planta de soja, também não houve diferença estatística. Entretanto, feita a média de acréscimo em relação ao número de vagens, foi de 14,34%, quando comparados ao controle.

Figura 7: Número de vagens em plantas de soja, do ensaio “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).



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

Ns*: Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

De acordo com Silva e Sponchiado (2022), o uso do extrato de algas à base de *Ascophyllum nodosum* não apresentou diferença significativa no número de nós por planta, número de vagens, número de grãos por vagens e massa de mil grãos, mesmo com outro tipo de cultivar BMX COMPACTA 65/65 RSF IPRO.

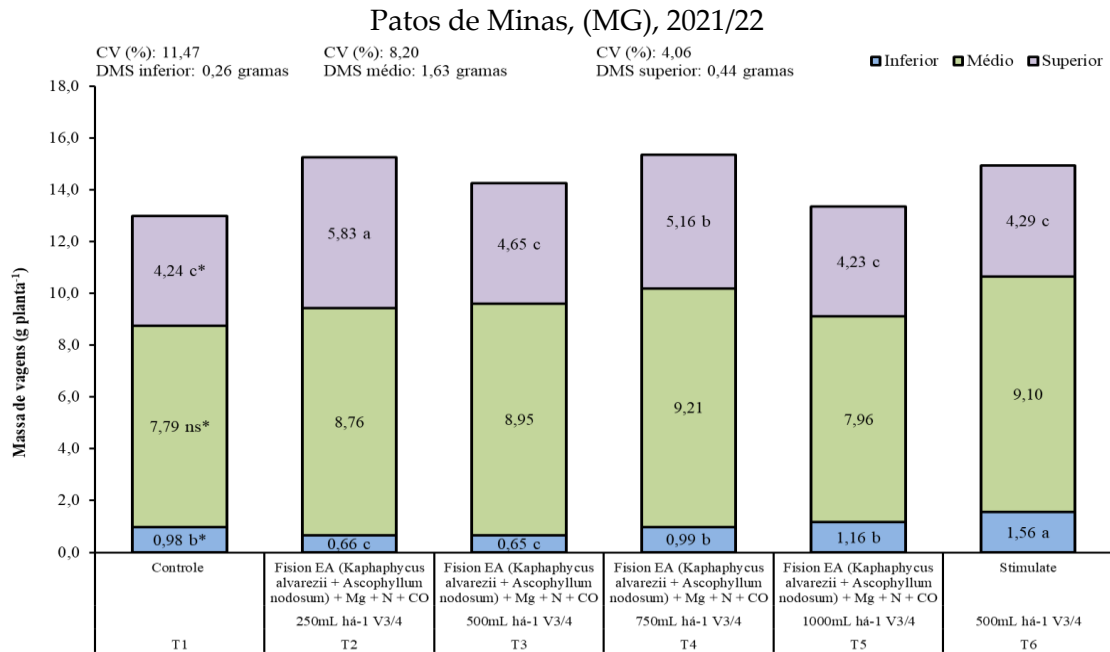
3.2.5 Massa de vagens

Na Figura 8, a massa de vagens do terço inferior das plantas de soja obteve diferença estatística. Sendo assim, o tratamento utilizando o produto T₆ Stimulate 500mL ha⁻¹ obteve acréscimo de 59,18% comparado ao controle.

No terço médio da planta, a massa de vagens não obteve diferença estatística, manteve um padrão na massa. Porém, os tratamentos tiveram média de 12,91% de acréscimo em relação ao controle.

O resultado no terço superior obteve diferença estatisticamente significativa. Quando comparado ao controle o T₂ Fision EA *Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum* + Mg + N + CO 250mL ha⁻¹, houve acréscimo de 37,5% em relação ao controle.

Figura 8: Massa de vagens em plantas de soja, do ensaio “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).



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

Ns*: Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

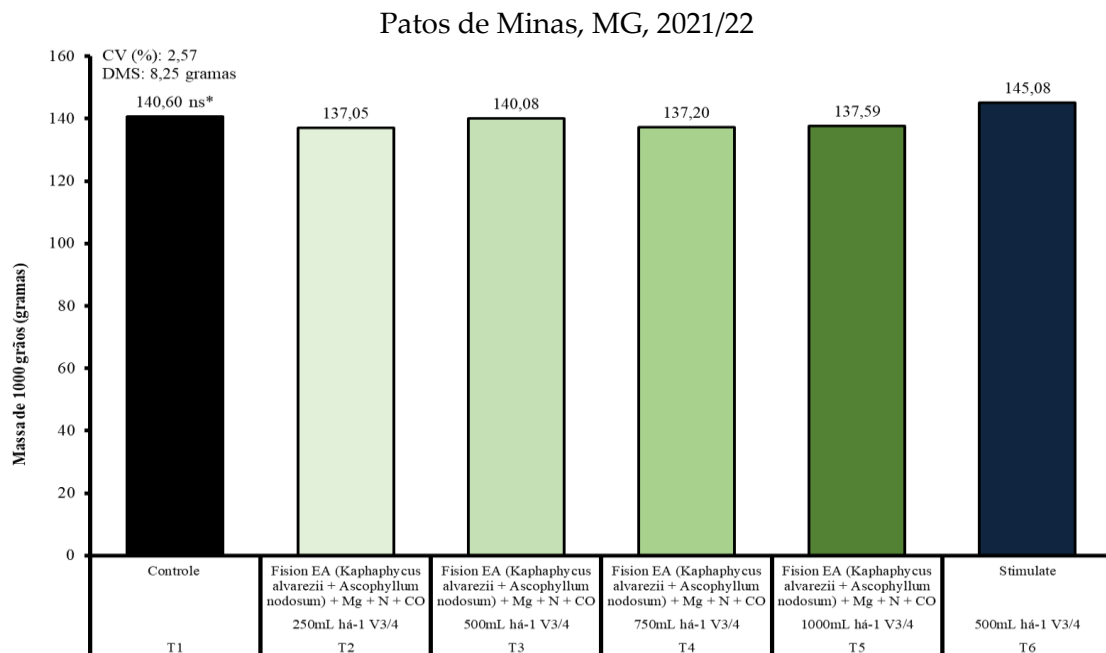
4.3 PRODUTIVIDADE

4.3.1 Massa de 1000 grãos (g)

De acordo com a Figura 9, a massa de 1000 grãos não obteve diferença estatisticamente significativa na região onde foi conduzido o experimento a campo. Entretanto, quando comparado ao controle o T₆ Stimulate 500mL ha⁻¹, obteve acréscimo de 3,18% em relação ao controle.

A massa de 1000 grãos no experimento de Marques *et al.* (2014) também não houve diferença significativa, sendo que na produtividade possui ganho de produtividade com o uso de bioestimulantes.

Figura 9: Massa de 1000 grão (g) em plantas de soja, do ensaio: “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).



Ns*: Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

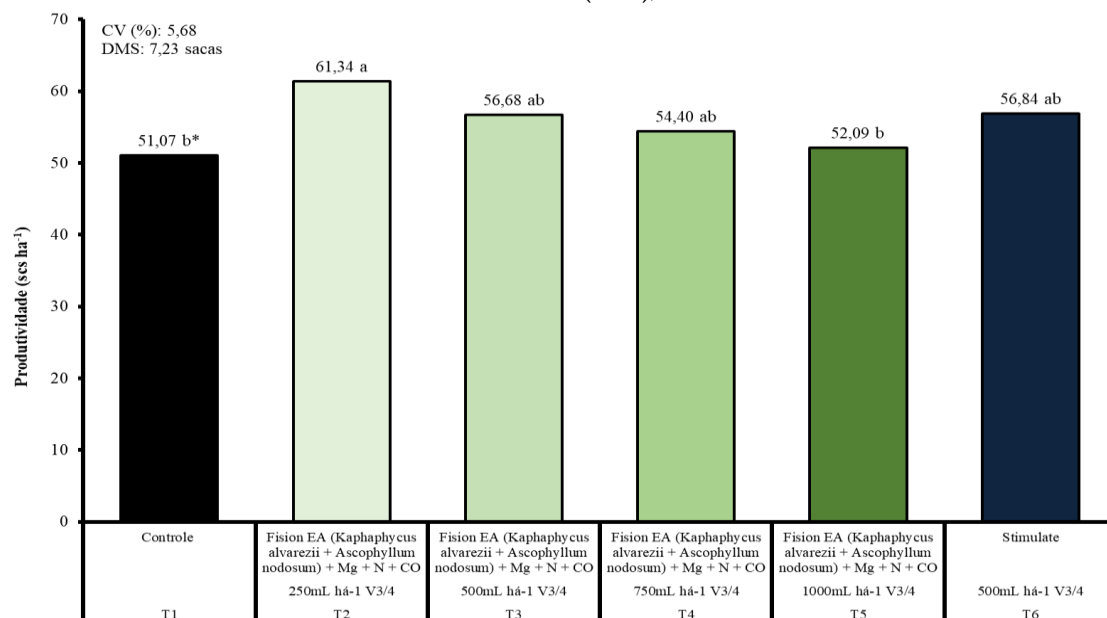
Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Produtividade (scs ha⁻¹)

A produtividade de sacas ha⁻¹ de soja da cultivar M6210 IPRO obteve diferença estatística (Figura 10). Em comparação ao controle na região de Perdizes (MG), o T₂ (Fision EA (*Kaphaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum*) + Mg + N + CO 250 mL ha⁻¹), obteve-se aumento de 20,11% em relação ao controle. Vale ressaltar que todos os tratamentos induziram no aumento da produtividade.

Figura 10: Produtividade (scs ha⁻¹) em plantas de soja, do ensaio “Influência de extrato de algas (*Ascophyllum/Kappaphycus*) em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Patos de Minas (MG), 2021/22



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

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

De acordo com Marques *et al.* (2014), os bioestimulantes promovem um grande aumento na produtividade, nesse caso, principalmente, sendo produtos à base de extratos de algas na cultura da soja. Já em outras culturas, o extrato de algas faz com que haja redução no seu desenvolvimento, como no caso da batata.

5 CONCLUSÃO

Obtiveram o melhor resultado fisiológico da planta os produtos Fision EA (*Kaphaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum*) + Mg + N + CO 1000mL ha⁻¹ e o Stimulate 500mL ha⁻¹. Já o resultado de crescimento e produtividade, os produtos que obtiveram maior desenvolvimento foram Fision EA (*Kaphaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodosum*) + Mg + N + CO 250mL ha⁻¹ e Stimulate 500mL ha⁻¹. Concluiu-se que os bioestimulantes como extratos de algas *Ascophyllum nodosum* e *Kappaphycus alvarezii* possuem benefícios fisiológicos no desenvolvimento da soja e com isso uma melhor produtividade.

REFERÊNCIAS

ALEXIEVA, V. *et al.* The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, [S. l.], v. 24, n. 12, p. 1337-1334, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x>.

BAZZAN, R. D. **Efeito de bioestimulantes no rendimento de grãos na cultura do trigo (*Triticum aestivum*)**. 2013. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Departamento de Estudos Agrários, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/2436>.

BOR, M. F. *et al.* 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, n.1, p. 77-84, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00338-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00338-2).

BOARD, J. E.; KANG, M. S.; BODRERO, M. L. Yield Components as indirect selection criteria for late-planted soybean cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, n. 2, p. 420-429, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj2003.4200>.

CONAB. **Portal Informações Agropecuárias: Soja**. Companhia Nacional de Abastecimento. 2022.

CORREA, F. S. *et al.* Produtividade de cultivares de soja em sequeiro no município de Perdizes, MG. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 25; p. 1064. 2017. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/913>.

COSTA, M A. **Avaliação do potencial do extrato da macroalga marinha *Kappaphycus alvarezii* como fertilizante orgânico, para uso via tratamento de semente e pulverização foliar na cultura de soja**. 2015. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

GEHLING, V. M. *et al.* Desempenho fisiológico de sementes de soja tratadas com extrato de alga *Ascophyllum nodosum* (L.). In: JORNADA DA PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA - CONGREGA, 14., 2017, Bagé. **Revista**. Bagé: URCAMP, 2017.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, [S. l.], v. 125, n. 1, p. 189-198, 1968. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1).

HIRAKURI, M. H. **Perdas econômicas geradas por estresses bióticos e abióticos na produção brasileira de soja no período 2016-2020**. EMBRAPA, 2021. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1131745>.

LIBARDONI, W. C. P. **Uso de bioestimulantes à base de algas marinhas para tratamentos de sementes de soja**. 2022. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2022. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/5604/1/LIBARDONI.pdf>.

MARQUES, M. E. R. *et al.* Aspectos produtivos do uso de bioestimulantes na cultura da soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 3, n. 4, p. 155-163, 2014. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/12295>.

NEILL, S. J. *et al.* Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. **Journal of Experimental Botany**, [S. l.], v. 53, n. 372, p. 1237-1247, maio 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1237>.

PEIXOTO, H. P. P. *et al.* 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.

SANTOS, R. R. **Aplicação de produtos à base de bioestimulantes vegetais e fertilizantes foliares na cultura da soja**. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2020.

SILVA, N. A.; SPONCHIADO, J. C. Bioestimulante com ativos biológicos de extrato de algas como alternativa para aumento na produtividade de grãos de soja. *In*: CIRCUITO REGIONAL: CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 3., 2022, Joaçaba. **Anais [...]**. Joaçaba: Editora Unoesc, 2022. e31639. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/siepe/article/view/31639>.

SOARES, J. N. **Caracterização fisiológica e responsividade de grupos de maturação da cultura da soja submetida à aplicação de bioestimulantes**. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-06032018-174054/en.php>.

Qualidade de silagem da parte aérea da mandioca com adição de diferentes concentrações de milho moído

Silage quality of cassava aerial parts with addition of different concentrations of ground corn

ÉRICA TAKAYA

Discente do curso de Zootecnia (UNIPAM)
E-mail: erica@unipam.edu.br

FRANCINEIDE SOARES DA SILVA

Discente do curso de Zootecnia (UNIPAM)
E-mail: francineidesilva@unipam.edu.br

LUIZ FERNANDO ROCHA BOTELHO

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

Resumo: A parte aérea da mandioca é um alimento volumoso, que demonstra bom valor nutritivo para animais ruminantes, apresentando um potencial proteico em torno de 18 a 20% de proteína bruta. No entanto, essa parte possui baixa quantidade de amido, um carboidrato essencial para esses animais. Visando a suprir essa deficiência e melhorar o padrão de fermentação, foi feita a inclusão de milho, que é uma fonte desse carboidrato. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição bromatológica da silagem da parte aérea de mandioca, com diferentes níveis de adição de milho moído. O trabalho consistiu em quatro tratamentos: silagem sem adição de fubá de milho (T0), silagem com adição de 5% de fubá de milho (T5), silagem com adição de 10% de fubá de milho (T10) e silagem com adição de 15% de fubá de milho (T15). Para cada tratamento, foram adotadas cinco repetições. Verificou-se que houve efeito linear significativo ($P < 0,05$) para as variáveis matéria seca, matéria mineral, proteína bruta e fibra em detergente neutro (FDN) à medida que ocorria o aumento da quantidade de milho na parte aérea, exceto para o extrato etéreo. Os teores de matéria seca e proteína bruta sofreram aumento à medida que ocorria acréscimo de milho na silagem da parte aérea. Já os teores de matéria mineral e FDN tiveram efeito contrário ao mencionado anteriormente. Portanto, a inclusão de milho provocou alterações na composição bromatológica da silagem da parte aérea de mandioca.

Palavras-chave: alimento alternativo; conservação de volumoso; parte aérea da mandioca; silagem de mandioca.

Abstract: Cassava aerial parts are a bulky feed that demonstrates good nutritional value for ruminant animals, with a protein potential ranging from 18 to 20% crude protein. However, this part has a low amount of starch, an essential carbohydrate for these animals. In order to supplement this deficiency and improve the fermentation pattern, the inclusion of corn, which is a source of this carbohydrate, was performed. Thus, the objective of this study was to evaluate the bromatological composition of cassava aerial part silage with different levels of added ground corn. The study consisted of four treatments: silage without the addition of cornmeal (T0), silage

with 5% cornmeal addition (T5), silage with 10% cornmeal addition (T10), and silage with 15% cornmeal addition (T15). Five replicates were used for each treatment. It was found that there was a significant linear effect ($P < 0.05$) for the variables dry matter, mineral matter, crude protein, and neutral detergent fiber (NDF) as the amount of corn in the aerial part increased, except for ether extract. The levels of dry matter and crude protein increased with the addition of corn to the aerial part silage. On the other hand, the levels of mineral matter and NDF had the opposite effect. Therefore, the inclusion of corn caused changes in the bromatological composition of cassava aerial part silage.

Keywords: alternative feed; forage preservation; cassava aerial parts; cassava silage.

1 INTRODUÇÃO

A mandioca, conhecida popularmente por aipim ou macaxeira (GOMES *et al.*, 2020), é um arbusto perene, pertencente à família Euphorbiaceae e ao gênero *Manihot*. Esse gênero abrange cerca de 98 espécies; dentre elas, apenas uma é cultivada comercialmente, buscando a produção das raízes, ricas em amido: a *Manihot esculenta* Crantz (SOUSA *et al.*, 2011). Essa planta possui grande importância socioeconômica, já que é cultivada principalmente em países em desenvolvimento (ONO; TANIWAKI, 2021). Além disso, a mandioca é bastante rústica e adaptável, podendo ser cultivada em uma ampla variedade de solos e em climas com baixa precipitação (MARX, 2018).

A produção mundial de mandioca foi de aproximadamente 303,6 milhões de toneladas, em 2019 (FAO, 2020). No cenário mundial, o Brasil é o quinto maior produtor de mandioca, ficando atrás da Nigéria, Congo DR, Tailândia e Indonésia (OTEKUNRIN; SAWICKA, 2019). Segundo o IBGE (2022), estima-se que a área plantada em 2021 tenha sido de 1.212.284 hectares, com uma produção nacional de raiz de mandioca de 18.098.115 toneladas, apresentando um rendimento médio de 15.009 kg/ha de mandioca. Em Minas Gerais, a produção de mandioca no ano de 2021 foi estimada em 547.267 toneladas, com um rendimento médio de 14.100 kg/ha.

No Brasil, a mandioca é cultivada em todas as regiões, sendo utilizada tanto para alimentação humana quanto para animal (VIEIRA *et al.*, 2011). Dentre os produtos e subprodutos da mandioca de uso mais comum na alimentação animal, destacam-se folhagem e raiz fresca; feno da parte aérea (folhagem triturada e seca ao sol); raspa integral ou farinha integral (pedaços de raiz secos ao sol); raspa residual (subproduto da raiz triturada, retirado o amido); farelo de farinha de mesa (subproduto da fabricação da farinha de mesa); silagem de mandioca (mandioca integral triturada e ensilada) e a farinha de varredura (ALMEIDA; FERREIRA FILHO, 2005).

A parte aérea da mandioca é um alimento volumoso que demonstra bom valor nutritivo para animais ruminantes (SENA *et al.*, 2014). De acordo com Almeida e Ferreira Filho (2005), a parte aérea da mandioca é um produto rico em vitaminas, especialmente A, C e do complexo B; o conteúdo de minerais é relativamente alto, especialmente cálcio e ferro. Além disso, apresenta um potencial proteico de muita importância, tendo em torno de 18 a 20% de proteína bruta (FERNANDES *et al.*, 2011).

No sistema tradicional de produção de mandioca, somente 20% da parte aérea é usada no replantio e os 80% restantes são descartados. No entanto, essa sobra pode ser utilizada na alimentação animal na forma in natura, feno ou silagem (SENA *et al.*, 2014).

Dentre essas opções, a ensilagem é uma forma interessante por permitir o armazenamento do excedente e sua utilização durante o período de escassez de alimentos. Além disso, esse processo também busca conservar o alimento com o valor nutritivo mais próximo possível do original, isto é, com um mínimo de perdas (CÂNDIDO; FURTADO, 2020). Embora a parte aérea seja uma fonte de proteínas, essa estrutura apresenta deficiência de energia, elemento que se encontra armazenado nas raízes da planta na forma de amido (FIALHO *et al.*, 2013).

De acordo com Paes (2006), o milho é um alimento energético para a dieta humana e animal, apresentando composição média em base seca de 72% de amido, 9,5% de proteína, 9% de fibra e 4% de óleo. O grão de milho é constituído por quatro principais estruturas físicas: ponta, gérmen, pericarpo (casca) e endosperma. Este último representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, sendo constituído principalmente por amido (88%) e proteínas (8%).

Visando a suprir a deficiência de energia da parte aérea e melhorar o padrão de fermentação da silagem, este estudo teve por objetivo avaliar a qualidade da silagem da parte aérea de mandioca com adição de diferentes concentrações de milho moído.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Canavial e no Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia, situado no primeiro piso do bloco H do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), ambos localizados no município de Patos de Minas, em Minas Gerais.

As silagens foram confeccionadas com a parte aérea da mandioca, colhida por volta dos 12 meses, quando as raízes estão no ponto desejado para o consumo. Após a colheita, a parte aérea foi triturada por meio de uma picadeira JF, em partículas de 2 a 5 cm. Depois de triturada, uma amostra foi coletada de cada tratamento, para análise do pH inicial, segundo a metodologia de Silva e Queiroz (2006). O experimento consistiu em quatro tratamentos: silagem sem adição de fubá de milho (T0), silagem com adição de 5% de fubá de milho (T5), silagem com adição de 10% de fubá de 10 milho (T10) e silagem com adição de 15% de fubá de milho (T15). Para cada tratamento, foram adotadas cinco repetições.

Os silos utilizados para o experimento foram de cano PVC, com 50 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro, dotados de válvulas de Bunsen na tampa superior para permitir a saída de gases provenientes da fermentação e evitar a entrada de oxigênio. A silagem foi compactada com um soquete de madeira até se obter uma densidade de, aproximadamente, 550 kg/m³. A vedação das tampas foi feita por meio de fita adesiva. O período de incubação da silagem foi de 30 dias.

No dia de abertura dos silos, foi realizado o descarte dos 10 cm iniciais. Após isso, a parte de 10 cm a 40 cm foi retirada e homogeneizada para a coleta de uma amostra, da qual foi retirada uma subamostra para análise do pH de abertura, seguindo a metodologia de Silva e Queiroz (2006). Outras subamostras de aproximadamente 500 g foram retiradas de cada minissilo e acondicionadas em saco de papel para as análises.

As análises bromatológicas da silagem da parte aérea de mandioca dos 20 minissilos foram realizadas em triplicatas, totalizando 60 amostras. Foram determinados

os teores de matéria seca (MS) segundo a metodologia de Detman *et al.* (2012) e Silva (1981), de matéria mineral (MM) segundo Detman *et al.* (2012) e Silva e Queiroz (2002), de proteína bruta (PB) segundo Detman *et al.* (2012) e Silva e Queiroz (2002), e de fibra em detergente neutro (FDN) segundo os procedimentos de Detman *et al.* (2012) e Silva e Queiroz (2002).

Para a análise de extrato etéreo (EE), foram recortados quadrados de 8x8cm de papel filtro 80g, para que esses fossem utilizados na confecção de cartuchos. Em seguida, foi colocado, aproximadamente, 1 grama de amostra no cartucho previamente identificado. Em seguida, esse cartucho foi fechado, enrolado em outro papel filtro e levado à estufa de esterilização e secagem, a 105°C, por duas horas. Após isso, os cartuchos foram retirados da estufa, colocados no dessecador para esfriar por 30 minutos e depois foram pesados em balança de precisão.

Depois disso, os cartuchos foram acondicionados em um suporte de metal e acoplados no extrator de gordura. Na sequência, foram colocados de 50 a 100 ml de éter de petróleo em cada reboiler e estes foram acoplados no aparelho extrator de gordura, por 4 horas. Após esse período, os cartuchos foram levados à estufa de circulação forçada a 65°C, por 24 horas, para a evaporação do éter e, em seguida, à estufa de secagem e esterilização, a 105°C, por 2 horas. Depois disso, os cartuchos foram retirados da estufa, colocados no dessecador por 30 minutos e pesados na balança de precisão.

Os valores anotados foram colocados na seguinte fórmula para determinação do teor de extrato etéreo:

$$\% \text{ EE} = (\text{cartucho com ASE} - \text{cartucho sem EE}) / (\text{ASA} \times \% \text{ ASE} / 100) * 100$$

Sendo:

- ASA: massa de amostra seca em estufa de circulação forçada de ar.
- % ASE: percentual de amostra seca em estufa sem circulação forçada de ar.

Os dados referentes às análises bromatológicas foram comparados entre si pela análise de variância. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de regressão, pelo programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise bromatológica de silagem da parte aérea de mandioca com adição de diferentes concentrações de milho moído estão apresentados na tabela abaixo. Verificou-se que houve efeito linear significativo ($P < 0,05$) para as variáveis matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), à medida que ocorria o aumento da quantidade de milho na parte aérea, exceto para o extrato etéreo.

QUALIDADE DE SILAGEM DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA COM
ADIÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MILHO MOÍDO

Tabela 1: Análise bromatológica de silagem da parte aérea de mandioca com adição de milho moído

Tratamento	MS	MM	PB	FDN	EE
0	28,37072	5,85204	12,21413	51,2079	2,17328
5	31,28606	5,441	12,49807	42,02764	2,72810
10	34,27948	5,08658	12,782	36,06128	2,12784
15	37,22252	4,7602	13,06594	36,18058	2,58538
P calculado	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000	0,3353 ^{NS}
CV (%)	2,37	4,99	4,85	4,79	25,17

^{NS} = Análise de variância não significativa. CV (%) = Coeficiente de variação.

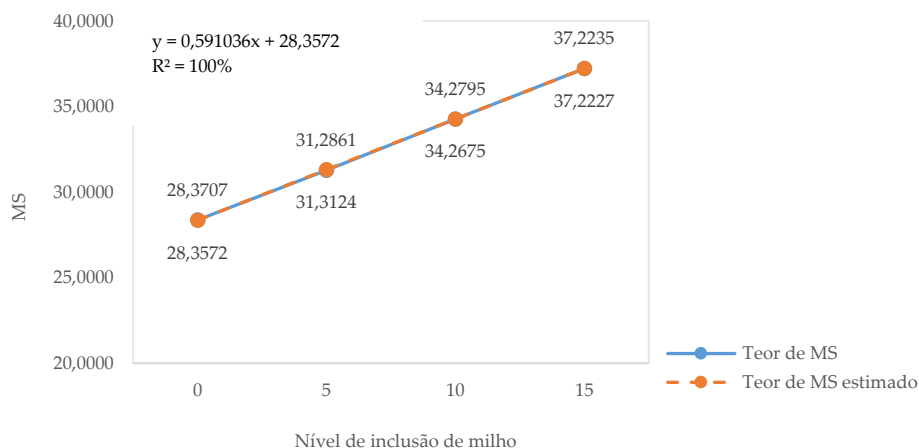
Fonte: dados da pesquisa, 2022.

As análises bromatológicas permitiram inferir que houve aumento do teor de matéria seca e da proteína à medida que houve maior concentração de milho moído na dieta. Já a quantidade de matéria mineral e a fibra em detergente neutro reduziram com o incremento do milho moído na parte aérea da mandioca.

Os valores encontrados de matéria seca foram submetidos à análise de regressão para avaliar esse componente em função da inclusão de milho moído. Os resultados encontrados estão representados na figura 1.

Depois da análise de regressão para matéria seca em função da adição de milho moído, verificou-se que houve um comportamento linear crescente ($Y = 0,591036x + 28,3572$). De acordo com a estimativa, nas condições do experimento, o valor estimado na silagem da parte aérea de mandioca é de 28,36% de MS, ocorrendo um aumento de 0,59% para cada 1% de inclusão de milho moído.

Figura 1: Teores de matéria seca (MS) observados, linha de tendência (valor estimado) e equação de regressão da matéria seca em função da inclusão de milho moído



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

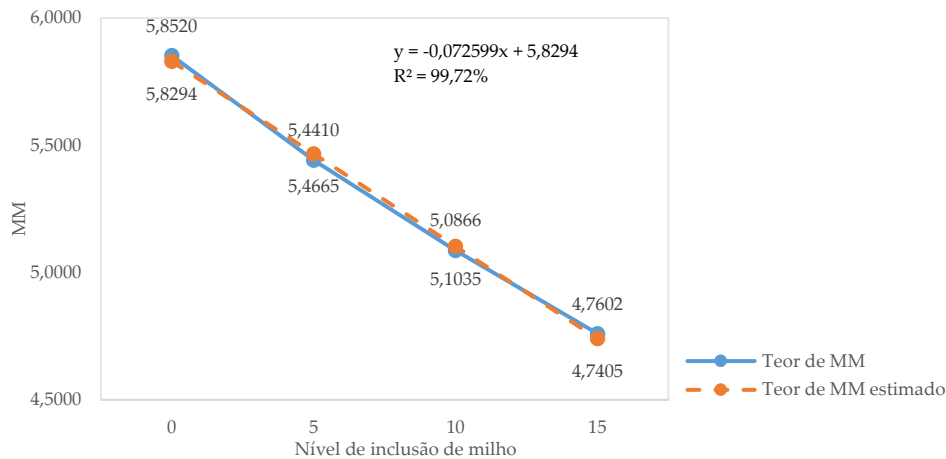
Em seu estudo, Andrade (2021) avaliou silagem do terço superior de mandioca sem e com adição de 25% de milho moído. Ele verificou que houve aumento do teor de matéria seca da silagem com a inclusão de milho. O teor foi de 23,51% e 38,35% para silagens sem e com inclusão de milho moído, respectivamente. Segundo Menezes (2011),

a silagem da parte aérea de mandioca com adição de raiz de mandioca, que é uma fonte de amido assim como o milho, apresentou os valores de 27,40%, 27,80%, 27,77% e 28,00% para níveis de inclusão de 3, 6, 9 e 12%, respectivamente. Esse autor também verificou que houve aumento de 0,10% de MS para cada 1% de adição de raiz, enquanto, no presente estudo, houve incremento de 0,59% desse componente para cada 1% de adição de milho moído. No experimento de Paula *et al.* (2020), também foi verificado aumento do teor de matéria seca na silagem de capim-elefante com adição de fubá de milho. Tais estudos corroboram os valores encontrados no presente experimento.

O teor de MS sofreu aumento em razão da inclusão de milho moído, pois este possui elevada quantidade de matéria seca (ANDRADE, 2021) e boa capacidade de retenção de umidade (PAULA *et al.*, 2020). Segundo Cruz *et al.* (2015), o teor de matéria seca recomendada para consumo e conservação de uma silagem de milho está entre 30% e 35%. Teores de MS abaixo de 30% favorecem a atuação de bactérias do gênero clostridium, responsáveis por elevar a quantidade de amônia em razão da proteólise e ácido butírico (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Nesse estudo, as silagens da parte aérea com inclusão de milho apresentaram valores dentro da recomendação, já a silagem somente da parte aérea esteve abaixo da margem adequada.

O teor de matéria mineral sofreu redução à medida que aumentavam os níveis de adição de milho moído (Figura 2). A análise de regressão da matéria mineral em função da inclusão de milho mostrou que houve um comportamento linear decrescente da MM ($Y = -0,072599x + 5,8294$). Segundo a análise, o valor estimado é de 5,83% de matéria mineral, havendo uma redução de 0,07% para cada 1% de milho moído adicionado na silagem.

Figura 2: Teores de matéria mineral (MM) observados, linha de tendência (valor estimado) e equação de regressão da matéria mineral em função da inclusão de milho moído



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

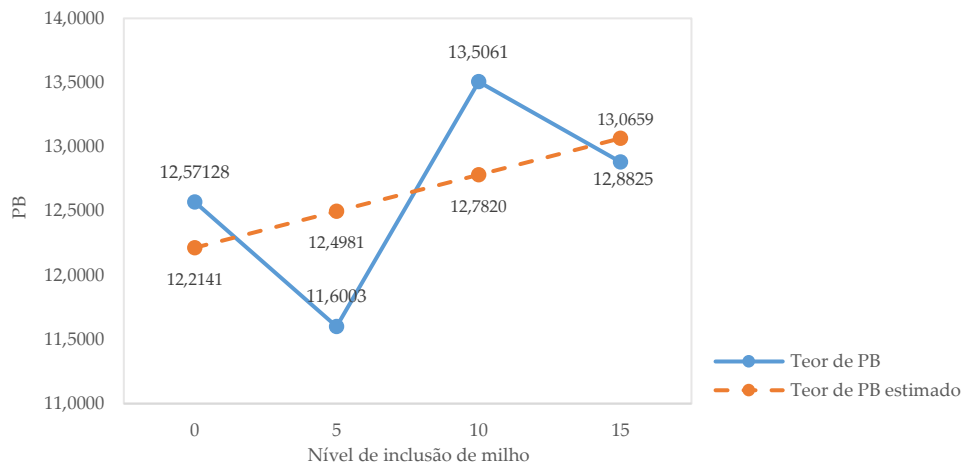
Andrade (2021), estudando silagem da parte aérea de mandioca, observou que ocorreu uma redução da matéria mineral com a adição de milho moído. A amostra sem inclusão de milho moído apresentou 7,31% de MM, enquanto a silagem com inclusão de 25% de milho, 4,68% de MM. Corroborando os dados deste estudo, Cação *et al.* (2022) obtiveram o valor de 5,62% de matéria mineral para silagem do terço superior da parte

aérea da mandioca. Tal valor é próximo ao encontrado no presente estudo na silagem sem adição de milho. Já em estudo desenvolvido por Menezes *et al.* (2011), verificou-se que a inclusão de raiz de mandioca na silagem da parte aérea não provocou diferenças significativas, tendo média de 5,89% de MM.

A redução do teor de matéria mineral na silagem com o aumento dos níveis de inclusão de milho pode ter sido provocada pela baixa quantidade desse componente no milho. O milho apresenta o teor de 0,88% a 1,7% de MM (VIEIRA *et al.*, 2014; PAULA *et al.*, 2020). Souza *et al.* (2011) encontraram 5,59% para a parte aérea da planta inteira e 6,55% para o terço superior da mandioca. Já Moreira *et al.* (2017) obtiveram os teores de 6,31% e 5,60% de MM para duas variedades de mandioca.

A análise de regressão da proteína bruta em função da inclusão de milho moído mostra que houve um efeito linear crescente ($Y = 0,056788x + 12,2141$) para a inclusão de milho na silagem da parte aérea da mandioca (Figura 3). O valor estimado para a silagem controle é de 12,21%, havendo um aumento de 0,06% de PB para cada 1% de inclusão de milho moído na silagem da parte aérea de mandioca.

Figura 3: Teores de proteína bruta (PB) observados, linha de tendência (valor estimado) e equação de regressão da proteína bruta em função da inclusão de milho moído



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

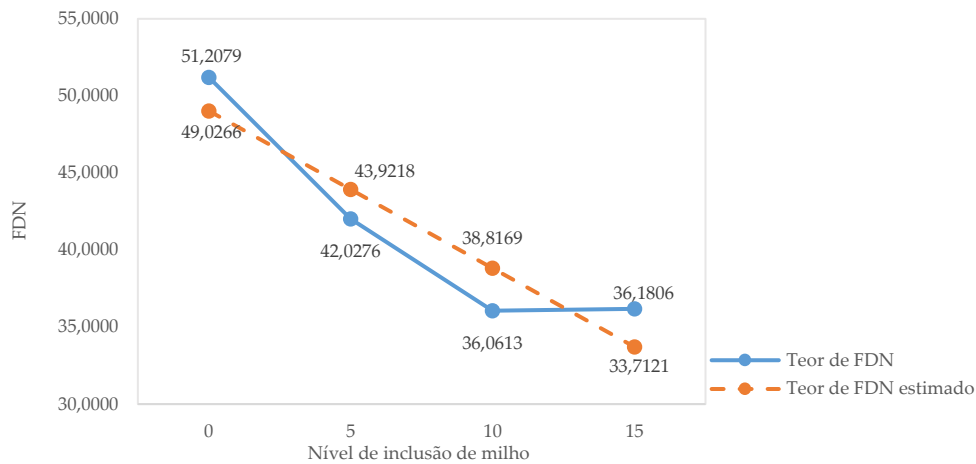
A inclusão de milho moído na silagem da parte aérea de mandioca promoveu uma redução do teor de proteína na silagem. Verificou-se que os valores encontrados foram 11,39% e 10,14% para silagem sem e com inclusão de milho, respectivamente (ANDRADE, 2021). Efeitos semelhantes foram observados em silagens da parte aérea da mandioca com maior proporção de raiz. Essas demonstraram menores teores de PB em relação àquelas que não possuíam raiz na composição (Tagliapietra *et al.* (2019). Esses fatos estão associados ao baixo teor proteico do milho, que possui cerca de 10% de PB (OLIVEIRA *et al.*, 2004), e da raiz de mandioca, que é fonte de amido e apresenta somente 1,84% de PB (MENEZES, 2011), enquanto a parte aérea da mandioca possui em torno de 18 a 20% de proteína bruta (FERNANDES *et al.*, 2011).

Paula *et al.* (2020) verificaram que o aumento dos níveis de inclusão de fubá de milho aumentou os teores de proteína das silagens de capim-elefante. No entanto, a inclusão não apresentou efeito significativo sobre o teor da proteína. Segundo esses

autores, isso pode ter ocorrido por causa da perda de efluentes, que foi reduzida com a inclusão do milho.

Por meio da análise de regressão para o comportamento da FDN em função da inclusão de milho moído (Figura 4), verificou-se que houve um efeito linear decrescente da fibra à medida que ocorria o aumento dos níveis de adição de milho ($Y = -1,020966x + 49,0266$). De acordo com a estimativa, o valor sugerido de FDN para silagem da parte aérea de mandioca sem inclusão de milho é de 49,03%, com uma redução de 1,02% para cada 1% de adição de milho moído.

Figura 4: Teores de fibra em detergente neutro (FDN) observados, linha de tendência (valor estimado) e equação de regressão da FDN em função da inclusão de milho moído



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Segundo Cruz *et al.* (2012), o teor de FDN considerado bom para uma silagem de milho é em torno de 50%. Os teores de fibra encontrados neste estudo foram abaixo de 50%, indicando que não haverá limitação do consumo desse alimento, uma vez que a FDN é um fator físico regulador de consumo (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Andrade (2021) verificaram que houve redução da fibra em detergente neutro na silagem da parte aérea da mandioca com inclusão de milho (28,37%) em relação à silagem sem milho (51,70%). Menezes (2011) analisou que a FDN foi menor em silagens da parte aérea de mandioca com maior proporção de raiz do que em silagens sem esse aditivo. Paula *et al.* (2020) observaram comportamento semelhante da silagem de capim-elefante com a adição de fubá de milho em relação àquela sem inclusão desse componente.

A redução da FDN pode ter sido provocada pelo menor teor desse nutriente nos aditivos em relação ao teor de fibra da silagem. De acordo com Fernandes *et al.* (2011), a quantidade de FDN da parte aérea total da mandioca varia de 57,1 a 63,0%. Já o milho possui o teor de 13,1% (PAULA *et al.*, 2020) e a raiz de mandioca apresenta 16,15% de FDN (MENEZES, 2011).

O extrato etéreo neste experimento variou de 2,13 a 2,73%. A análise estatística não verificou efeitos significativos da inclusão de milho na silagem da parte aérea. O resultado mínimo de EE encontrado neste estudo foi inferior ao encontrado por Azevedo *et al.* (2006), que verificaram teores de EE que variaram entre 1,76% a 2,37% para silagem

da parte aérea de mandioca de diferentes cultivares. Já Menezes (2011) observou que o teor da silagem da parte aérea de mandioca foi de 1,23%, bem abaixo que os valores encontrados na pesquisa. Já Andrade (2021) encontrou o teor de 2,57% para silagem dessa planta, condizente com os resultados obtidos.

Segundo Andrade (2021), a silagem da parte aérea da mandioca com adição de 25% de milho moído apresentou teor de extrato etéreo de 3,10%, valor superior ao analisado na silagem da parte aérea sem aditivo. Embora tenha ocorrido aumento do EE, a inclusão do milho não teve efeitos significativos na composição desse alimento. Paula *et al.* (2020) também verificaram efeito semelhante ao avaliar o extrato etéreo na silagem de capim-elefante com adição de milho, tendo encontrado 1,52% e 2,73% para silagens sem e com 20% de aditivo.

O leve aumento do extrato etéreo provavelmente ocorreu em decorrência do maior teor desse componente no milho em relação às silagens. Em seus experimentos, Zambom *et al.* (2001) obtiveram o teor de 4,14% de lipídeos e Paula *et al.* (2020) encontraram 5,14%. Em estudos de Ferrarini (2004), os teores de EE de 132 amostras de milho variaram de 2,35 a 6,77%, sendo as amostras com menor teor de EE aquelas que foram recebidas moídas para o experimento. A redução de extrato etéreo em amostras moídas pode ter sido provocada pela perda de gordura para a embalagem de papel na secagem a 65°C ou por uma alteração causada pela exposição da parte interna do milho a uma atmosfera quente.

4 CONCLUSÃO

A adição de milho moído provocou alterações na composição bromatológica da silagem de parte aérea de mandioca, alterando significativamente os teores de matéria seca, proteína bruta, FDN e matéria mineral. À medida que se elevaram os níveis de inclusão de milho moído, observou-se que, nos dois primeiros componentes, ocorreu aumento, enquanto nos dois últimos houve uma redução. Já a quantidade de extrato etéreo não foi influenciada com a inclusão do milho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.; FERREIRA FILHO, J. R. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. *Bahia Agrícola*, Salvador, v. 7, n. 1, p. 50-56, set. 2005.

ANDRADE, I. B. **Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído**. 2021. 97 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2021.

AZEVEDO, E. B.; NORBERG, J. L.; KESSLER, J. D.; BRUNING, G.; DAVID, D. B.; FALKENBERG, J. R.; CHIELLE, Z. G. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1902-1908, nov./dez. 2006.

CAÇÃO, M. M. F.; GÊNOVA, L. G.; AFERRI, G.; SANTOS, G. B.; BUENO, M. S. Desempenho e características de carcaças de cordeiros alimentados com silagem de rama de mandioca. **Ciência Animal**, Fortaleza, v. 32, n. 3, p. 46-56, jul./set. 2022.

CÂNDIDO, M. J. D.; FURTADO, R. N. (Org.). **Estoque de forragem para a seca: produção e utilização da silagem**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020.

CRUZ, J. C.; ALBERNAZ, W. M.; FERREIRA, J. J.; GONTIJO NETO, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A. Efeito do teor de matéria seca, na ocasião da colheita, na quantidade e na qualidade da silagem. **Revista Cultivar**, Pelotas, jun. 2015. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/efeito-do-teor-de-materia-seca-na-ocasio-da-colheita-na-quantidade-e-na-qualidade-da-silagem>.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. GONTIJO NETO, M. M. **Milho para silagem**. Sete Lagoas: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2012.

DETMANN, E.; SILVA, L. F. C.; ROCHA, G. C.; PALMA, M. N. N.; RODRIGUES, J. P. P. **Métodos para análise de alimentos**: INCT - Ciência Animal. Viçosa: Editora UFV, 2012. 214 p.

FAO. **World food and agriculture - statistical yearbook 2020**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2020.

FERNANDES, F. D.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F. Utilização de raízes e parte aérea de mandioca na alimentação animal. In: FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no Cerrado**. Planaltina/DF: Embrapa Cerrados, 2011. cap. 7. p. 137-148.

FERRARINI, H. **Determinação de teores nutricionais do milho por espectroscopia no infravermelho e calibração multivariada**. 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado em Química), Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FERREIRA D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov. 2011.

FIALHO, J. de F.; ANDRADE, R. F. R. de; VIEIRA, E. A. (ed.) **Mandioca no Cerrado: questões práticas**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 88 p.

GOMES, D. A.; AMARAL, L. S.; FERREIRA, D. S. A.; MOREIRA, G. R.; GOMES-SILVA, F.; COSTA, M. L. L.; CUNHA FILHO, M.; SANTOS, A. L. P.; FIGUEIREDO, M. R. P.; PIMENTEL, P. G. Caracterização de genótipos de mandioca por técnicas multivariadas. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 7, e252974181, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal:** culturas temporárias e permanentes - 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

MARX, S. Cassava as feedstock for ethanol production: a global perspective. *In*: RAY, R. C.; RAMACHANDRAN, S. **Bioethanol production from food crops:** sustainable sources, interventions and challenges. Londres: Academic Press, 2018. cap. 6, p. 101-113.

MCDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **Biochemistry of silage.** 2. ed. Mallow: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.

MENEZES, D. R. M. **Composição e parâmetros fermentativos da silagem da parte aérea da mandioca com adição de casca ou raiz.** 2011. 32 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011.

MOREIRA, G. L. P.; PRATES, C. J. N.; OLIVEIRA, L. M.; VIANA, A. E. S.; CARDOSO JÚNIOR, N.; FIGUEIREDO, M. P. Composição bromatológica de mandioca (*Manihot esculenta*) em função do intervalo entre podas. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 144-153, 2017.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho.** Sete Lagoas: Embrapa, 2006, 6 p. (Circular técnica, 75). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf>.

OLIVEIRA, B. C.; CAETANO, G. A. O.; CAETANO JÚNIOR, M. B.; MARTINS, T. R.; OLIVEIRA, C. B. Mecanismos reguladores de consumo em bovinos de corte. **Nutritime**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 6066-6075, jul./ago. 2017.

OLIVEIRA, J. P.; CHAVES, L. J.; DUARTE, J. B.; BRASIL, E. M.; FERREIRA JÚNIOR, L. T.; RIBEIRO, K. O. Teor de proteína no grão em populações de milho de alta qualidade protéica e seus cruzamentos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 1, p. 45-51, 2004.

ONO, L. T.; TANIWAKI, M. H. Fungi and mycotoxins in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and its products. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 24, e2020240, 2021.

OTEKUNRIN, O. A.; SAWICKA, B. Cassava, a 21st century staple crop: how can nigeria harness its enormous trade potentials?. **Acta Scientific Agriculture**, [S. l.], v. 3, n. 8, p. 194-202, ago. 2019.

PAULA, P. R. P.; NEIVA JÚNIOR, A. P.; SOUZA, W. L.; ABREU, M. J. I.; TEIXEIRA, R. M. A.; CAPPELLE, E. R.; TAVARES, V. B. Composição bromatológica da silagem de capim- elefante BRS Capiacu com inclusão fubá de milho. **PUBVET**, [S. l.], v. 14, n. 10, p. 1-11, out. 2020.

SENA, L. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; REIS, S. T. dos; MATOS E OLIVEIRA, L.; MARQUES, K. M. S.; TOMICH, T. R. Degradabilidade das silagens de diferentes frações da parte aérea de quatro cultivares de mandioca. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 15, n. 3, p. 249-258, jul. 2014.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa: Editora UFV, 1981. 166 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.

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

SOUSA, T. C. R. de; AGUIAR, J. L. P. de; LÔBO, C. F. A importância da mandioca. *In*: FIALHO, J de F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no Cerrado**: orientações técnicas. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011, cap. 1, p. 13-24.

TAGLIAPIETRA, B. L.; SILVA, M. N.; FREITAS, C. P. O.; RICHARDS, N. S. P. S.; ZANON, A. J. Teores de proteína em silagem de mandioca elaboradas a partir de cultivares de mesa e forragem. **Revista Agroecossistemas**, Belém, v. 11, n. 2, p. 181-194, 2019.

VIEIRA, R. A.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; VIANA, G. S.; MUNIZ, J. C. L.; SILVA, D. L.; RIBEIRO JÚNIOR, V.; REIS, J. V. C. Composição química e valores de energia metabolizável aparente corrigida de alguns alimentos energéticos determinados com frango de corte. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 75-83, dez. 2014.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J de F.; SILVA, M. S. Recursos genéticos e melhoramento da mandioca. *In*: FIALHO, J de F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no Cerrado**: orientações técnicas. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011, cap. 1, p. 13-24.

ZAMBOM, M. A.; SANTOS, G. T.; MODESTO, E. C.; ALCALDE, C. R.; GONÇALVES, G. D.; SILVA, D. C.; SILVA, K. T.; FAUSTINO, J. O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.

Uso de ácido salicílico em batata

Use of salicylic acid in potatoes

PEDRO HENRIQUE FERRUZZI

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: pedroferruzzi@unipam.edu.br

EVANDRO BINOTTO FAGAN

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: evbinotto@unipam.edu.br

Resumo: A batata é um dos alimentos mais consumidos pelos brasileiros. Contudo, a ocorrência de doenças ainda é um problema para os produtores, causando perdas não só na produtividade, mas também no valor do produto final. Haja vista o dano potencial que as doenças fúngicas têm sobre a batata, a suplementação com o ácido salicílico mostra-se benéfica na atenuação e até anulação desses efeitos danosos, promovendo uma melhora da cultura. Dessa forma, o presente estudo teve como finalidade avaliar fontes e doses de ácido salicílico (SA) como alternativa de encontrar um melhor posicionamento dele em campo, visando a um maior controle de estresses e a um melhor incremento em massa das plantas. O experimento foi implantado na fazenda Água Santa, no município de Perdizes (MG). O plantio de batata foi realizado em março de 2022 com a cultivar Asterix. Foram colocadas três “batata-semente” por metro, totalizando 37.500 ha⁻¹. O delineamento experimental foi em DBC com dez 10 e 4 repetições, constituindo 40 unidades experimentais, sendo os tratamentos: Controle, SA (100 mg/ha⁻¹), SA (500 mg/ha⁻¹), SA (1000 mg/ha⁻¹), Agromos (1,0 L/ha⁻¹), Bion (0,04 Kg/ha⁻¹), SA (400 mg/ha⁻¹), SA+Cu (400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹), ASS + Re-Leaf (100 mg/ha⁻¹ + 1000 mg/ha⁻¹), Bayfolan (1 L/ha⁻¹). Foram feitas análises de crescimento e do metabolismo oxidativo. Concluiu-se que o uso de SA+Cobre (400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹) proporcionou incremento de massa de raiz e hastes e, de acordo com os dados apresentados, para o metabolismo antioxidante, o uso de Ácido acetilsalicílico (500 mg/ha⁻¹) se mostrou mais eficiente na ativação enzimática e na redução dos compostos tóxicos.

Palavras-chave: ácido salicílico; resistência de plantas; enzimas.

Abstract: Potato is one of the most consumed foods by Brazilians. However, the occurrence of diseases is still a problem for producers, causing losses not only in productivity, but also in the value of the final product. Considering the potential damage that fungal diseases have on potatoes, supplementation with salicylic acid has been shown to be beneficial in attenuating and even nullifying these harmful effects, promoting an improvement in crop yield. Thus, the present study aimed to evaluate sources and doses of salicylic acid (SA) as an alternative to find a better positioning of it in the field, aiming at greater stress control and better plant mass increment. The experiment was conducted at Água Santa farm, in the municipality of Perdizes (MG). The potato planting was carried out in March 2022 with the Asterix cultivar. Three “seed potatoes” were placed per meter, totaling 37,500 ha⁻¹. The experimental design was in randomized complete block with ten treatments and four replications, constituting 40 experimental units, with the treatments being: Control, SA (100 mg/ha⁻¹), SA (500 mg/ha⁻¹), Ácido acetilsalicílico (1000 mg/ha⁻¹), Agromos (1,0 L/ha⁻¹), Bion (0,04 Kg/ha⁻¹), AS (400 mg/ha⁻¹), SA+Cu (400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹), ASS

+ Re-Leaf (100 mg/ha⁻¹ + 1000 mg/ha⁻¹), Bayfolan (1 L/ha⁻¹). Growth and oxidative metabolism analyses were performed. It was concluded that the use of SA+Copper (400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹) provided an increase in root and stem mass, and according to the data presented, for the antioxidant metabolism, the use of acetylsalicylic acid (500 mg/ha⁻¹) was more efficient in enzymatic activation and reduction of toxic compounds.

Keywords: salicylic acid; plant resistance; enzymes.

1 INTRODUÇÃO

A batata é um dos alimentos mais consumidos pelos brasileiros, isso porque possui elevado valor nutricional e potencial produtivo (MILAGRES *et al.*, 2018). Devido à sua grande variedade gastronômica e tecnológica e ao avanço das tecnologias, a produtividade da batata vem aumentando. Apesar disso, a ocorrência de doenças ainda é um problema para os produtores, causando perdas não só na produtividade, mas também no valor do produto final.

Nesse sentido, inúmeros esforços são feitos todos os anos na tentativa de mitigar esses danos. Apesar de sua importância no manejo integrado de doenças do cafeeiro, a aplicação de agrotóxicos aumenta em mais de 10% os custos de produção (CONAB, 2017) e representa riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Por isso, diversos produtos alternativos têm sido estudados em substituição aos defensivos agrícolas, como os indutores de resistência em plantas (BONALDO *et al.*, 2005; BARROS *et al.*, 2010).

O ácido salicílico é considerado um indutor natural da termogênese e floração das plantas. Ela faz o controle de metabólitos no floema, além de atuar como indutor de resistência ao estresse nas plantas; reduz também a baixa temperatura nas mudas e alivia as ações tóxicas do cádmio, ou seja, ajuda no crescimento vegetal, principalmente nas raízes por deficiência mineral e alivia a salinização, que é um limitante na produtividade da planta (NECHAEVA *et al.*, 2020).

Além do ácido salicílico, estudos comprovaram a eficácia do cobre *in vitro* como bactericida, sendo que oxicloreto de cobre inibe o crescimento de *Xanthomonas campestris* pv. Outros estudos também comprovaram a eficiência do cobre *in vitro* nos quais as concentrações de hidróxido de cobre e fosfito de cobre inibiram completamente o crescimento de *P. Syringae* pv. *garcae in vitro*. Um exemplo de fertilizante foliar é o Bayfolan Copper, composto de nitrogênio, aminoácidos e cobre associado a sulfatos que atuam juntos ativando sistemas enzimáticos em plantas.

Haja vista o dano potencial que as doenças fúngicas têm sobre a batata e suas complicações estéticas, morfológicas e até comerciais, a suplementação com o ácido salicílico (SA) mostra-se benéfica na atenuação e até anulação desses efeitos danosos, promovendo uma melhora da cultura. Dessa forma, o presente estudo teve como finalidade avaliar fontes e doses de SA como alternativa de encontrar um melhor posicionamento dele em campo, visando a um maior controle de estresses e a um melhor incremento em massa das plantas.

2 METODOLOGIA

2.1 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO

O experimento foi implantado na fazenda Água Santa pertencente ao grupo Rocheto, no município de Perdizes (MG). O local apresenta clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1750 mm, tendo temperatura média anual igual a 20,1°C.

O plantio de batata foi realizado em março de 2022 com a cultivar Asterix. No plantio foram colocadas três “batata-semente” por metro, totalizando 37.500 ha⁻¹. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com dez tratamentos e quatro repetições (Tabela 1), constituindo 40 unidades experimentais. As parcelas foram compostas por quatro linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamentos de 0,8 m entre linhas, totalizando 16m² por unidade experimental.

Tabela 1: Descrição dos tratamentos utilizados na cultura da batata no experimento “Uso de ácido salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	Época de aplicação após o plantio		
			45	65	75
T ₁	Controle	-	-	-	-
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha ⁻¹	X	X	X
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha ⁻¹	X	X	X
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha ⁻¹	X	X	X
T ₅	Agromos	1,0 L/ha ⁻¹	X	X	X
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha ⁻¹	X	X	X
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha ⁻¹	X	X	X
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹	X	X	X
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹	X	X	X
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha ⁻¹	X	X	X

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

2.2 AVALIAÇÕES

As avaliações foram realizadas no Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP), no Campus I do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram feitas análises de crescimento e do metabolismo oxidativo.

2.2.1 Massa de matéria seca de raiz, haste, folha, tubérculo e total

Foi realizada a coleta de duas “batatas sementes” com o mesmo número de hastes por plantas em cada repetição para as avaliações de massa seca aos 21 dias após a última aplicação. No momento da coleta das plantas, foi feita a separação de folhas e caule. Posteriormente esses órgãos foram colocados em sacos de papel individualizados,

identificados e levados à estufa de secagem de ventilação forçada de ar a 65°C, até massa constante para determinação da massa de matéria seca.

2.2.2 Análise do metabolismo oxidativo

A determinação da atividade dos sensores do metabolismo oxidativo foi efetuada aos 15 dias após a aplicação. Para essas análises, as amostras de folhas foram coletadas entre oito e dez da manhã, horário em que as enzimas expressam maior atividade. Essas amostras foram colocadas em sacos de papel. As folhas foram maceradas, utilizando-se de 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.

2.2.3 Conteúdo de proteína na folha

Para determinação do teor de proteína na folha, foi utilizada a metodologia descrita por Bradford (1976). Foram adicionados 20µL de amostras e 1 mL do reagente de Bradford, após 10 minutos realizar a leitura em espectrofotômetro a 595nm. Para obtenção da curva padrão de caseína, 100 mg de caseína foram adicionados a 5 mL de água. Posteriormente, foi adicionada solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹ até a completa dissolução da caseína. Quando dissolvido, o volume foi completado para 100 mL com água destilada. A partir dessa solução, foi obtida a curva padrão de caseína com base nas concentrações de 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1 µg de caseína mL⁻¹ e 1 mL do reativo de Bradford.

2.2.4 Superóxido dismutase

A superóxido dismutase (SOD) foi determinada segundo a metodologia de Beauchamp e Fridovich (1971 *apud* BOR, OSDEMIR; TURKAN, 2003). Durante a preparação dos reagentes, todos os recipientes foram envolvidos com papel alumínio para evitar reação com a luz. Foram adicionados a um tubo de ensaio 2000 µL de tampão de fosfato de sódio (50 mmol L⁻¹ pH 7,8) 30 µL de extrato enzimático, 450 µL de solução de Nitroblue Tetrazolium (NBT) + EDTA (5:4) e 500 µL de solução de Metionina + Riboflavina (1:1). Todas as amostras foram preparadas em duplicata, sendo que, após o preparo do sistema de reação, uma das amostras foi exposta à luz durante 10 minutos, sem o papel alumínio, e a outra permaneceu coberta com o papel alumínio. Após esse período, foram realizadas leituras de absorbância a 560 nm em espectrofotômetro.

2.2.5 Atividade da peroxidase

A atividade da POD foi determinada de acordo com Teisseire e Guy (2000). Para isso, foram adicionados a um tubo de ensaio 500 µL de tampão fosfato de potássio (50 mmol L⁻¹ pH 6,5), 30 µL de extrato enzimático, 250 µL de pirogalol (1,2,3-benzenotriol)

(20 mmol L⁻¹) e 220 µL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (5 mmol L⁻¹), totalizando um volume de 1 mL. Posteriormente, os tubos de ensaio foram deixados por 5 minutos à temperatura em torno de 25°C. Após esse período, a formação de purpurogalina foi determinada em espectrofotômetro UV-visível, a 430 nm. Para o cálculo da atividade da enzima, foi utilizado o coeficiente de extinção molar de 2,5 mmol L⁻¹ cm⁻¹, sendo a atividade expressa em µmol de purpurogalina min⁻¹ mg⁻¹ de proteína.

2.2.6 Atividade da catalase

Para a determinação da atividade da CAT, as amostras foram colocadas em um tubo de ensaio 1900 µL de tampão fosfato de sódio 50 mmol L⁻¹ pH 7,0 + H₂O₂ 12,5 mmol L⁻¹ e 100 µL de extrato enzimático, resultando em um volume final de 2 mL. As leituras de absorbância foram realizadas a 240 nm e avaliadas durante 50 segundos, para que possa ocorrer a estabilização da leitura. As leituras foram realizadas com luz ultravioleta e com a luz visível apagada. Além disso, foram utilizadas cubetas de quartzo, pois permitem uma melhor leitura nessas condições de avaliação. Para os cálculos da atividade da enzima, foi utilizado o coeficiente de extinção molar do H₂O₂ de 39,4 mmol L⁻¹ cm⁻¹. A atividade da catalase foi expressa em nmol de H₂O₂ consumido min⁻¹ mg⁻¹ proteína (PEIXOTO *et al.*, 1999).

2.2.7 Peróxido de hidrogênio

A concentração de peróxido de hidrogênio foi determinada por meio da reação com iodeto de potássio (KI), segundo Alexieva *et al.* (2001). Em meio ácido, o iodeto de potássio reage com o peróxido de hidrogênio, liberando iodo e água, formando um composto de coloração laranja-avermelhado. Para essa determinação, foi utilizada a extração do material vegetal, em que 200 mg de folhas foram maceradas com 2 mL de TCA 0,1%. Após homogeneização, as amostras foram transferidas para tubos e centrifugadas a 9.700 rpm por 15 min a 4°C. Do sobrenadante foram retirados 200 µL e adicionados 200 µL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) e 800 µL de solução 1 M de KI. O branco consiste na mesma mistura descrita acima, porém, ao invés do sobrenadante da amostra, colocaram-se 200 µL de TCA 0,1%. Os tubos com a reação foram colocados em gelo e permaneceram no escuro durante uma hora. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 390 nm e a quantidade de H₂O₂ foi expressa em µmol g⁻¹ de matéria fresca.

2.2.8 Peroxidação lipídica

Foi determinada de acordo com a técnica de Heath e Packer (1968). Para isso, foram pesados 200 mg do material vegetal moído, que foram homogeneizados em 4 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) 10%. Em seguida, o conteúdo foi transferido para tubos de ensaio com rosca e papel filme, e incubado em banho maria a 90°C por 1 h. Após resfriamento, o homogeneizado foi centrifugado a 10.000 x g por 15 minutos à temperatura ambiente e, em seguida, o

sobrenadante coletado de cada amostra foi submetido a leituras de absorvância em espectrofotômetro UV-visível a 560 e 600 nm.

2.3 AVALIAÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e Teste Tukey a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISES FENOMÉTRICAS

3.1.1 Massa seca de raiz

Conforme observado na Tabela 2, para a massa seca de raiz, houve diferença estatística entre os tratamentos. O aumento de massa foi mais expressivo nos tratamentos 4 e 8, que corresponderam a um incremento de 56,67 e 30%, respectivamente.

Os incrementos encontrados para essa variável podem ser justificados pelo estudo realizado em mudas de trigo (*Triticum aestivum* L.), por Haas *et al.* (2015), que avaliaram o efeito do SA. Como resultado, o SA auxiliou no aumento de massa fresca de raiz e na biomassa total dessas plântulas. O aumento na massa radicular tende a beneficiar o incremento na retenção e absorção de água e nutrientes, o que tem como resultado um melhor desempenho fisiológico das plantas (GORNÍ; PACHECO, 2016).

Tabela 2: Fitomassa seca de raiz (g.planta⁻¹), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas ((MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	Massa seca de raiz
T ₁	Controle	-	0,050 cde*
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha ⁻¹	0,048 def
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha ⁻¹	0,045 efg
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha ⁻¹	0,078 a
T ₅	Agromos	1,0 L/ha ⁻¹	0,058 bcd
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha ⁻¹	0,058 bcd
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha ⁻¹	0,062 bc
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹	0,065 b
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹	0,0367 fg
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha ⁻¹	0,035 g
		DMS (g.planta ⁻¹)	0,011
		CV (%)	9,06

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.1.2 Massa seca de haste

Os tratamentos apresentaram diferença significativa para a massa seca de haste. Os tratamentos 8 e 5 foram os que mais apresentaram aumento em relação ao controle e

corresponderam respectivamente a 23,27 e 21,33% de aumento na massa dessa variável. Esse resultado pode ser novamente explicado pelo fato de que o SA, ao atuar como hormônio nas plantas, juntamente com outros hormônios responsáveis pelo crescimento, como o ácido indolilacético (AIA), e juntamente com a giberelina, desempenha papel importante no crescimento vegetativo, sobretudo na altura total das plantas (KERBAUY *apud* COLLI, 2008).

Tabela 3: Fitomassa seca de haste (g.planta^{-1}), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	Massa seca de haste
T ₁	Controle	-	0,352 abc*
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha^{-1}	0,283 cde
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha^{-1}	0,282 cde
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha^{-1}	0,357 abc
T ₅	Agromos	1,0 L/ha^{-1}	0,427 a
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha^{-1}	0,387 ab
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha^{-1}	0,317 bcd
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha^{-1} + 50g/ ha^{-1}	0,433 a
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha^{-1} + 1000 mg/ha^{-1}	0,250 de
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha^{-1}	0,195 e
		DMS (g.planta^{-1})	0,100
		CV (%)	12,53

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.1.3 Massa seca de folhas

Na análise de massa seca de folhas, também houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados. Entre eles, o que apresentou o maior incremento quando comparado ao controle foi o tratamento 6, correspondendo a 80,36%. Além disso, vale ressaltar que os tratamentos 4 e 5 apresentaram média de aumento de 64,29%, quando comparado ao tratamento ausente de aplicações. Esses resultados podem ser explicados pelo fato de AS atuar na divisão das células dos meristemas apicais, o que influencia diretamente na produção de auxinas, hormônio responsável por desempenhar a estimulação do aumento das taxas de crescimento vegetativo (KHAN *et al.*, 2010).

Um fator que está intimamente ligado ao desenvolvimento da cultura é a área foliar (AF), isso porque o maquinário fotossintético depende da absorção da energia solar, que é convertida em uma forma assimilada pela planta, e esta é um dos indicadores de produtividade (KHAN *et al.*, 2010). O aumento de massa seca de folha torna-se importante até o momento em que a planta atinge o IAF ótimo. Antes disso, o aumento da emissão de folhas potencializa a fotossíntese líquida de plantas.

Tabela 4: Fitomassa seca de folha (g.planta⁻¹), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	Massa seca de folha
T ₁	Controle	-	0,187 cde*
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha ⁻¹	0,177 de
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha ⁻¹	0,15 e
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha ⁻¹	0,300 abc
T ₅	Agromos	1,0 L/ha ⁻¹	0,313 ab
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha ⁻¹	0,336 a
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha ⁻¹	0,297 abcd
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹	0,373 a
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹	0,205 bcde
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha ⁻¹	0,095 e
		DMS (g.planta ⁻¹)	0,118
		CV (%)	20,06

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.1.4 Massa seca de tubérculo

Para a massa seca dos tubérculos, os tratamentos não se diferiram estatisticamente. De acordo com Banik *et al.* (2016), a caracterização da tolerância a estresses em cultivares de batata é complicada devido ao fato de não haver uma relação constante entre as respostas em peso e as características fisiológicas ou morfológicas específicas.

Tabela 5: Fitomassa seca de tubérculo (g.planta⁻¹), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	Massa seca de tubérculo
T ₁	Controle	-	3,840 a*
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha ⁻¹	3,908 a
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha ⁻¹	3,482 a
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha ⁻¹	3,840 a
T ₅	Agromos	1,0 L/ha ⁻¹	3,498 a
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha ⁻¹	3,290 a
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha ⁻¹	3,562 a
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹	4,213 a
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹	3,540 a
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha ⁻¹	3,563 a
		DMS (g.planta ⁻¹)	0,950
		CV (%)	10,63

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.1.5 Massa seca total

Para matéria seca total, os tratamentos se diferiram estatisticamente. O resultado encontrado diverge do observado por Alhoshan *et al.* (2019), que defendem que os fatores estressores podem afetar a arquitetura fisiológica da planta, reduzindo o tamanho da folha e a sua taxa de expansão e aumento na taxa de senescência. Contudo, no presente estudo, mesmo com a aplicação de ácido salicílico, não houve incremento em massa seca total das plantas quando comparadas com o tratamento ausente de aplicações.

Tabela 6: Fitomassa seca total (g.planta⁻¹), no experimento: “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	Massa seca total
T ₁	Controle	-	17,010 a*
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha ⁻¹	17,112 a
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha ⁻¹	17,581 a
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha ⁻¹	17,227 a
T ₅	Agromos	1,0 L/ha ⁻¹	18,254 a
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha ⁻¹	18,604 a
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha ⁻¹	16,926 a
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹	17,236 a
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹	17,873 a
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha ⁻¹	17,277 a
		DMS (g.planta ⁻¹)	2,497
		CV (%)	5,86

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.2 ENZIMAS

3.2.1 Proteína solúvel total

Para o teor de proteína, os tratamentos se diferiram quando comparados pelo teste estatístico. Ao analisar o teor de proteína dos tratamentos, observou-se um aumento de 2,65% no tratamento 5, quando comparado ao controle.

O aumento no tratamento 5 se justifica devido ao ácido salicílico funcionar como um regulador da planta na modulação de suas características bioquímicas e fisiológicas quando exposta a algum estresse abiótico. Além disso, ele é responsável por aumentar as respostas de aminoácidos como a prolina, enzimas antioxidantes, proteínas, metabólitos secundários e açúcar. Isso porque ele promove a tolerância a estresses como metais pesados, solo salino, seca e frio (ARIF *et al.*, 2020).

Tabela 7: Teores de Proteína Solúvel Total (mg g^{-1} MF), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	Proteína
T ₁	Controle	-	10,344 ab*
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha^{-1}	8,268 c
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha^{-1}	8,737 bc
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha^{-1}	10,114 ab
T ₅	Agromos	1,0 L/ha^{-1}	10,618 a
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha^{-1}	8,884 bc
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha^{-1}	9,709 abc
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha^{-1} + 50g/ ha^{-1}	9,903 abc
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha^{-1} + 1000 mg/ha^{-1}	9,552 abc
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha^{-1}	10,337 ab
		DMS (mg g^{-1} MF)	1,696
		CV (%)	7,23

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.2.2 Enzima POD

Para a enzima peroxidase (POD), os tratamentos se diferiram estatisticamente. A maior atividade da enzima foi observada no tratamento 3 (108,43%), porém vale salientar que os tratamentos 10 e 6 apresentaram respectivamente aumento de 62,83% e 60,05% quando comparados ao controle. Esses dados corroboram os valores encontrados por Sedaghat *et al.* (2017), que testaram o ácido salicílico em plantas de trigo e observaram incremento na atividade da POD, o que confirma que o ácido salicílico tem capacidade de estimular o metabolismo antioxidante.

Tabela 8: Atividade da enzima peroxidase (POD) (μmol purpurogalina min^{-1} mg proteína $^{-1}$), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	POD
T ₁	Controle	-	2,537 d*
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha^{-1}	3,732 bc
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha^{-1}	5,288 a
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha^{-1}	2,591 d
T ₅	Agromos	1,0 L/ ha^{-1}	3,291 bcd
T ₆	Bion	0,04 Kg/ ha^{-1}	4,061 b
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha^{-1}	3,035 cd
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha^{-1} + 50g/ ha^{-1}	3,874 bc
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha^{-1} + 1000 mg/ha^{-1}	2,410 d
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ ha^{-1}	4,131 b
		DMS (μmol purpurogalina min^{-1} mg proteína $^{-1}$)	0,884
		CV (%)	10,40

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A peroxidase é amplamente distribuída em plantas superiores e envolvida em vários processos de estresse. É considerada uma enzima de alto peso molecular capaz de eliminar 15 H_2O_2 produzida durante a dismutação enzimática e não enzimática no citosol e cloroplasto. O aumento da atividade das peroxidases é uma resposta metabólica relacionada a diferentes tipos de estresses (JIMÉNEZ *et al.*, 1998).

Dessa forma, essa enzima, frequentemente, tem sido utilizada como um parâmetro metabólico durante alterações de crescimento e condições de estresse ambiental. A peroxidase apresenta maior afinidade ao H_2O_2 em relação à CAT, porém é necessário um substrato, para que haja a redução, transformando esse radical em água e oxigênio (ASADA, 1994; TAIZ *et al.*, 2017).

3.2.3 SOD

Para a enzima superóxido dismutase, também houve diferença estatística entre os tratamentos. O maior aumento da atividade da SOD foi observado no tratamento 8 (53,95%). Contudo, o tratamento 3 também apresentou aumento significativo, correspondendo a 50,94%, quando comparado ao tratamento ausente de aplicações.

Em um experimento desenvolvido por Fan *et al.* (2022), o uso de ácido salicílico promoveu aumentos nas atividades de SOD, CAT e POD em plantas de tomate sob déficit hídrico, o que foi explicado pelo fato de que as respostas antioxidantes induzidas por ácido salicílico são essenciais para proteger a planta do estresse oxidativo.

Tabela 9: Atividade da enzima Superóxido dismutase (SOD U μg proteína⁻¹), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	SOD
T ₁	Controle	-	57,159 cd*
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha ⁻¹	75,146 ab
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha ⁻¹	86,273 a
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha ⁻¹	57,793 cd
T ₅	Agromos	1,0 L/ha ⁻¹	69,971 bc
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha ⁻¹	54,043 de
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha ⁻¹	74,625 ab
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹	87,996 a
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹	42,190 e
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha ⁻¹	52,478 de
		DMS (U μg proteína ⁻¹)	14,055
		CV (%)	8,78

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

O melhor desempenho da enzima no tratamento 8 pode ser justificado pelo fato de cobre (Cu) desempenhar nas plantas um papel importante como elemento estrutural em proteínas reguladoras e como cofator de muitas enzimas (como Cu/Zn superóxido dismutase, amino oxidase, lacase, plastocianina e polifenol oxidase). Também participa do transporte de elétrons na fotossíntese, respiração mitocondrial e na resposta ao estresse oxidativo, bem como no metabolismo da parede celular, transcrição e translocação de proteínas e sinalização hormonal, conforme já descrito na literatura.

3.2.4 CAT

Para a enzima catalase, foi observada diferença estatística entre os tratamentos. Quando comparados ao tratamento ausente de aplicações, o que apresentou maior incremento na atividade da enzima foi o tratamento 10, responsável pelo aumento de 75,75%.

Segundo Gill e Tuteja (2010), a alta atividade da enzima é justificada pela sua capacidade de converter rapidamente grandes concentrações de H₂O₂ em pouco tempo. Além disso, essas enzimas degradam o peróxido de hidrogênio sem utilizar redutores celulares, sendo sua atividade incrementada de forma linear à concentração de substrato (SCANDALIOS, 2005; TAIZ *et al.*, 2017). Outra justificativa pode ser o fato de o produto do tratamento 10 apresentar cobre em sua composição, o que pode ter proporcionado aumento da SOD e posteriormente da CAT.

Tabela 10: Atividade da enzima Catalase (CAT, $\mu\text{mol min}^{-1} \mu\text{g prote\acute{a}na}^{-1}$), no experimento “Uso de \u00c1cido Salic\u00edlico em batata”. N\u00facleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universit\u00e1rio de Patos de Minas (UNIPAM).

Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	CAT
T ₁	Controle	-	1.317,467 b
T ₂	\u00c1cido acetilsalic\u00edlico	100 mg/ha ⁻¹	1.379,214 b
T ₃	\u00c1cido acetilsalic\u00edlico	500 mg/ha ⁻¹	1.1130,579 b
T ₄	\u00c1cido acetilsalic\u00edlico	1000 mg/ha ⁻¹	849,117 b
T ₅	Agromos	1,0 L/ha ⁻¹	1.214,059 b
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha ⁻¹	852,594 b
T ₇	\u00c1cido salic\u00edlico	400 mg/ha ⁻¹	870,343 b
T ₈	\u00c1cido salic\u00edlico + Cobre	400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹	1.200,899 b
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹	758,409 b
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha ⁻¹	2.410,313 a
		DMS ($\mu\text{mol min}^{-1} \mu\text{g prote\acute{a}na}^{-1}$)	655,836
		CV (%)	22,40

* M\u00e9dias seguidas de mesma letra n\u00e3o diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de signific\u00e2ncia.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.2.5 H₂O₂

Ao se analisarem os teores de per\u00f3xido de hidrog\u00eanio, observou-se que tamb\u00e9m houve diferen\u00e7a estat\u00edstica entre os tratamentos. O tratamento que apresentou maior redu\u00e7\u00e3o foi o 3, respons\u00e1vel por 29,05%, seguido do tratamento 8, que correspondeu a 16,65% de diminui\u00e7\u00e3o do composto.

A diminui\u00e7\u00e3o dos teores de H₂O₂ se justifica pela atividade das enzimas antioxidantes que auxiliaram na redu\u00e7\u00e3o do per\u00f3xido, evitando a degrada\u00e7\u00e3o celular. Al\u00e9m disso, \u00e9 importante ressaltar que os n\u00edveis do composto t\u00f3xico foram menores onde a atividade das enzimas POD e SOD foram maiores. De acordo com Gill e Tuteja (2010), ao ser exposta a estresses abi\u00f3ticos, a SOD \u00e9 a primeira enzima antioxidante que defende a c\u00e9lula contra a oxida\u00e7\u00e3o que converteu os radicais de super\u00f3xido (O₂⁻) em agentes menos t\u00f3xicos como o H₂O₂.

Tabela 11: Teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , $\mu\text{mol g}^{-1} \text{MF}^{-1}$), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose(L ou mg/ha)	H_2O_2
T ₁	Controle	-	56,809 abc*
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha ⁻¹	64,213 ab
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha ⁻¹	40,306 d
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha ⁻¹	47,818 cd
T ₅	Agromos	1,0 L/ha ⁻¹	68,453 a
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha ⁻¹	58,092 abc
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha ⁻¹	69,293 a
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹	47,353 cd
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹	50,889 cd
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha ⁻¹	52,515 bcd
		DMS ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{MF}$)	13,268
		CV (%)	9,81

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.2.6 Peroxidação lipídica (PL)

Para a peroxidação de lipídios, os tratamentos também se diferiram estatisticamente. Ao se analisar a degradação dessa estrutura, foi observada uma queda nos tratamentos 3 e 2, correspondendo a 12,44 e 9,04% de diminuição quando comparados ao controle.

A redução do teor de PL pode ser justificada pelo aumento da atividade das enzimas POD, SOD e CAT nos tratamentos 2 e 3 e na redução de H_2O_2 no tratamento 3, devido às enzimas controlarem os compostos tóxicos, evitando a degradação das membranas (MARSCHNER, 2012; TAIZ *et al.*, 2017).

Tabela 12: Peroxidação lipídica (nmol TBARS g MF⁻¹), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

Trat	Produto	Dose (L ou mg/ha)	PL
T ₁	Controle	-	15,219 cde*
T ₂	Ácido acetilsalicílico	100 mg/ha ⁻¹	13,843 de
T ₃	Ácido acetilsalicílico	500 mg/ha ⁻¹	13,325 e
T ₄	Ácido acetilsalicílico	1000 mg/ha ⁻¹	15,396 cde
T ₅	Agromos	1,0 L/ha ⁻¹	16,754 bc
T ₆	Bion	0,04 Kg/ha ⁻¹	15,065 cde
T ₇	Ácido salicílico	400 mg/ha ⁻¹	16,493 cd
T ₈	Ácido salicílico + Cobre	400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹	15,786 cde
T ₉	ASS + Re-Leaf	100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹	19,277 ab
T ₁₀	Bayfolan	1,0 L/ha ⁻¹	21,726 a
		DMS (g.planta ⁻¹)	2,654
		CV (%)	6,70

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que o uso de ácido salicílico + cobre na dose de 400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹ (T₈) proporcionou incremento de massa de raiz e hastes. Para o metabolismo antioxidante, o uso de ácido acetilsalicílico na dose de 500 mg/ha⁻¹ (T₃) e de ácido salicílico + cobre na dose de 400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹ (T₈) se mostraram mais eficientes na ativação enzimática, principalmente das enzimas POD e SOD, respectivamente, além de reduzirem o peróxido de hidrogênio e a peroxidação dos lipídeos.

REFERÊNCIAS

ABREU, I. A.; CABELLI, D. E. Superoxide dismutases-a review of the metal-associated mechanistic variations. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics**, [S. l.], v. 1804, n. 2, p. 263-274, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2009.11.005>.

ALEXIEVA, V. *et al.* The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, [S. l.], v. 24, n. 12, p. 1337-1334, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x>.

ALHOSHAN, M. *et al.* Effect of soil drought on biomass production, physiological attributes and antioxidant enzymes activities of potato cultivars. **Russian Journal of Plant Physiology**, [S. l.], v. 66, n. 2, p. 265-277, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1134/S1021443719020031>.

ARIF, Y. *et al.* Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: a study towards physiology and signal transduction under challenging environment. **Environmental and Experimental Botany**, [S. l.], v. 175, p. 104040, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104040>.

ASADA, K. Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues. *In*: FOYER, C.H.; MULLINEAUX, P.M. (Ed.). **Causes of photo-oxidative stress and amelioration of defense systems in plants**. Boca Raton: CRC Press, p. 77-104, 1994.

BANIK, P. *et al.* Effects of drought acclimation on drought stress resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, [S. l.], v. 126, p. 76-89, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.01.008>.

BARROS, F. C. *et al.* 2010. Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 231-239, 2010. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7071>.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BONALDO, S. M. *et al.* **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ. 11-28. 2005.

BOR, M. F. *et al.* 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, n.1, p. 77-84, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00338-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00338-2).

BURRA, D. D. *et al.* Salicylic and jasmonic acid pathways are necessary for defence against *Dickeya solani* as revealed by a novel method for Blackleg disease screening of in vitro grown potato. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 17, n. 5, p. 1030-1038, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/plb.12339>.

COLLI, S. Outros reguladores: Brassinoesteróides, Poliaminas, ácidos Jasmônico e Salicílico. *In*: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2008. 297-302 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura da batata: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2008 a 2017**. vol. 12. Brasília-DF: Conab. 2017. 19 p.

MILAGRES, C. do C. *et al.* Índices de nitrogênio e modelo para prognosticar a produção de tubérculos de batata. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 3, p. 261-270, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865030006>.

FAN, S. *et al.* The salicylic acid mediates selenium-induced tolerance to drought stress in tomato plants. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 300, p. 111092, jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111092>.

GARCIA, É. L. *et al.* Potencialidade de processamento industrial de cultivares de batatas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, p. 1742-1747, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140072>.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>.

GORNI, P. H.; PACHECO, A. C. Growth promotion and elicitor activity of salicylic acid on *Achillea millefolium* L. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 15, n. 16, p. 657-665, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJB2016.15320>.

HAAS, C. J. T. *et al.* Effect of salicylic acid on root growth and total biomass of wheat seedlings. **Terra Latinoamericana**, Chapingo, v. 33, n. 1, p. 63-68, ref. 22, 2015. Disponível em: <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/45>.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, [S. l.], v. 125, n. 1, p. 189-198, 1968. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)

JIMÉNEZ, A. *et al.* Mitochondrial and peroxisomal ascorbate peroxidase of pea leaves. **Physiologia Plantarum**, [S. l.], v. 104, n. 4, p. 687-692, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040424.x>.

KHAN, N. A. *et al.* Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. **International Journal of Plant Biology**, [S. l.], v. 1, n. 1, e1, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4081/pb.2010.e1>.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. New York. 2012. 651 p.

MOREY, R. *et al.* Non-invasive identification of potato varieties and prediction of the origin of tuber cultivation using spatially offset Raman spectroscopy. **Analytical & Bioanalytical Chemistry**, [S. l.], v. 412, n. 19, p. 4585-4594, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02706-5>.

NECHAEVA, T. L. *et al.* Salicylic and hydroxybenzoic acids affect the accumulation of phenolic compounds in tea-plant cultures in vitro. **Biology Bulletin**, [S. l.], v. 47, n. 4, p. 374-380, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1134/S1062359020040093>.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 38, n. 7, p. 995-1014, jul. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2005000700003>.

SEDAGHAT, M. *et al.* Physiological and antioxidant responses of winter wheat cultivars to strigolactone and salicylic acid in drought. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 119, p. 59-69, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.08.015>.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, v. 153, n. 1, p. 65-72, 2000.