

Tecnologia e Gestão da Inovação em Sistemas de Produção Sustentáveis

Vol. 3

Cristiano Reschke Lajús
Fábio José Busnello
Aline Vanessa Sauer
Magdalena Reschke Lajús Travi
Francieli Dalcanton
(Orgs.)



TECNOLOGIA E GESTÃO DA
INOVAÇÃO EM SISTEMAS DE
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS
Volume 3



Cristiano Reschke Lajús
Fábio José Busnello
Aline Vanessa Sauer
Magdalena Reschke Lajús Travi
Francieli Dalcanton
(Orgs.)

TECNOLOGIA E GESTÃO DA
INOVAÇÃO EM SISTEMAS DE
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS
Volume 3



Chapecó, 2025



Presidente
Vincenzo Francesco Mastrogiacomio

Vice-Presidente
Ivonei Barbiero

Reitoria

Reitor: Claudio Alcides Jacoski
Pró-Reitora de Ensino, Pesquisa e Extensão: Andréa de Almeida Leite Marocco
Pró-Reitor de Infraestrutura e Gestão: José Alexandre De Toni

Diretora de Pesquisa e Pós-Graduação: Vanessa da Silva Corralo



T255 Tecnologia e gestão da inovação em sistemas de produção sustentáveis –
Vol. 3 [recurso eletrônico] / Cristiano Reschke Lajús ... [et al.] (Orgs.). –
Chapecó, SC: Argos, 2025
276 p.: il. – (Perspectivas; n. 93).

Livro eletrônico
formato: PDF
Vários autores
Inclui bibliografias
ISBN: 978-85-7897-386-5

1. Fisiologia vegetal. 2. Agronomia. 3. Sistemas de produção.
sustentáveis. 4. Iniciação científica. I. Lajús, Cristiano Reschke.
II. Busnello, Fábio José. III. Sauer, Aline Vanessa. IV. Travi, Magdalena
Reschke Lajús. V. Dalcanton, Francieli. VI. Título. VII. Série.

CDD: (ed. 23) -- 630.2772

Catálogo elaborado pela Bibliotecária Nádia Kunzler CRB 14/1785
Biblioteca Central da Unochapecó

As ideias, imagens e demais informações apresentadas nesta obra são de inteira
responsabilidade de seus autores.

Todos os direitos reservados à Argos Editora da Unochapecó

Servidão Anjo da Guarda, 295-D – Bairro Efapi – Chapecó (SC) – 89809-900
(49) 3321 8421 – argos@unochapeco.edu.br – www.unochapeco.edu.br

Coordenadora: Vanessa da Silva Corralo



Conselho Editorial

Titulares: Odisséia Aparecida Paludo Fontana (presidente), Cristian Bau Dal Magro
(vice-presidente), Andréa de Almeida Leite Marocco, Vanessa da Silva Corralo,
Rosane Natalina Meneghetti, Cleunice Zanella, Hilario Junior dos Santos,
Rodrigo Barichello, Fátima Ferretti Tombini, Marilandi Maria Mascarello Vieira,
Diego Orgel Dal Bosco Almeida, Aline Mânica, Andrea Díaz Genis (Uruguai),
José Mario Méndez Méndez (Costa Rica) e Suelen Carls (Alemanha).
Suplentes: Daniela Leal, Márcia Luiza Pit Dal Magro, Cristiani Fontanela,
Elisângela Pinheiro, Marinilse Netto, Liz Girardi Muller.

Sumário

| clique no título para acessar o artigo |

Apresentação

Capítulo 1 – Rendimento da cultura da soja submetida a diferentes princípios ativos para controle de doenças fúngicas

Mauricio Nicareta Rosina

Fábio José Busnello

Kauane Xavier do Carmo Volpato

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Cristiano Reschke Lajús

Capítulo 2 – Efeitos alelopáticos de extratos de azevém, nabo e aveia na germinação do milho

Ederson Rodrigo Pavoski Gaida

Vinicius Sirtuli

João Vitor Dal Piva Francisco da Silva

João Vitor Milan

Lucas Alberto Hofmann

Jeová Pereira da Fonseca Junior

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Fábio José Busnello

Cristiano Reschke Lajús

Sumário

| clique no título para acessar o artigo |

Capítulo 3 – Eficiência operacional de semeadoras-adubadoras no sistema plantio direto

Elismar Baggio

Fábio José Busnello

Gelso Marchioro

Karen Doering Brustolin

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Cristiano Reschke Lajús

Capítulo 4 – Tecnologia embarcada em máquinas agrícolas e seus benefícios aos produtores da região Oeste de Santa Catarina

Fabio Luiz Dalla Rosa

Fábio José Busnello

Kauane Xavier do Carmo Volpato

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Cristiano Reschke Lajús

Sumário

| clique no título para acessar o artigo |

Capítulo 5 – Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas no município de Guatambu (SC)

Mateus Saretto Demartini

Fábio José Busnello

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Cristiano Reschke Lajús

Capítulo 6 – Produtividade do morangueiro submetido a diferentes adubações

Andrei Fernando Grigolo Wertphalen

Giovani Basso

Gustavo Covatti Brustolin

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Fábio José Busnello

Cristiano Reschke Lajús

Sumário

| clique no título para acessar o artigo |

Capítulo 7 – Produtividade da cultura do milho manejada em diferentes fontes de nitrogênio

Bianca Mello Machado

Gabriela Rita Ratkiewicz

Guilherme Brixner Zagonel

Izadora Schussler

Vinicius Locateli

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Fábio José Busnello

Cristiano Reschke Lajús

Capítulo 8 – Influência de diferentes velocidades de semeadura do milho (*Zea mays*)

Felipe Fiorentin

Vitor P. Listoni

Leonardo Trentin Ferrão

Mathias Galli de Oliveira

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Fábio José Busnello

Cristiano Reschke Lajús

Sumário

| clique no título para acessar o artigo |

Capítulo 9 – Inoculação na emergência e desenvolvimento inicial da soja

Ronivan Verdi Biasus

Fábio José Busnello

Guilherme Henrique Puhl

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Cristiano Reschke Lajús

Capítulo 10 – Produtividade da alface cultivada por diferentes cores de sombrite

Felipe Mella

João Victor B. Caumo

João Nicolau M. Diel

Lucas M. Braganholi

Renan Bergamim

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Fábio José Busnello

Cristiano Reschke Lajús

Sumário

| clique no título para acessar o artigo |

Capítulo 11 – Aplicação de boro no tratamento de sementes de soja

Vinícius Rovani

Fábio José Busnello

Kauane Xavier do Carmo Volpato

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Cristiano Reschke Lajús

Sobre os autores e as autoras

Créditos

Apresentação

A obra *Tecnologia e gestão da inovação em sistemas de produção sustentáveis – vol. 3*, coordenada pelo Curso de Agronomia, tem por objetivo proporcionar aos acadêmicos um espaço institucional para apresentação e discussão de seus trabalhos de pesquisa, promovendo o intercâmbio entre estudantes de graduação e graduados que participaram de Iniciações Científicas na disciplina de Fisiologia Vegetal (4º período) do Curso de Agronomia.

A Iniciação Científica está voltada para a valorização do estudante e constitui-se em significativa oportunidade de o acadêmico conhecer a vertente da pesquisa para inserção no mercado de trabalho. Esta experiência poderá fazer a diferença no futuro profissional do discente. A importância da Tecnologia e gestão da inovação em sistemas de produção sustentáveis no desenvolvimento da pesquisa no Curso de Agronomia da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ) reflete diretamente na aproximação do ensino *versus* pesquisa, ou seja, a relação: teoria *versus* prática, facilitando o processo ensino aprendizagem.

Por esta razão, a participação dos acadêmicos no referido seminário, seja como autor, seja simplesmente com a presença em plenário, torna-se um significativo incentivo à divulgação das pesquisas realizadas no Curso de Agronomia da UNOCHAPECÓ.

Rendimento da cultura da soja submetida a diferentes princípios ativos para controle de doenças fúngicas

Mauricio Nicareta Rosina

Fábio José Busnello

Kauane Xavier do Carmo Volpato

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Cristiano Reschke Lajús

Introdução

A presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a influência de diferentes produtos utilizados no controle de doenças fúngicas sobre o rendimento da cultura da soja. Trata-se de uma cultura de grande importância econômica no cenário agrícola nacional e internacional, cuja produtividade está diretamente relacionada à adoção de práticas adequadas de manejo nutricional e fitossanitário ao longo de seu ciclo. Para que a soja expresse seu potencial produtivo máximo, é fundamental que sejam atendidas suas exigências nutricionais e que sejam adotadas estratégias eficazes de controle de doenças, incluindo o uso correto e oportuno de fungicidas.

Nesse contexto, o uso de tecnologias e o conhecimento técnico sobre os melhores períodos e formas de aplicação de produtos fitossanitários tornam-se essenciais. O aumento da produtividade da cultura depende de decisões bem fundamentadas quanto à escolha dos produtos, às doses aplicadas e ao momento adequado de intervenção.

A presente pesquisa foi estruturada com base nesses pilares, considerando como eixos norteadores o entendimento aprofundado sobre a cultura da soja, as épocas de aplicação dos produtos e o manejo fitossanitário como um todo.

A crescente preocupação com perdas causadas por doenças tem levado ao aprofundamento de estudos sobre diferentes manejos e formulações de fungicidas. A busca pela maximização da produtividade é constante e, por isso, práticas mais eficientes e adaptadas às condições da lavoura são cada vez mais demandadas. A pesquisa avaliou quatro diferentes manejos, com aplicações de distintos princípios ativos, visando compreender a funcionalidade e a efetividade desses produtos no controle das principais doenças que acometem a soja.

Dentre os objetivos propostos, destaca-se a avaliação da aplicação de diferentes princípios ativos no controle de doenças fúngicas e seus reflexos sobre o rendimento da cultura. Além disso, buscou-se analisar os componentes do rendimento, determinar as doses mais adequadas nas aplicações e quantificar a produtividade final dos grãos.

A justificativa para este estudo encontra respaldo na constatação de que a produtividade da soja pode ser severamente comprometida por fatores bióticos, especialmente doenças. Entre os principais patógenos que afetam a cultura, destacam-se a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), septoriose (*Septoria glycines*), míldio (*Pero-
nospora manshurica*), crestamento de cercospora (*Cercospora kikuchi*), oídio (*Microsphaera diffusa*), além de viroses como o Soybean mosaic potyvirus e o Yellow mosaic virus. As doenças de final de ciclo (DFC), como antracnose (*Colletotrichum truncatum*), mancha parda (*Septoria glycines*) e o crestamento foliar por cercospora (*Cercospo-*

ra kikuchii), também são responsáveis por reduções significativas na produtividade da soja (Balardin, 1999).

Em condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento dessas doenças, os danos podem ultrapassar 20% da produção (Julatti *et al.*, 2003). Para minimizar tais perdas, diversas estratégias de manejo podem ser adotadas, como a utilização de cultivares resistentes, a rotação de culturas, o uso de sementes sadias, práticas de manejo de solo e adubação equilibrada – especialmente com potássio –, e, sobretudo, a aplicação preventiva de fungicidas nos estágios reprodutivos R5 e R6 da cultura, considerados os mais sensíveis às doenças fúngicas.

Diante do aumento dos custos de produção, torna-se ainda mais relevante a busca por práticas que promovam o melhor aproveitamento do potencial produtivo da cultura. Avaliar a eficiência dos produtos aplicados no controle de doenças fúngicas não somente possibilita melhores resultados em campo, mas também orienta decisões mais estratégicas, contribuindo para a sustentabilidade e a competitividade da produção de soja.

Procedimentos metodológicos

O experimento foi conduzido no campo experimental localizado na propriedade de Mauro Rosina, situada na comunidade de linha Vista Alegre, no município de Quilombo (SC). A execução da pesquisa ocorreu entre os meses de outubro de 2021 a fevereiro de 2022, totalizando cinco meses de acompanhamento, sendo as avaliações realizadas ao final desse período.

Figura 1 – Local de realização do Ensaio. Quilombo (SC), 2021



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A área experimental encontra-se inserida em um ambiente edafoclimático caracterizado por solo do tipo Latossolo Vermelho, Distroférrico, com textura argilosa, conforme classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018). O clima da região é classificado como CFA, caracterizado como tropical úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e temperaturas médias mensais superiores a 22 °C nos meses mais quentes (Mendonça, 2007).

O presente estudo foi estruturado com base em metodologia de abordagem quantitativa, buscando a mensuração e análise estatística de variáveis previamente definidas, conforme descrito por Mattar (2002). O caráter explicativo da pesquisa se justifica pela busca de compreensão dos fatores determinantes e das relações de causa e efeito associadas ao desempenho dos tratamentos aplicados, conforme destaca Gil (2009). Trata-se, portanto, de uma pesquisa experimen-

tal, pautada na manipulação controlada de variáveis para avaliação de seus efeitos sobre a cultura da soja.

A área utilizada para o experimento é uma lavoura conduzida sob sistema de plantio direto (SPD), com histórico de rotação de culturas, conforme apresentado a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 – Histórico de cultivo na unidade experimental. Quilombo (SC), 2021

Safra/ano	2017	2018	2019	2020
Verão	Feijão	Milho	Milho	Milho
Safrinha	Soja	Soja	Soja	Soja
Inverno	Aveia preta	Nabo forrageiro	Aveia branca	Aveia preta

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A cultivar escolhida para a pesquisa foi a 95R40 IPRO, pertencente ao portfólio da empresa Pioneer Sementes. Os tratamentos consistiram na aplicação de diferentes programas de manejo de fungicidas (Tabela 2), fornecidos por quatro empresas. Cada uma apresentou um conjunto específico de produtos aplicados em três momentos distintos do ciclo da cultura, conforme cronograma previamente estabelecido.

Tabela 2 – Produtos químicos usados em cada tipo de tratamento-empresa

Época	Corteva	Bayer	Basf	Syngenta
Limpa (Glifosato)	Aproach Power	Sphere Max	Aumenax	Cypress
1 ¹ Tratamento	Viovan	Fox Xpro	Ativum	Mitrium
2 ¹ Tratamento	Vessarya	Fox Xpro	Ativum	Alade
3 ¹ Tratamento	Aproach Power	Sphere Max	Versatilis	Cypress

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, e com cinco tratamentos caracterizados pelas doses T1 Corteva, T2 Testemunha, T3 Bayer, T4 Basf e T5 Syngenta, sendo 20 unidades experimentais (Tabela 3).

Tabela 3 – Croqui da área experimental

Bloco 1	T1	T2	T3	T4	T5
Bloco 2	T2	T3	T4	T5	T1
Bloco 3	T3	T4	T5	T1	T2
Bloco 4	T4	T5	T1	T2	T3

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Cada parcela foi composta por sete linhas de seis metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,45 m, resultando em uma área total de 18,9 m², com área útil de 11,25 m². Essa estrutura visou garantir uniformidade nas condições de manejo e colheita.

O preparo da área experimental iniciou-se com a dessecação no dia 8 de setembro de 2021, utilizando o herbicida ZAPP QI 620, na dose de 2 L/ha, associado ao inseticida Lannate (1 L/ha), aplicados com pulverizador tratorizado com bico tipo cônico e volume de calda de 150 L/ha. Posteriormente, foi realizada a coleta de amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm, enviadas para análise laboratorial na Epagri de Chapecó (SC).

A adubação foi definida com base na análise química do solo e na expectativa de produtividade de 4.500 kg/ha. Para isso, foi aplicada a formulação 03-21-21, totalizando 340 kg/ha. A semeadura da soja foi realizada no dia 18 de outubro de 2021, com uma semeadora adubadora de precisão, de nove linhas, espaçadas em 0,45 m, operando a uma velocidade média de 5 km/h (Figura 2). A distribuição de

sementes foi ajustada para 16 sementes por metro linear, com profundidade média de 5 cm. Durante a semeadura, foi aplicada via sulco uma mistura de inoculante e Bor Solo (produto à base de boro), na dose de 1 L/ha.

Figura 2 – Semeadora usada para implantação do experimento



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Conforme demonstrado a seguir (Figuras 3 e 4), o controle de plantas daninhas foi realizado aos 35 dias após a semeadura (DAS), utilizando o mesmo herbicida da dessecação (ZAPP QI 620, 1,7 L/ha) e o inseticida Karate Zeon 250, na dose de 50 mL/ha. Nessa aplicação também foram incluídos os fungicidas correspondentes a cada tratamento experimental.

Figura 3 – Área experimental e momento de aplicação para controle das plantas daninhas



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 4 – Equipamento usado para aplicação dos produtos químicos



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Durante o período do experimento, foram avaliadas diversas variáveis relacionadas ao desenvolvimento e produtividade da cultura da soja, incluindo altura de plantas, distância entre nós, número de nós por planta, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e rendimento (kg ha^{-1}), além da análise econômica dos tratamentos. Para isso, foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas na área útil de cada parcela, sendo realizadas medições com régua milimetrada conforme metodologia descrita por Zoz *et al.* (2009).

As amostras para avaliação da massa de mil grãos e do rendimento foram pesadas com balança analítica de precisão modelo B – TEC 1000, da marca TECNAL®, com capacidade para 10.000 g, resolução de 0,01 g, linearidade de 0,01 g, calibração automática e com tempo de estabilização em 2 segundos.

A análise estatística dos dados foi realizada com base no delineamento experimental adotado, utilizando modelos lineares e análise de variância (ANOVA). As médias dos tratamentos foram comparadas entre si por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Todas as análises foram executadas utilizando o *software* estatístico Sisvar, conforme Ferreira (2011).

Resultados e discussão

As condições climáticas que predominaram durante a safra 2021/2022 foram totalmente atípicas, marcadas por precipitações muito abaixo da média e, conseqüentemente, temperaturas elevadas. Esse cenário adverso afetou intensamente o desenvolvimento da cultura da soja, limitando o aparecimento de doenças em virtude da

baixa umidade e prejudicando o funcionamento dos fungicidas, uma vez que as plantas já estavam submetidas a alto estresse. Esses fatores influenciaram diretamente os resultados obtidos no experimento.

Conforme os dados apresentados a seguir (Tabela 4), as médias de altura de planta e diâmetro do caule, avaliadas no estágio reprodutivo R8, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos com fungicidas. No entanto, a testemunha (T2) obteve valores inferiores nas duas variáveis, como indicado pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 4 – Média da altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC) e nos tratamentos avaliados em estágio reprodutivo (R8). Quilombo (SC), 2022

	AP (cm)		DC (cm)	
T1	72,40	a	7,52	a
T2	67,00	b	5,84	b
T3	70,20	ab	6,38	ab
T4	70,60	ab	6,74	ab
T5	71,80	ab	6,68	ab
C.V (%)	3,57		9,74	

* T1: *Corteva*; T2: *Testemunha*; T3: *Bayer*; T4: *Basf*; T5: *Syngenta*. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Esses resultados corroboram estudos anteriores que apontam que diferentes princípios ativos aplicados após o surgimento dos sintomas podem promover desenvolvimento morfológico mais eficiente (Veiga *et al.*, 2004). Ainda, a tolerância ao estresse hídrico em soja é influenciada por mecanismos fisiológicos e moleculares, os quais po-

dem atuar conjuntamente, como ressaltam Casagrande *et al.* (2001) e Turner (1996). A aplicação de fungicidas pode desencadear alterações fisiológicas, como o aumento do teor de clorofila, a assimilação de nitrogênio e a redução da síntese de etileno, promovendo o desenvolvimento das plantas mesmo sob condições adversas, como demonstrado por Grossmann e Retzlaff (1997), Glaab e Kaiser (1999) e Rodrigues (2009).

Observa-se a seguir (Tabela 5) que a distância entre nós foi significativamente reduzida nos tratamentos Corteva (T1) e Bayer (T3), o que pode estar relacionado à maior agressividade dos produtos em conjunto com as altas temperaturas e baixa pluviosidade, resultando em leves sintomas fitotóxicos e, conseqüentemente, redução no porte das plantas.

Tabela 5 – Média de distância entre nós (DN) e número de nós (NN), avaliados em estágio reprodutivo (R8). Quilombo (SC), 2022

	DN (cm)		NN (cm)	
T1	5,12	b	14,80	ns
T2	6,08	ab	13,00	
T3	5,84	b	13,60	
T4	5,88	ab	13,20	
T5	6,56	a	13,80	
C.V (%)	6,53		9,03	

* T1: Corteva; T2: Testemunha; T3: Bayer; T4: Basf; T5: Syngenta. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Ns: não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas quanto a essa variável. Em relação ao número de nós, não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos, incluindo a testemunha.

Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de algumas cultivares manterem níveis adequados de água nas folhas mesmo sob estresse hídrico, conforme apontado por Neumaier *et al.* (2001). A sanidade das plantas é essencial para o desempenho fisiológico, e fungicidas como carbendazim + procotinazol mostram-se eficazes no controle de patógenos (Ferreira, 2019).

Os achados deste experimento são consistentes com resultados de Guerzoni *et al.* (2003), que observaram efeitos positivos dos fungicidas sobre características morfológicas das plantas, reforçando a importância dos testes com diferentes princípios ativos para aplicação em campo.

Apresentam-se, a seguir (Tabela 6), os dados referentes ao número de vagens por planta e ao número de grãos por vagem. Não se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos fúngicos, com exceção da testemunha, que apresentou desempenho inferior. Os tratamentos com fungicidas demonstraram maior número de vagens por planta, resultado que, mesmo em um ano atípico, reforça a importância do controle fitossanitário.

Tabela 6 – Média de número de grãos por vagens por planta (NV) e número de grãos por vagem (NGV), avaliados em estágio reprodutivo (R8). Quilombo (SC), 2022

	NV		NGV	
T1	32,80	a	2,63	ns
T2	21,60	b	2,44	
T3	29,60	ab	2,49	
T4	28,20	ab	2,55	
T5	30,20	ab	2,62	
C.V (%)	19,40		6,96	

* T1: *Corteva*; T2: *Testemunha*; T3: *Bayer*; T4: *Basf*; T5: *Syngenta*. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Ns: não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A ausência de diferenças entre os fungicidas aplicados pode estar associada ao fato de que, apesar da menor pressão de doenças, o controle proporcionado foi suficiente para garantir a formação de estruturas reprodutivas em níveis considerados adequados. A eficácia dos triazóis e estrobilurinas na manutenção do rendimento já foi amplamente relatada por Carneiro, Brignoni e Pedriel (2003), e a eficiência dos fungicidas também está diretamente associada à tecnologia de aplicação, fator que se mostrou crucial no presente estudo, conforme ressaltado por Meneghetti (2006).

Schmitz *et al.* (2014) destacam a relevância de se considerar os diferentes estádios de crescimento da soja para um manejo eficiente, e Lopes *et al.* (1998) já haviam observado efeitos positivos da aplicação de fungicidas em estágio reprodutivo, ainda que sem respostas marcantes sob estresse climático intenso.

Os dados de rendimento (Tabela 7) revelam que a testemunha (T2) obteve os maiores valores para número de grãos (NG), rendimento (RG) e peso de mil grãos (PMG), superando inclusive os tratamentos com fungicidas.

Tabela 7 – Média do número de grãos (NG), rendimento (RG), peso de mil grãos (PMG), avaliados em estágio reprodutivo (R8). Quilombo (SC), 2022

	NG		RG		PMG	
T1	122,00	b	912,00	B	136,00	b
T2	145,00	a	1310,00	A	147,00	a
T3	106,00	b	1110,00	A	137,00	b
T4	116,00	ab	1054,00	Ab	140,00	ab
T5	124,00	ab	1037,00	Ab	139,00	ab
C.V (%)	4,11		15,05		3,55	

* T1: *Corteva*; T2: *Testemunha*; T3: *Bayer*; T4: *Basf*; T5: *Syngenta*. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ($P<0,05$). Ns: não diferem entre si pelo teste Tukey ($P>0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Esse resultado aparentemente contraditório pode ser justificado pelo baixo índice de doenças, em virtude da estiagem, e por possíveis efeitos negativos dos fungicidas sob estresse hídrico. Trabalhos como os de Navarro Júnior e Costa (2002) indicam que, em anos de estresse hídrico, o abortamento de flores pode chegar a índices de até 84%, afetando severamente o rendimento.

Sharma, Dybing e Lay (1990) relatam que, em condições de radiação elevada e altas temperaturas, as perdas na formação de estruturas reprodutivas são quase irreversíveis. Em anos como o observado, com estiagem acentuada, a menor umidade do ar também reduz naturalmente a incidência e severidade de doenças, como indicado

por Cunha (1999), o que pode explicar o desempenho superior da testemunha. Esse cenário ainda impacta diretamente a fisiologia das plantas, interferindo na assimilação de nutrientes e enchimento dos grãos, conforme relatado por Picinini e Fernandes (1999). A redução no peso de mil grãos observada em alguns tratamentos reforça essa hipótese, sendo resultado da limitação hídrica durante a fase de enchimento, como também descrito por Togni (2007) em avaliações de diferentes fungicidas.

Em suma, os dados analisados ao longo do experimento demonstram que a aplicação de fungicidas proporcionou efeitos positivos em algumas características morfológicas e produtivas da soja, mesmo em uma safra marcada por estresse climático severo. No entanto, a magnitude dos ganhos foi limitada, o que reforça a importância de se considerar cuidadosamente o uso de fungicidas em condições ambientais extremas, avaliando os custos e benefícios do manejo em cada situação específica.

Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que os tratamentos fúngicos aplicados não influenciaram significativamente a altura de planta e o diâmetro do caule no estádio R8. No entanto, observou-se que a testemunha apresentou valores inferiores nessas variáveis, o que corrobora com a literatura, que destaca os benefícios do manejo fúngico no desenvolvimento da soja, mesmo em condições adversas. Além disso, os tratamentos considerados mais agressivos, como Corteva e Bayer, promoveram a redução na distância entre nós, possivelmente em razão das condições climáticas atípicas, como

altas temperaturas e baixa pluviosidade, que limitaram o crescimento vegetativo das plantas.

No que diz respeito ao número de grãos por planta e grãos por vagem, não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, mas verificou-se um maior número de grãos nas parcelas que receberam aplicação de fungicidas em relação à testemunha. Esse resultado reforça a importância do controle de doenças mesmo sob estresse hídrico e térmico, evidenciando que os fungicidas, além de atuarem na sanidade vegetal, podem contribuir positivamente para a fisiologia da planta, como o aumento do teor de clorofila, melhor aproveitamento de nutrientes e a redução de perdas relacionadas ao estresse ambiental.

Dessa forma, conclui-se que, apesar das condições climáticas desfavoráveis enfrentadas durante a safra, o manejo fúngico adequado desempenhou um papel relevante na manutenção do potencial produtivo da cultura da soja, especialmente quando comparado ao controle sem aplicações. Recomenda-se que estudos futuros aprofundem a investigação da interação entre diferentes princípios ativos e ambientes de estresse, buscando estratégias de manejo mais eficazes para mitigar os impactos negativos sobre o rendimento da cultura.

Referências

- BALARDIN, R. S. **Doenças da soja**. Santa Maria, RS: UFSM, 1999.
- CARNEIRO, L. C.; BRIGNONI, A.; PEDRIEL, F. C. Efeito de fungicidas no controle da cercosporiose do milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 306, 2003.

CASAGRANDE, E. C. *et al.* Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 168-184, ago. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000200006>.

CUNHA, G. R. Análise agrometeorológica da safra de soja 1998/1999, em Passo Fundo, RS. *In*: EMBRAPA TRIGO. **Soja, resultados de pesquisa 1998/1999**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 1999. p. 9-18. (Documentos, n. 4).

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMBRAPA SOJA. Doenças e medidas de controle. *In*: EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2011. p. 197-250. (Sistemas de Produção, n. 15).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dez. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

FERREIRA, L. P.; LEHMAN, P. S.; ALMEIDA, A. M. R. **Doenças da soja no Brasil**. Londrina, PR: Embrapa/CNPSo, 1979. 41 p. (Circular Técnica, n. 1).

FERREIRA, T. F. *et al.* Sanitary quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. **Journal of Seed Science**, Lavras, v. 41, n. 3, p. 293-300, jul./set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3210498>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2009.

GLAAB, J.; KAISER, W. M. Increased nitrate reductase activity in leaf tissues after application of the fungicide kresoxim-methyl.

Planta, Berlin, v. 207, n. 3, p. 442-448, jan. 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s004250050503>.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, p. 11-20, jan. 1997. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199705\)50:1%3C11::AID-PS556%3E3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199705)50:1%3C11::AID-PS556%3E3.0.CO;2-8).

GUERZONI, R. A. et al. Incidência de *Cercospora kikuchii*, *Phomopsis* spp. e *Fusarium* spp. em sementes de soja submetidas a diferentes fungicidas foliares para o controle da ferrugem asiática da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba. **Resumos** [...]. Londrina, PR: Embrapa/CNPSo, 2003. p. 303-304.

JULIATTI, F. C. et al. Doenças da soja. **Cultivar: Grandes Culturas**, Pelotas, n. 47, p. 3-14, 2003. (Caderno Técnico).

LOPES, M. E. B. M. et al. Controle químico da mancha parda e cretamento foliar da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 73, n. 1, p. 23-30, 1998. DOI: <https://doi.org/10.37856/bja.v73i1.1167>.

MATTAR, J. **Metodologia científica na era da informática**. São Paulo, SP: Saraiva, 2002.

MENEGHETTI, R. C. **Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura do trigo**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. Disponível em: http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2157. Acesso em: 16 mar. 2017.

NAVARRO JÚNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3,

p. 269-274, mar. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000300006>.

NEUMAIER, N. *et al.* Estresses de ordem ecofisiológica. In: BONATO, E. R. (ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2001. p. 45-65.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. Controle químico de oídio, *Microsphaera diffusa*, em três cultivares de soja na safra 1998/1999. In: EMBRAPA TRIGO. **Soja, resultados de pesquisa 1998/1999**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 1999. p. 191-198. (Documentos, n. 4).

RODRIGUES, M. A. T. **Avaliação do efeito fisiológico de fungicidas na cultura da soja**. 2009. 193 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-24022010-165137/publico/Marco_Rodrigues.pdf. Acesso em: 16 mar. 2017.

SCHMITZ, H. K. *et al.* Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-outside-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 70, n. 3, p. 378-388, mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3562>.

SHARMA, K. P.; DYBING, C. D.; LAY, C. Soybean flower abortion: genetics and impact on selection on seed yield. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 5, p. 1017-1022, set./out. 1990.

TURNER, N. C. Further progress in crop water relations. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 58, p. 293-338, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60258-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60258-8).

VEIGA, J. S. *et al.* Momento do início e intervalo de aplicação da mistura ciproconazol + azoxistrobina na cultura da soja para controle da ferrugem asiática causada por *Phakopsora pachyrhizi* em

diferentes regiões do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 285, 2004.

ZOZ, T. *et al.* Resposta da cultura do trigo a aplicação foliar de molibdênio. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DA CADEIA DO TRIGO, 4., 2009, Cascavel. **Anais eletrônicos** [...]. Cascavel, PR: FAG, 2009.

Efeitos alelopáticos de extratos de azevém, nabo e aveia na germinação do milho

Ederson Rodrigo Pavoski Gaida

Vinicius Sirtuli

João Vitor Dal Piva Francisco da Silva

João Vitor Milan

Lucas Alberto Hofmann

Jeová Pereira da Fonseca Junior

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Fábio José Busnello

Cristiano Reschke Lajús

Introdução

A alelopatia, um fenômeno natural no qual compostos bioativos liberados por uma planta afetam o crescimento e desenvolvimento de outras plantas, tem ganhado crescente atenção no contexto da agricultura sustentável. Estudos recentes indicam que extratos aquosos de plantas como aveia (*Avena sativa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo (*Raphanus sativus*) apresentam efeitos alelopáticos significativos na germinação e no crescimento inicial do milho (*Zea mays* L.). Esses extratos interferem nos processos fisiológicos das sementes de milho, inibindo tanto a taxa de germinação como o desenvolvimento das plântulas, possivelmente devido à presença de compostos fenólicos e outras substâncias bioativas (Silveira *et al.*, 2021).

Este estudo se propõe a avaliar os efeitos alelopáticos de extratos de aveia, azevém e nabo, isolados e em combinação, na germinação e no crescimento inicial do milho. A investigação busca entender como diferentes concentrações e combinações desses extratos influenciam a germinação, oferecendo a viabilidade da aplicação prática dessas culturas no manejo agrícola do milho. Com base na literatura existente, espera-se que os resultados contribuam para otimizar o uso de tratamentos alelopáticos, minimizando possíveis efeitos adversos e maximizando os benefícios para a sustentabilidade agrícola (Souza *et al.*, 2024).

Os extratos aquosos de aveia (*Avena sativa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo (*Raphanus sativus*) demonstram um efeito alelopático significativo na germinação do milho (*Zea mays* L.), inibindo tanto a taxa de germinação como o crescimento inicial das plântulas. Estudos indicam que as substâncias presentes nesses extratos interferem nos processos fisiológicos das sementes de milho, reduzindo seu potencial germinativo (Souza *et al.*, 2024). Os extratos dessas plantas afetam negativamente a germinação e o crescimento inicial do milho, provavelmente devido à presença de compostos fenólicos e outras substâncias bioativas.

A importância de integrar culturas alelopáticas no sistema de cultivo do milho destaca-se pelo potencial de reduzir a dependência de insumos químicos, como herbicidas e fertilizantes, promovendo uma agricultura mais sustentável e econômica. A adoção de práticas alelopáticas pode melhorar a qualidade do solo, a saúde das culturas e, ao mesmo tempo, reduzir custos, aumentando a rentabilidade da produção de milho (Gavilán, 2021). A integração de culturas alelopáticas, como nabo, azevém e aveia, no cultivo de milho, pode resultar

em benefícios econômicos consideráveis. Essas culturas auxiliam no controle natural de plantas daninhas e na melhoria da qualidade do solo, diminuindo a necessidade de insumos químicos e contribuindo para uma agricultura mais sustentável e econômica (Gavilán, 2021).

O tratamento alelopático é uma ferramenta valiosa para a gestão de culturas, oferecendo uma abordagem alternativa ao uso de produtos químicos. A aplicação de extratos vegetais pode reduzir a necessidade de herbicidas, minimizando impactos ambientais e promovendo práticas agrícolas mais ecológicas. Lino *et al.* (2020) revelam que a utilização de extratos de plantas pode melhorar a qualidade do solo e a saúde das culturas, reforçando a importância da alelopatia para a sustentabilidade agrícola. Contudo, a variabilidade na eficácia dos extratos vegetais depende de fatores como concentração, método de aplicação e condições ambientais. Estudos como o de Taveira *et al.* (2022) destacam a necessidade de otimizar as práticas alelopáticas para maximizar os benefícios e minimizar os efeitos adversos sobre a germinação e o crescimento das culturas.

O uso de extratos de aveia, azevém e nabo tem mostrado resultados promissores na germinação de milho (*Zea mays* L.). Sousa *et al.* (2020) indicam que esses extratos podem liberar compostos químicos que inibem o crescimento de plantas competidoras, favorecendo a gestão de ervas daninhas. Além disso, esses tratamentos podem melhorar a qualidade do solo e contribuir para práticas agrícolas mais sustentáveis. As combinações de extratos de aveia, nabo e azevém são um campo pouco explorado, especialmente no contexto da germinação do milho. A literatura atual foca, em grande parte, nos efeitos isolados desses extratos, deixando em aberto os possíveis efeitos sinérgicos ou antagônicos quando combinados.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é obter um maior entendimento sobre como os extratos aquosos de aveia (*Avena sativa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo (*Raphanus sativus*) influenciam na germinação do milho (*Zea mays* L.).

Procedimentos metodológicos

Caracterização do ambiente da pesquisa

O presente trabalho foi implantado no município de Nova Itaberaba, na linha Garibaldi, interior da região Oeste do estado de Santa Catarina. O local apresenta uma altitude de 379,71 metros em relação ao nível do mar, com planos geográficos de latitude 26°55'25.8"S e longitude 52°48'30.8"W. O local pode ser visualizado a seguir (Figura 1).

Figura 1 – Local do experimento



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

Condições edafoclimáticas

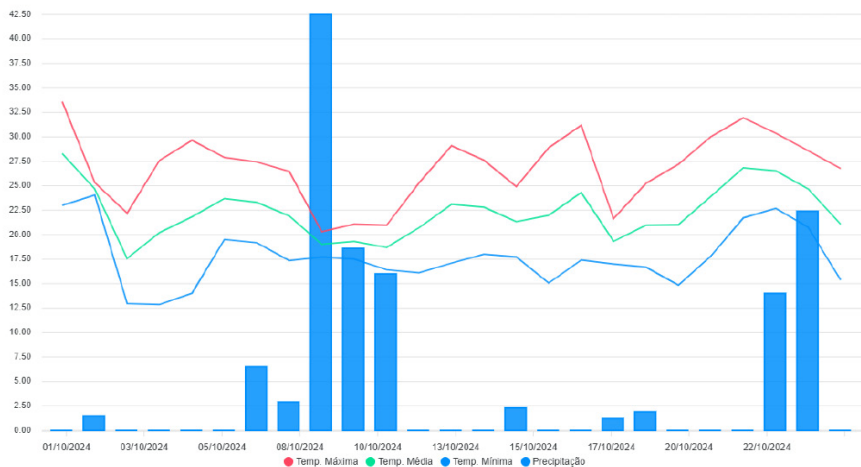
O clima da região é do tipo (Cfa) subtropical, mesotérmico úmido, com verão quente, conforme a classificação de Köppen, sendo assim com incidência de calor no verão e invernos com a presença de geadas. A temperatura média anual é 18,5 °C, sua umidade média é entre 76 a 78% e a precipitação média anual varia entre 1.700 a 1.900 mm (Epagri; Ciram, 2023).

As condições climáticas (temperatura mínima, média e máxima, variações, umidade média, pressão e vento) do experimento foram obtidas por meio do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo, 2024), conforme apresentado a seguir (Figura 2). Para o município de Nova Itaberaba, referente ao período de 01/10/2024 a 25/10/2024, temos os seguintes dados:

Nova Itaberaba - TRMM.13228: 01/10/2024 - 25/10/2024

- Temperatura mínima: valor mínimo registrado no período;
- Temperatura média: valor médio das temperaturas no período;
- Temperatura máxima: valor máximo registrado no período;
- Precipitação: soma total da acumulada no período.

Figura 2 – Monitoramento climático do período experimental. Nova Itaberaba (SC)



Fonte: Agritempo (2024).

O presente trabalho utilizou-se de substrato para a realização do experimento. Sabemos que o substrato é um dos fatores mais importantes na produção de vegetais, pois fornece elementos básicos como fixação de raiz, fornecimento de nutrientes, retenção de água dentre outros fatores, influenciando diretamente na germinação e formação de plantas (Kohler *et al.*, 2022). O substrato escolhido foi um substrato misto com uma composição variada de materiais, tendo sua composição de 5% de casca de carbonizada, 10% de vermiculita, 10% de fibra de coco, 60% de casca de pinus compostada e 15% de biochá.

Estratégia e delineamento da pesquisa

No artigo de Sampaio (2022), que trata da metodologia de pesquisa científica, o delineamento da pesquisa é descrito com base em

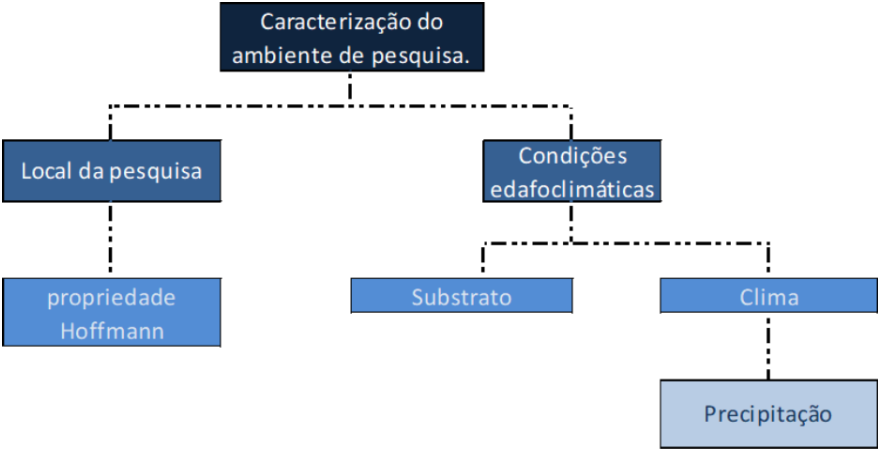
quatro dimensões: natureza, abordagem, objetividade e procedimentos técnicos. A seguir, a descrição organizada e acrescida de novos dados:

- I. Quanto à natureza: a pesquisa é de caráter experimental e busca analisar os efeitos alelopáticos de diferentes extratos vegetais em sementes de milho. Os tratamentos consistem em regas com extratos de azevém, nabo, aveia e suas combinações (azevém e nabo; azevém e aveia; aveia e nabo; azevém, nabo e aveia), além de um tratamento com água como controle (testemunha). O teste experimental foi realizado em pneus, cujas dimensões estão descritas a seguir (Figura 4), com diâmetro de 34 cm e profundidade de 5 cm, permitindo um espaço de 10 cm para o desenvolvimento da raiz. A semeadura ocorreu no dia 1º de outubro de 2024.
- II. Quanto à abordagem: a pesquisa é quantitativa, uma vez que os resultados são expressos em dados numéricos. Isso permite uma classificação e análise precisa e confiável das variáveis estudadas, possibilitando uma comparação detalhada entre os diferentes tratamentos.
- III. Quanto à objetividade: trata-se de uma pesquisa exploratória, que busca analisar as variáveis e tratamentos com extratos alelopáticos. O objetivo é identificar diferenças na germinação do milho, bem como no desenvolvimento da massa aérea e radicular das plantas.
- IV. Quanto aos procedimentos técnicos: o experimento consiste na semeadura de sementes de milho VTP3, submetidas a diferentes tratamentos com regas dos extratos alelopáticos. O delineamento experimental foi estruturado utilizando o sistema ANOVA, com três blocos e oito tratamentos, 24 tra-

tamentos, garantindo a repetibilidade e confiabilidade dos dados coletados.

Apresenta, a seguir (Fluxograma 1), a estratégia da pesquisa, evidenciando a caracterização das pesquisas realizadas em locais específicos. Nele, são destacadas as etapas iniciais de definição do objeto de estudo e a seleção dos locais de pesquisa, assim como as condições edafoclimáticas.

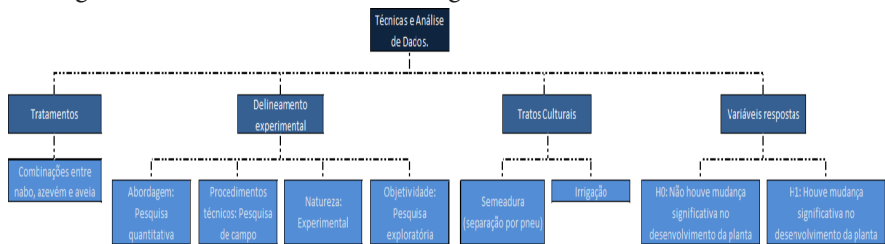
Fluxograma 1 – Delineamento estratégico da caracterização do ambiente de pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Destacam-se, a seguir (Fluxograma 2), as técnicas de análise que seguem um processo estruturado, buscando a avaliação detalhada dos dados em etapas sequenciais. Esse processo inclui tratamentos específicos, delineamento estrutural e a aplicação de tratos culturais adequados para cada situação. Após a implementação dos tratamentos, as variáveis respostas serão monitoradas, permitindo a coleta de dados relevantes para a análise.

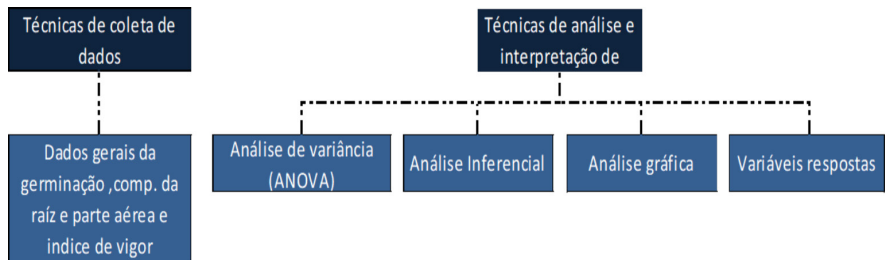
Fluxograma 2 – Delineamento estratégico das técnicas e análises de dados



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Apresenta, a seguir (Fluxograma 3), o delineamento estratégico das técnicas e análises de dados, detalhando as etapas essenciais para a obtenção de resultados consistentes. O processo começa pela definição clara dos objetivos, seguido pela seleção adequada das técnicas de coleta de dados.

Fluxograma 3 – Delineamento estratégico das técnicas e análises de dados



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tratos culturais

No experimento, foram realizados sete tratamentos e o controle, com diferentes combinações entre plantas de cobertura, tanto consorciadas ou individuais, sendo eles:

- Tratamento 00: Água normal (controle);
- Tratamento 01: Aveia (*Avena sativa*);
- Tratamento 02: Azevém (*Lolium multiflorum*);
- Tratamento 03: Nabo (*Raphanus sativus*);
- Tratamento 04: Aveia (*Avena sativa*) e azevém (*Lolium multiflorum*);
- Tratamento 05: Aveia (*Avena sativa*) e nabo (*Raphanus sativus*);
- Tratamento 06: Azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo (*Raphanus sativus*);
- Tratamento 07: Aveia (*Avena sativa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo (*Raphanus sativus*).

Na produção dos extratos utilizados no experimento, esses foram elaborados de acordo com a metodologia proposta por Nery *et al.* (2013). Foram utilizadas plantas de cobertura em estágio de florescimento, 500 g, em que temos a liberação de compostos químicos, principalmente durante o florescimento, para influenciar o crescimento e desenvolvimento de outras espécies vegetais (Pires; Oliveira, 2011). Além de utilizar-se de 5 frascos de vidro de 5 litros cada, 1 litro de álcool para cada frasco e mais 1 litro de água para cada frasco, além de papel alumínio para o isolamento da luz.

Pesou-se 500 gramas da parte aérea de cada cultura e colocou-se cada uma em um frasco de vidro, em que se adicionou 1 litro de álcool e 1 litro de água (Figura 3). Após, colocou-se papel alumínio ao redor por um período de 2 dias, mantendo-o bem fechado. Em seguida, deixou-se aberto por mais 1 dia, para a volatilização do álcool, e posteriormente fechado novamente até a utilização dos extratos.

Figura 3 – Preparação dos extratos de nabo, aveia e azevém para germinação do milho



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Para garantir a oferta hídrica para as plantas, foi necessário fornecer 200 ml de solução por dia, sendo 150 ml de água natural e 50 ml de extrato, totalizando uma concentração de 25%. Baseando-se em Batista *et al.* (2013), concluiu-se que uma concentração de 25% de extrato é suficiente para obter resultados significativos do efeito alelopático, podendo analisar matéria seca (M.S.) da parte aérea, estatura de plântulas, sabendo que neste outro trabalho foi obtido resultado significativo em todas as doses, que variaram de 25% até 100%.

Foi implantado o teste experimental em pneus, cujas dimensões estão descritas a seguir (Figura 4 e Figura 5), tendo um diâmetro de 34 cm e uma profundidade de 20 cm. A semeadura ocorreu no dia 1º de outubro de 2024, em que teve um espaçamento entre plantas de 10 cm.

Segundo Cruz *et al.* (2010), é necessário ter uma profundidade que possibilite um bom contato com a umidade do solo. Entretanto, a profundidade deve ser definida dependendo do tipo de

solo que será trabalhado. Alguns solos dificultam o alongamento do mesocótilo, sendo necessário semear em uma profundidade menor. No entanto, para solos mais arenosos, em que não há dificuldade no alongamento do mesocótilo, a recomendação é de 5 a 7 cm. Já solos mais argilosos, que possuem uma maior presença de partículas menores, a recomendação é de 3 a 5 cm de profundidade.

Para o experimento, como foi utilizado substrato, as sementes foram depositadas em uma profundidade de 4 cm, conforme visualizado a seguir (Figura 6).

Figura 4 – Diâmetro das parcelas em que foi realizado o estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 5 – Profundidade das parcelas em que foi realizado o estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 6 – Profundidade do sulco em que foi depositada a semente



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Variáveis respostas

As variáveis respostas a serem analisadas na pesquisa foram: quantidade de plântulas saudáveis emergidas, altura da planta (parte aérea), diâmetro do colmo, comprimento da raiz, desenvolvimento da planta durante o período do experimento.

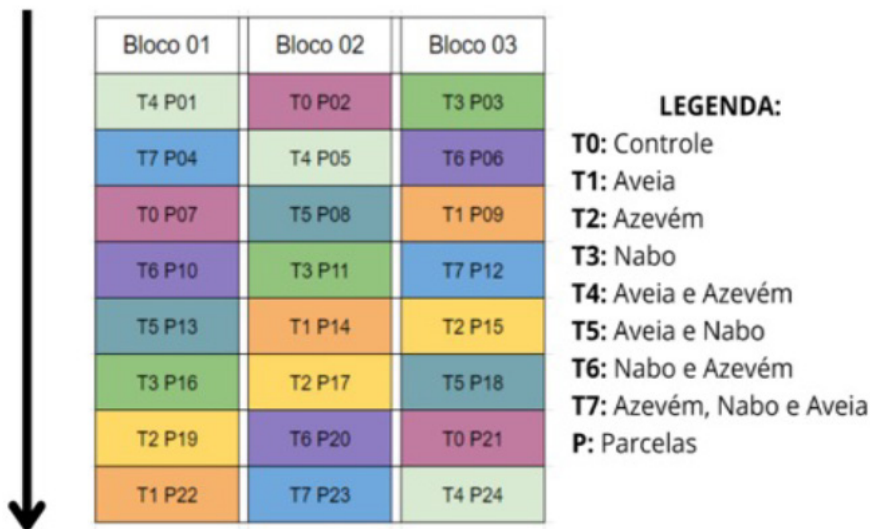
Para análise da emergência, no sétimo dia após o plantio, foi feita a contagem manual das plântulas saudáveis emergidas em cada parcela. Já a análise da altura foi feita da base da planta até o ápice do dossel e, para o diâmetro do colmo, foi utilizado como referência o segundo internódio.

A fim de analisar as variáveis altura da planta e diâmetro do colmo, foi utilizada uma trena comum.

Delineamento experimental

Para a execução da pesquisa, foi utilizado um delineamento de blocos casualizados (DBC), com oito tratamentos e três blocos, como é possível observar a seguir (Figura 8). Cada parcela ficou com um tamanho de 0,0707 m², sendo que o milho foi plantado com 10 cm de espaçamento entre plantas, totalizando 1.696 m², de área experimental.

Figura 8 – Croqui de delineamento de blocos casualizados



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Técnicas de análise e interpretação dos dados

As conclusões realizadas neste estudo tiveram como objetivo avaliar o crescimento inicial de plantas de milho (*Zea mays* L.) durante os primeiros 25 dias após a germinação. As variáveis incluíram a altura da planta, medida em centímetros (cm), e o diâmetro do colmo, medido em milímetros (mm).

A coleta de dados foi realizada utilizando ferramentas de precisão, com trena para a altura e paquímetro digital para o diâmetro do colmo, garantindo maior acurácia nos resultados. Cada planta foi avaliada individualmente, considerando tratamentos específicos para posterior análise comparativa. As especificações foram feitas em con-

dições padronizadas, garantindo a uniformidade dos resultados e a confiabilidade do experimento.

Resultados e discussão

A análise de variância revelou efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos em relação à altura das plantas (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de variância para altura de planta em função de diferentes tratamentos

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Aveia e azevém	15.333333	d
Azevém e nabo	16.500000	d c
Aveia, azevém e nabo	18.666667	d c b
Aveia e nabo	20.613333	d c b
Azevém	22.113333	d c b
Aveia	23.913333	c b a
Nabo	26.113333	b a
Testemunha	30.233333	a
Média geral:	21.6858333	
CV (%) =	12.49	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A análise de variância realizada revelou efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos diferentes tratamentos sobre a altura das plantas de milho (*Zea mays* L.), como demonstrado anteriormente (Tabela 1). A influência dos tratamentos alelopáticos foi evidente, com redução na

altura das plantas em comparação com a testemunha. Esses resultados destacam o impacto diferencial de extratos vegetais provenientes de aveia, azevém e nabo sobre o crescimento inicial do milho.

O menor crescimento observado em tratamentos combinando diferentes espécies foi a aveia e azevém e azevém e nabo, que reflete o efeito inibitório potencial dos compostos alelopáticos liberados. Plantas como aveia (*Avena sativa* L.) e nabo (*Raphanus sativus* L.) são reconhecidas por sua capacidade de liberar compostos fenólicos e glucosinolatos no ambiente, os quais podem interferir nos processos fisiológicos de outras plantas, incluindo absorção de nutrientes e crescimento radicular (Ferreira; Áquila, 2000).

Os tratamentos contendo apenas um tipo de extrato, como aveia ou nabo, tiveram menor impacto negativo na altura, sendo o tratamento com “nabo” o que mais se extraiu da testemunha, com uma média de 26,11 cm. Este dado sugere que, em concentrações menores ou isoladas, os efeitos alelopáticos podem ser menos pronunciados, ou que compostos específicos têm modos de ação distintos, conforme indicado por Souza Filho, Santos e Silva (2006).

A testemunha, que apresentou a maior altura média (30,23 cm), reflete o potencial pleno de crescimento do milho na ausência de interferência alelopática. Este resultado reforça a hipótese de que o impacto alelopático observado em outros tratamentos pode estar relacionado a mecanismos de prevenção, como o bloqueio de atividades enzimáticas, redução da divisão celular ou limitação na captação de água e nutrientes (Silva; Ferreira; Sedyama, 2018).

O coeficiente de variação (CV) de 12,49% aponta para boa precisão experimental, considerando que variações abaixo de 15% em experimentos agrônômicos são geralmente consideradas aceitá-

veis (Pimentel-Gomes, 2009). O agrupamento de meios pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) demonstra que os efeitos dos extratos variaram significativamente entre os tratamentos, diminuindo que a composição específica e a combinação dos extratos desempenham papel crucial na intensidade dos efeitos alelopáticos.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos em relação ao diâmetro do colmo das plantas (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise de variância para diâmetro do colmo em função de diferentes tratamentos

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Nabo	4.223333	a
Aveia e azevém	4.333333	a
Azevém	4.443333	a
Aveia e nabo	4.443333	a
Azevém e nabo	4.750000	a
Aveia, azevém e nabo	4.890000	a
Aveia	5.090000	a
Testemunha	6.066667	a
Média geral: 4.7800000		
CV (%) = 18.09		

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A ausência de diferença significativa entre os tratamentos, conforme observado (Tabela 2), sugere que o potencial alelopático dos extratos testados não interfere no diâmetro do colmo do milho (*Zea mays* L.) nos primeiros 25 dias de desenvolvimento. Este resultado é

consistente com estudos que indicam que os efeitos alelopáticos podem variar em função da espécie receptora, do tipo de composto alelopático e das condições ambientais. Além disso, muitos efeitos alelopáticos se manifestam de forma mais expressiva nas etapas iniciais da germinação e podem não influenciar diretamente características estruturais como o diâmetro do colmo em um curto período experimental.

Conforme Ferreira e Áquila (2000), a interação alelopática pode ser influenciada pela concentração e pelo tipo de composições secundárias presentes nos extratos vegetais. Extratos de plantas como nabo, aveia e azevém geralmente contêm compostos como ácidos fenólicos e flavonoides, que podem afetar a germinação e o crescimento inicial das plantas. No entanto, esses compostos podem ser metabolizados ou diluídos no solo, reduzindo sua influência ao longo do tempo.

O coeficiente de variação (CV) de 18,09% indica uma variação moderada nos dados encontrados, o que reforça a confiabilidade dos resultados, mesmo com a ausência de diferenças relevantes. Segundo Pimentel-Gomes (2009), coeficientes de variação abaixo de 20% são considerados aceitáveis em experimentos agrícolas e indicam boa precisão experimental.

Adicionalmente, a análise pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) confirma que as médias dos tratamentos estão agrupadas na mesma categoria estatística ("a"). A média geral de 4,78 mm para o diâmetro do colmo está próxima da média dos tratamentos com extratos, diminuindo que o uso dos extratos não prejudica nem promove um aumento significativo no crescimento inicial.

Desta forma, os resultados obtidos corroboram estudos prévios que apontam a necessidade de períodos experimentais mais longos ou concentrações maiores de extratos para verificar possíveis efeitos

alelopáticos no crescimento estrutural das plantas. Estudos como os de Souza Filho, Santos e Silva (2006) e Silva, Ferreira e Sedyama (2018) também sugerem que os efeitos alelopáticos, quando presentes, tendem a ser mais evidentes em condições controladas e em eventos fenológicos específicos.

Considerações finais

A análise dos dados demonstra que os tratamentos alelopáticos com extratos de aveia, azevém e nabo apresentaram impacto significativo na altura das plantas de milho, evidenciando um efeito inibitório sobre o crescimento inicial em comparação com a testemunha. Os resultados indicam que as combinações de extratos, como “aveia e azevém” e “azevém e nabo”, podem intensificar o impacto dos compostos alelopáticos, possivelmente devido à presença de fenóis e glucosinolatos que interferem nos processos fisiológicos das plantas, como absorção de nutrientes e desenvolvimento radicular. A maior altura registrada na testemunha reflete o potencial pleno de crescimento do milho sem interferência, enquanto o efeito menos pronunciado em tratamentos isolados, como aveia e nabo, sugere que os efeitos podem ser mais sutis em concentrações específicas ou isoladas.

Apesar dos efeitos significativos na altura, não foram observadas alterações relevantes no diâmetro do colmo nos primeiros 25 dias, sugerindo que os compostos alelopáticos têm maior impacto em características relacionadas ao crescimento inicial do que em estruturas secundárias. O coeficiente de variação (CV) dentro dos limites aceitáveis e o agrupamento estatístico pelo teste de Tukey reforçam a confiabilidade dos dados e a necessidade de estudos

complementares para avaliar os efeitos em longo prazo e sob diferentes condições ambientais. Assim, o estudo reafirma a importância de considerar a alelopatia no manejo agrícola, apontando para a necessidade de maior compreensão sobre as interações específicas entre espécies e os mecanismos de ação dos compostos envolvidos.

Referências

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. 2024. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/br/>. Acesso em: 6 out. 2024.

BATISTA, J. *et al.* **Efeito alelopático de diferentes doses de extratos de aveia (*Avena sativa* L.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e nabo (*Raphanus sativus* L.) na germinação do milho (*Zea mays* L.)**. 2013.

CRUZ-SILVA, C. T. A.; SCHNEIDER, T. C. Potencial alelopático do nabo forrageiro (*raphanus sativus* L.) sobre o desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.). **Revista Thêma et Scientia**, Cascavel, v. 2, n. 1, p. 151-156, jan./jun. 2012.

CRUZ, J. C. *et al.* **Cultivo do milho**. Brasília, DF: Embrapa, 2010. (Sistemas de Produção, n. 2). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: 6 out. 2024.

EPAGRI; CIRAM. **Atlas Climatológico**. Florianópolis, SC: Epagri, 2023. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/climatologia/>. Acesso em: 10 out. 2024.

FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, p. 175-204, jan. 2000.

GAVILÁN, G. D. de C. **Efeito alelopático de azevém e aveia-preta na germinação e no crescimento de plântulas de milho, feijão e soja.** 2021. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, 2021. Disponível em: https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1928/_tcc_gabriela_dominique_de_campos_gavilaan.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Acesso em: 8 out. 2024.

KOHLER, T. W. *et al.* Substratos a base de compostos orgânicos destinados à produção de mudas de cana-de-açúcar via minitoletes. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, p. 1-16, abr./jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2022v15n2e9295>.

LINO, V. V. R. *et al.* Efeito alelopático do extrato aquoso de (*Eucalyptus urophylla*) em sementes de milho e feijão-caupi. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 8, p. 1-11, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5724>.

NERY, M. C. *et al.* Potencial alelopático de *Raphanus sativus* L. var. *oleiferus*. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 15-20, 2013.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 15. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2009.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In: OLIVEIRA JR., R. S. *et al.* (ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas.** Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 95-124. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/910833/1/BMPDcap5.pdf>. Acesso em: 8 out. 2024.

SAMPAIO, T. B. **Metodologia da Pesquisa.** Santa Maria, RS: UFSM, 2022.

SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SEDYAMA, C. S. **Alelopatia no contexto da agricultura sustentável.** Lavras, MG: UFLA, 2018.

SILVEIRA, P. F. *et al.* Atividade alelopática de extratos de folhas e sementes de *Prosopis juliflora* na germinação de alface. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 14, n. 2, p. 523-535, abr./jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n2e8249>.

SOUSA, W. S. *et al.* Atividade alelopática de extrato aquoso de digitaria insularis e Commelina benghalensis sobre a germinação e desenvolvimento inicial do milho. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 11, n. 1, p. 1-8, mar. 2020.

SOUZA FILHO, A. P. S.; SANTOS, L. S.; SILVA, F. S. Alelopatia: princípios básicos e aspectos ecológicos e agrícolas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 205-220, 2006.

SOUZA, L. *et al.* Efeito alelopático de *Cyperus rotundus* L. sobre a germinação de bioindicadoras e no crescimento inicial do milho (*Zea mays*). **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 13, n. 2, p. 1-10, mar. 2024. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i2.45004>.

TAVEIRA, A. L. M. *et al.* **Análise do potencial alelopático do extrato aquoso de *Albizia niopoides* sobre a germinação de bioindicadoras e milho e desenvolvimento inicial do milho.** Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2022. p. 166-183.

Eficiência operacional de semeadoras-adubadoras no sistema plantio direto

Elismar Baggio
Fábio José Busnello
Gelso Marchioro
Karen Doering Brustolin
Natália Girardi
Éttore Guilherme Poletto Diel
Aline Vanessa Sauer
Cristiano Reschke Lajús

Introdução

Para uma boa execução das operações de semeadura direta, é fundamental o desempenho de máquinas agrícolas, tendo em vista que a semeadura requer melhor perfeição possível em sua execução (Almeida; Silva; Silva, 2010).

Diversos fatores podem interferir da qualidade de plantio. Dentre esses fatores, os diferentes sistemas de cultivos: plantio convencional ou direto podem ou não interferir diretamente na eficiência e qualidade de depósito de sementes no solo e de um bom estabelecimento ou não da cultura empregada.

A presente pesquisa foi realizada em propriedade dos municípios de Coronel Freitas (SC) e Quilombo (SC), que utilizam semeadoras-adubadoras durante o segundo semestre de 2021.

Os eixos norteadores referentes às respectivas delimitações serão: Semeadoras-adubadoras, Eficiência operacional das semeadoras adubadoras, Sistema de plantio convencional e direto.

Diante disto, o objetivo desse trabalho é avaliar as diferenças construtivas de cada componente das semeadoras-adubadoras de plantio direto. Busca-se também, com este experimento, compreender melhor o sistema e identificar se há falhas no sentido operacional e de desenvolvimento. Ainda, comparar as características de um sistema mais antigo com um mais moderno e determinar se há uma variação na qualidade final de um equipamento de plantio para o outro.

Procedimentos metodológicos

Caracterização do ambiente da pesquisa

A pesquisa foi realizada no município de Coronel Freitas, situado no Oeste do estado de Santa Catarina, em propriedades rurais em que os agricultores utilizam semeadoras-adubadoras nas práticas de cultivo agrícola.

As propriedades rurais do município são caracterizadas pela diversificação nos processos produtivos de soja, milho, bovinocultura de corte e leite, produção de suínos e aves.

A maioria das propriedades possuem uma semeadora-adubadora, utilizada na implantação das culturas de verão. Objeto principal de foco da pesquisa, esses equipamentos são caracterizados em diferentes modelos e ano de fabricação.

A razão da escolha do local ocorreu em virtude de que os autores possuem um amplo conhecimento da realidade rural do municí-

pio e por ter identificado os produtores rurais que possuem máquinas agrícolas, com as semelhanças do objetivo do trabalho.

Tendo em vista que o trabalho é pioneiro na região, contempla a sua autonomia na busca de melhorias das condições de desempenho funcional na mecanização agrícola (Figura 1).

Figura 1 – Município de Coronel Freitas (SC)



Fonte: Google Earth (2020).

Estratégia e delineamento da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa de caráter observacional transversal descritivo, dentro de uma abordagem quantitativa e qualitativa. A importância de se utilizar ambos os métodos (qualitativos e quantitativos) se dá pelo fato de que um complementa o outro.

Segundo Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa descritiva/qualitativa exige uma série de informações relacionadas à pesquisa que o investigador deseja trabalhar. Estabelecendo uma interligação entre os objetivos e os dados analisados, esta apresenta aprofundamento em determinado grupo social ou organização em que se pretende estudar, explicando a realização da pesquisa, produzindo informações aprofundadas e ou ilustradas. As principais características fundamentais são as ações de descrever, compreender e explicar o mesmo.

Contudo, a entrevista seguiu um roteiro, ou seja, uma lista de tópicos elaborada pelo entrevistador a ser aplicado, abordando uma técnica na coleta de dados da realidade local (Gerhardt; Silveira, 2009).

Coleta dos dados

Para avaliar a qualidade operacional de semeadoras-adubadoras em diferentes propriedades no município, foi realizado um levantamento através de um *checklist* priorizando a avaliação dos componentes primários e secundários da semeadora-adubadora. A coleta dos dados foi realizada de forma presencial pelos pesquisadores, que acompanharam todo o processo.

Variáveis analisadas

Os principais indicadores de avaliação da qualidade operacional para Plantio Direto, sugeridos pelo Centro de Engenharia e Automação do IAC (Peché Filho, 2007), são atribuídos para as semeadoras-adubadoras: a) eficiência de corte da palha; b) posicionamento do

fertilizante; c) posicionamento da semente; d) regularidade no fechamento; e) cobertura do sulco.

Os indicadores de funcionamento foram avaliados através de escala de funcionamento, realizada através da avaliação de cada componente da semeadora-adubadora, atribuindo uma nota na escala de 0 a 5. Assim, os resultados serão avaliados através de matriz de referência, indicando a qualidade operacional da semeadora-adubadora no processo de implantação da cultura.

Análise dos dados

Após coleta das informações foi construído um banco de dados no programa Microsoft Excel 2007. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, e organizados em gráficos e tabelas de acordo com as variáveis analisadas.

Apresentação e discussão dos dados

Eficiência de semeadoras-adubadoras

Com base nos quesitos construtivos das semeadoras-adubadoras e na avaliação de sua eficiência operacional, os resultados a seguir representam descritivamente a eficácia de cada equipamento de plantio.

As semeadoras-adubadoras analisadas foram semeadora Kuhn PG 700 7 linhas 2022, Genius GDP 9050 10 linhas 2010, Genius GSP 11045 10 Linhas 2015, Kuhn 900 PDM PG 9 linhas 2015, Planti Center PC 5/3 5 linhas 2006.

A seguir (Tabela 1), está representada a eficácia operacional da primeira semeadora-adubadora avaliada. Os dados nos mostram eficiência 100% em todos os quesitos avaliados nessa semeadora-adubadora, por ocasião da recente aquisição pelo proprietário, pois se trata de uma máquina ano 2022, com poucas horas de uso.

As semeadoras e adubadoras são construídas basicamente de chassi, mecanismos dosadores de semente e fertilizante, depósito de semente e fertilizante, disco de corte de palha e haste sulcadora para a deposição de sementes e fertilizantes (Coelho *et al.*, 2006).

Segundo Balastreire (1987), a semeadora-adubadora é uma máquina que desempenha simultaneamente o trabalho de dosar e depositar no solo as sementes e o adubo utilizado na instalação de uma cultura de campo.

Figura 2 – Semeadora-adubadora 01 Kuhn PG 700 ano 2022. Coronel Freitas (SC), 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Tabela 1 – Eficácia operacional da semeadora-adubadora 01. Coronel Freitas (SC), 2022

Semeadora-adubadora 01						
Linha de plantio	CP	DS	DEP.S	DF	FS	Eficácia %
1	5	5	5	5	5	100
2	5	5	5	5	5	100
3	5	5	5	5	5	100
4	5	5	5	5	5	100
5	5	5	5	5	5	100
6	5	5	5	5	5	100
7	5	5	5	5	5	100
Eficácia %	100	100	100	100	100	100

CP: Corte de Palha DS: Dosador de Semente; DEP.S: Deposição de Semente; DF: Dosador de Fertilizante. FS: Fechamento Sulco.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A precisão pela dosagem de semente e fertilizante pela semeadora é fundamental e importante etapa no processo de semeadura em qualquer sistema de produção (Mantovani *et al.*, 2015).

A segunda semeadora apresentou menor eficácia em comparação com a primeira, numericamente na casa dos 68,5%, devido principalmente ao seu maior tempo de uso e severidade de operação.

Detalhadamente, podemos observar um menos desempenho do sistema de Deposição de Semente (DEP.S) pelo seu desgaste na maioria de suas linhas, e principalmente no sistema de Fechamento de Sulco (FS), onde pode-se observar a falha da regulagem da pressão das rodas compactadoras e até mesmo a inexistência dessa regulagem (Tabela 2).

Tabela 2 – Eficácia operacional da semeadora-adubadora 02. Coronel Freitas (SC), 2022

Semeadora-adubadora 02						
Linha de plantio	CP	DS	DEPS	DF	FS	Eficácia %
1	4	4	4	4	2	65
2	4	4	4	4	3	70
3	4	4	4	4	1	65
4	4	4	3	4	3	65
5	4	4	4	4	3	70
6	4	4	4	4	3	70
7	4	4	4	4	3	70
8	4	4	4	4	3	70
9	4	4	4	4	3	70
10	4	4	4	4	3	70
Eficácia %	75	75	72,5	75	45	68,5

CP: Corte de Palha DS: Dosador de Semente; DEPS: Deposição de Semente; DF: Dosador de Fertilizante. FS: Fechamento Sulco.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

As rodas compactadoras presentes nas semeadoras e adubadoras possuem a função de garantir um melhor contato entre o solo e a semente para garantir sua melhor germinação e melhor emergência de plântula. Para isso, as rodas vão exercer uma determinada pressão pela regulação da roda presente no conjunto dando opções diferentes no momento da operação de semeadura (Furlani, 2005).

A revisão da semeadora-adubadora, lubrificação dos conjuntos mecânicos e manutenção das partes mecânicas são procedimentos indispensáveis para uma maior durabilidade do implemento e prevenir transtornos durante no plantio (Silveira, 2013).

Ao analisar a semeadora de 03, pode-se observar que o produtor realiza periodicamente os cuidados de manutenção da semeadora-adubadora; no final do plantio, realiza a limpeza e lavagem do equipamento, guardando em local apropriado (Figura 3). Podemos observar que os pontos que necessitam de maior atenção são os discos de fechamento do sulco, sendo que a eficácia geral está em 94% (Tabela 3).

Figura 3 – Semeadora-adubadora 03 Genius GSP 110 45 ano 2015. Coronel Freitas (SC), 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Tabela 3 – Eficácia operacional da semeadora-adubadora 03. Coronel Freitas (SC), 2022

Semeadora-adubadora 03						
Linha de plantio	CP	DS	DEPS	DF	FS	Eficácia %
1	5	5	5	5	4	95
2	5	5	5	5	3	90
3	5	5	5	5	4	95
4	5	5	5	5	4	95
5	5	5	5	5	4	95
6	5	5	5	5	4	95
7	5	5	5	5	4	95
8	5	5	5	5	4	95
9	5	5	5	5	4	95
10	5	5	5	5	3	90
11	5	5	5	5	4	95
Eficácia %	100	100	100	100	70,5	94,00

CP: Corte de Palha DS: Dosador de Semente; DEPS: Deposição de Semente; DF: Dosador de Fertilizante. FS: Fechamento Sulco.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A importância da qualidade de semeadura está diretamente ligada à eficácia da semeadora-adubadora, pois a qualidade do plantio é o principal fator ligado ao estabelecimento da cultura (Copetti, 2004).

As semeadoras-adubadoras apresentam diferentes respostas entre si; quando empregadas nas mesmas condições de trabalho, possuem um desempenho individual. São máquinas complexas, em que qualquer detalhe pode trazer modificações em seu desempenho, no entanto, a carência de capacitação e o plantio acabam influenciando negativamente na produção final (Silva, 2015).

O levantamento de dados da semeadora-adubadora de número 04 revela uma situação importante, em que podem ser realizados as verificações e manutenções, linha a linha. Essa semeadora-adubadora apresenta eficácia de 81,66%, da entrega na qualidade do plantio (Tabela 4).

A regularidade da manutenção em semeadoras-adubadoras proporciona uniformidade de deposição de fertilizantes e sementes na operação, evitando excessos ou escassez e influenciando diretamente no desenvolvimento das plantas, além de uma dosagem constante pelas ondulações do trajeto (Ludwig; Eickstedt, 2014).

Segundo Garcia *et al.* (2006), problemas na distribuição de sementes e fertilizantes são nítidos quando ocorrem falhas na manutenção das semeadoras-adubadoras, gerando prejuízos no desenvolvimento e rendimento das culturas. Sendo assim, é de fundamental importância levar em consideração o estado de conservação do implemento, garantindo um bom desempenho durante a operação de plantio.

Figura 4 – Semeadora-adubadora 04 Kuhn 900 PDM PG 2015. Coronel Freitas (SC), 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Figura 5 – Semeadora-adubadora 04 Kuhn 900 PDM PG 2015. Coronel Freitas (SC), 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Tabela 4 – Eficácia operacional da semeadora-adubadora 04. Coronel Freitas (SC), 2022

Semeadora-adubadora 04						
Linha de plantio	CP	DS	DEPS	DF	FS	Eficácia %
1	4	4	5	4	4	80
2	4	5	5	4	3	80
3	4	5	5	4	4	85
4	4	5	5	4	4	85
5	4	5	5	4	4	85
6	4	5	3	4	4	75
7	4	5	5	4	4	85

8	4	5	5	4	3	80
9	3	5	5	4	4	80
Eficácia %	72,22	97,22	94,44	75	69,4	81,66

CP: Corte de Palha DS: Dosador de Semente; DEPS: Deposição de Semente; DF: Dosador de Fertilizante. FS: Fechamento Sulco.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Para o aumento da vida útil e o bom funcionamento, a manutenção da máquina é indispensável, pois previne paradas durante a semeadura e garante menor custo ao longo dos anos (Silveira, 2013).

Os resultados na semeadora-adubadora de 05 mostram a eficácia de 93%; o equipamento é caracterizado com apenas 5 linhas de plantio, porém em perfeitas condições de uso, revisado pelo produtor, realizando sempre as manutenções necessárias para a conservação e qualidade da operação (Tabela 5).

Figura 6 – Semeadora-adubadora 05 Planti Center PC 5/3 2006. Coronel Freitas (SC), 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Figura 7 – Semeadora-adubadora 05 Planti-Center PC 5/3 2006. Coronel Freitas (SC), 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Tabela 5 – Eficácia operacional da semeadora-adubadora 05. Coronel Freitas (SC), 2022

Semeadora-adubadora 05						
Linha de plantio	CP	DS	DEPS	DF	FS	Eficácia %
1	5	4	5	5	4	90
2	5	4	5	5	5	95
3	5	4	5	5	5	95
4	5	4	5	5	5	95
5	5	4	5	5	4	90
Eficácia %	100	75	100	100	90	93,0

CP: Corte de Palha DS: Dosador de Semente; DEPS: Deposição de Semente; DF: Dosador de Fertilizante. FS: Fechamento Sulco.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Segundo Copetti (2004), os principais mecanismos de uma semeadora-adubadora (sulcadores, limitadores de profundidade, com-

pactadores) trabalham em contato direto com o solo, o qual ocasiona um significativo desgaste, pelo fato de estarem submetidos a condições adversas. Sendo assim, para que seja possível explorar ao máximo a vida útil e possua um maior valor no momento da venda, é necessário uma correta manutenção e armazenamento dos componentes.

Tourino e Klingensteiner (1983) observam que o disco de sementes em estado aceitável irá realizar seu trabalho de forma correta. A classificação do implemento se dará em função do percentual de distribuição de sementes em um determinado espaçamento aceitável, qualificando a eficiência de distribuição longitudinal de sementes com ótima, quando os valores encontrados variam entre 90 a 100%, com entre 75 a 90%, entre 50 a 75% regular e abaixo de 50% insatisfatório.

Segundo Lauriano (2015), as semeadora-adubadoras devem apresentar um bom estado de conservação, em razão de que elas têm uma atribuição enorme em relação à produtividade final de uma cultura.

A ineficácia no proveito dos recursos disponíveis no ambiente pelas plantas em uma lavoura pode ser observada em cenários com alta densidade de plantas e com arranjos espaciais desuniformes, possibilitando a competição entre as mesmas, ocasionando menor produção, hastes com menor diâmetro e plantas com menos ramificações (Cintra *et al.*, 2020).

Eficiência por ano de uso

A seguir (Tabela 6), podemos observar dados que nos mostram a eficácia por ano de fabricação das semeadoras avaliadas. Nitidamente, podemos ver em uma escala gradual em que quanto mais anos

de uso a semeadora possui, menor é sua eficiência efetiva porem com algumas ressalvas.

No caso da semeadora 05, após 16 anos de fabricação e uso, sua eficiência ainda está acima dos 90%, coisa que em semeadoras com muito menos anos de uso não é observado, o que nos faz lembrar da importância da manutenção em máquinas agrícolas.

Tabela 6 – Eficácia operacional das semeadoras adubadoras por ano de uso. Coronel Freitas (SC), 2022

Semeadoras-adubadoras	Ano de fabricação	Eficácia (%)
01	2022	100
02	2010	68,50
03	2015	94,00
04	2015	81,66
05	2006	93,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Baseado no princípio que todas as máquinas e equipamentos no decorrer de seu tempo de uso estão sujeitas a um processo de depreciação durante o trabalho, podendo ser por desgaste, deterioração, erros operacionais, acidente e até incidentes inevitáveis, faz-se necessário nesse intervalo de tempo algumas intervenções de reparos, trocas de peças e componentes, lubrificação e inspeções, ou seja, essas intervenções é o que chamamos de manutenção (Oliveira, 2016).

De acordo com Marcorin e Lima (2003), a manutenção preventiva significa um conjunto de ações que visa prevenir a quebra. Os autores ainda enfatizam que essa está baseada em intervenções periódicas geralmente programadas, segundo a frequência definida pelos fabricantes dos equipamentos.

Considerações finais

Um bom desempenho operacional de máquinas agrícolas especialmente semeadoras-adubadoras a campo está diretamente ligado à quantidade de tempo de uso do maquinário e, principalmente, a manutenção em que ela foi submetida durante sua vida de trabalho.

Os resultados mostram uma tendência totalmente proporcional entre o tempo de serviço e a qualidade de manutenção em que aquela semeadora passou, em que, quanto maior o tempo de uso das máquinas, menos eficientes elas foram ficando. Essa tendência somente foi se alterando quando uma manutenção principalmente preventiva foi colocada em prática pelos proprietários das máquinas.

Individualmente, foi possível observar a campo que o componente das semeadoras com maior depreciação e déficit de manutenção foi o Fechamento de Sulco (FS), no qual, em várias linhas, podemos observar o não funcionamento de sua regulação ou mesmo sua inexistência.

Ao término do trabalho foi possível identificar diferenças de qualidade entre as diversas semeadoras-adubadoras avaliadas na parte construtiva e, principalmente, acerca da manutenção preventiva.

Esse modelo de trabalho é de grande valia, pois busca acusar problemas em equipamentos de plantio já em operação com o intuito de corrigi-los em posteriores modelos, já que uma agricultura eficiente tem início em um plantio bem feito.

Visando isso, abre-se a possibilidade da avaliação de novos equipamentos agrícolas, sempre buscando uma maior eficiência, seja de plantio, seja de condução ou colheita das culturas em geral, o que futuramente garantirá uma agricultura mais eficaz e sustentável.

Referências

ALMEIDA, R. A. S.; SILVA, C. A. T.; SILVA, S. L. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 7, p. 63-70, 2010.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo, SP: Manole, São Paulo, 1987.

CINTRA, P. H. M. *et al.* Variabilidade espacial e qualidade na semeadura de soja. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 1206-1221, maio/jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34115/basrv4n3-037>.

COELHO, A. M. *et al.* **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

COPETTI, E. Prevenir custa menos. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 27, p. 10-12, fev. 2004.

FURLANI, C. E. A. **Sistema de manejo e rotação de culturas de cobertura em plantio direto de soja e milho**. 2005. 99 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

GARCIA, L. C. *et al.* Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 520-527, ago. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000200021>.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS, 2009.

LAURIANO, S. M. Plantabilidade: importância da qualidade de plantio. *In*: UNESP. **Inspeção periódica de semeadoras FCA**. Botucatu, SP: UNESP, 2015.

LUDWIG, M. P.; EICKSTEDT, D. D. M. Semeadoras: adubando. **Cultivar**, Ibiruba, v. 12, n. 139, p. 10-12, abr. 2014.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C. Análise dos custos de manutenção e de não manutenção dos equipamentos produtivos. **Revista de Ciência & Tecnologia**, Santa Bárbara D'Oeste, v. 11, n. 22, p. 35-42, jul./dez. 2003.

MANTOVANI, C. E. *et al.* Avaliação em campo de uma semeadora-adubadora para semeadura de milho em alta densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 38-48, 2015.

OLIVEIRA, D. A. **Implantação de sistema de manutenção preventiva em máquinas florestais harvester no município de Sengés – PR**. 2016. 38 f. Monografia (MBA em Gestão Florestal) – Pós-Graduação em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PECHE FILHO, A. Indicadores de qualidade nas operações mecanizadas do plantio direto. **Infobibos**, Bauru, 2007.

SILVEIRA, V. H. **Semeadoras: a qualidade no plantio é primordial para o sucesso da colheita**. 2013.

SILVA, R. B. da. **Desempenho de semeadoras no plantio de soja no município de Santa Izabel do Oeste, Paraná**. 2015. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

TOURINO, M. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaios e avaliação de semeadoras-adubadoras. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13., 1983, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: UFRRJ/SBEA, 1983. p. 103-116.

Tecnologia embarcada em máquinas agrícolas e seus benefícios aos produtores da região Oeste de Santa Catarina

Fabio Luiz Dalla Rosa
Fábio José Busnello
Kauane Xavier do Carmo Volpato
Natália Girardi
Éttore Guilherme Poletto Diel
Aline Vanessa Sauer
Cristiano Reschke Lajús

Introdução

O conceito de Agricultura de Precisão tem sido delineado sob diversas perspectivas ao longo dos anos, assumindo diferentes significados de acordo com o foco de análise, a tecnologia disponível e os métodos empregados. A evolução tecnológica e as necessidades do campo contribuíram para a construção de um entendimento mais amplo e sistêmico sobre o tema. Atualmente, a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), define Agricultura de Precisão como um sistema de gerenciamento agrícola que considera a variabilidade espacial e temporal das áreas produtivas. Seu principal objetivo é maximizar o retorno econômico, promover a sustentabi-

lidade e minimizar os impactos ambientais (Souza; Lopes; Inamasu, 2014).

Nesse contexto, revendedoras de máquinas agrícolas têm incorporado ferramentas conectadas que permitem o monitoramento remoto das máquinas, possibilitando manutenções proativas e a geração de dados georreferenciados das operações agrícolas. Essas tecnologias, em muitos casos, já vêm integradas de fábrica nas máquinas mais modernas e, em outras situações, podem ser instaladas posteriormente em máquinas mais antigas. A conectividade e o uso de dados representam uma transformação significativa na forma como as operações são conduzidas, permitindo maior controle, eficiência e segurança na gestão das atividades agrícolas.

O presente estudo foi desenvolvido com base em dados coletados na região Oeste de Santa Catarina, envolvendo produtores atendidos pela concessionária representante da marca John Deere, durante o período da safra de verão 2021/2022. A pesquisa teve como eixos norteadores a análise das tecnologias embarcadas nas máquinas, o funcionamento das plataformas de dados, as possibilidades de visualização e interpretação das informações geradas, além da aplicação prática desses dados na tomada de decisões estratégicas no campo.

É crescente a presença de máquinas agrícolas equipadas com mecanismos avançados que buscam, simultaneamente, oferecer maior comodidade aos operadores e otimizar os custos de operação para os proprietários. Tais mecanismos abrangem tanto aspectos operacionais – como regulagens automáticas e controles de desempenho – quanto sistemas de manutenção inteligente, capazes de identificar e alertar falhas em tempo real. Algumas soluções utilizam algoritmos capazes de cruzar informações para prever falhas em componentes

antes que elas ocorram, representando um importante avanço na prevenção de danos e na ampliação da vida útil dos equipamentos.

Com base nessas inovações, o estudo busca responder à seguinte questão: quais benefícios podem ser obtidos por meio do uso das tecnologias embarcadas nas máquinas agrícolas conectadas? Para isso, o objetivo geral foi compreender de que maneira a adoção dessas tecnologias pode gerar vantagens concretas aos produtores da região Oeste de Santa Catarina. Como desdobramentos específicos, investigou-se a possibilidade de acompanhar as operações em tempo real, avaliar a eficiência das áreas trabalhadas, monitorar o funcionamento mecânico das máquinas e contar com o suporte de uma equipe técnica que acompanha os alertas e oferece diagnósticos precisos para diferentes situações. Também foi analisada a contribuição dos algoritmos utilizados na previsão de falhas e na prevenção de problemas operacionais.

A justificativa para essa abordagem está no cenário atual do agronegócio, no qual os custos relacionados à aquisição, manutenção e operação de máquinas agrícolas têm se elevado consideravelmente. Com o aumento das despesas com peças, mão de obra especializada e tempo de parada, torna-se fundamental buscar formas de otimizar esses investimentos. A adoção de tecnologias que permitam antecipar falhas e realizar ajustes preventivos se mostra como um caminho promissor para reduzir custos e evitar interrupções prolongadas nas operações.

A revolução tecnológica presenciada nos últimos anos proporcionou um ambiente de inovação não apenas para os fabricantes de máquinas, mas também para diversos segmentos do setor agrícola. Essas transformações abriram novas possibilidades para aprimorar

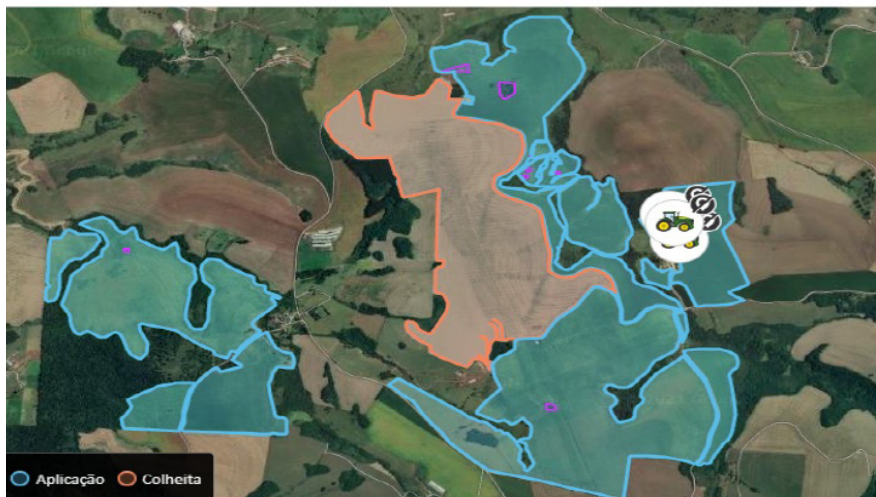
a capacidade produtiva, elevar a eficiência na aplicação de insumos, reduzir custos com mão de obra e melhorar a qualidade do trabalho realizado no campo (Rehman; Shaikh, 2009). Além disso, os impactos ambientais também tendem a ser mitigados por meio da aplicação racional e precisa das tecnologias embarcadas nas máquinas (Mass-ruhá; Leite, 2017).

Diante desse cenário, destaca-se a relevância de se avaliar o impacto da conectividade e da automação nas operações agrícolas mecanizadas. Compreender os benefícios percebidos pelos produtores rurais na adoção dessas ferramentas é fundamental para fomentar o uso consciente da tecnologia no campo e fortalecer as bases para uma agricultura cada vez mais eficiente, sustentável e orientada por dados.

Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi conduzida durante a safra de verão 2021/2022, em uma propriedade rural localizada no interior do município de Xanxerê, no estado de Santa Catarina. A atividade principal da propriedade é o cultivo de grãos, com uso de mão de obra contratada. O local foi escolhido por apresentar uma realidade representativa do uso de tecnologias embarcadas em máquinas agrícolas. O proprietário da área conta com quatro equipamentos equipados com sistemas avançados de conectividade e automação: dois tratores, sendo um John Deere 7225J e um John Deere 8400R, e duas colheitadeiras, modelos John Deere S680 e S780. Apresenta-se, a seguir (Figura 1), a localização da propriedade utilizada como objeto da pesquisa, conforme imagem retirada da plataforma My John Deere, evidenciando a área abrangida pelo estudo.

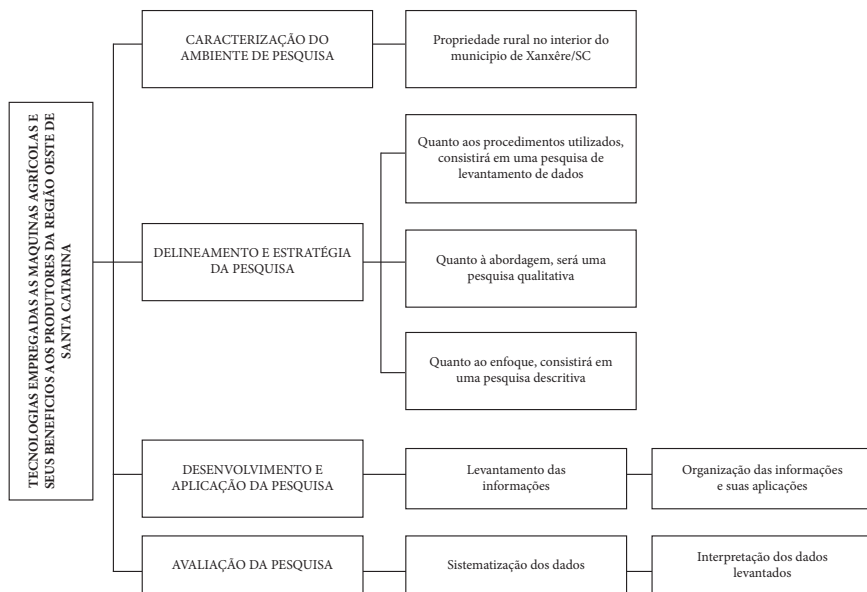
Figura 1 – Local da pesquisa. Xanxerê (SC), safra 2021/2022



Fonte: Imagem retirada do My John Deere (2021).

O estudo assumiu natureza qualitativa, pois seu foco esteve voltado à análise da qualidade e da relevância das informações coletadas. A abordagem adotada permitiu identificar padrões e significados nos dados, considerando tanto as condições operacionais quanto os aspectos técnicos observados nas máquinas estudadas. O enfoque metodológico foi exploratório e descritivo, buscando compreender os fatores que influenciam a adoção e os resultados do uso de tecnologias embarcadas em equipamentos agrícolas. Nesse contexto, os procedimentos metodológicos envolveram o levantamento e organização de dados a partir de variáveis previamente selecionadas. A estrutura do delineamento da pesquisa é ilustrada a seguir (Figura 2), demonstrando a estratégia adotada na coleta e análise das informações.

Figura 2 – Estrutura da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O desenvolvimento iniciou-se com a definição do tema, seguido pela elaboração dos tópicos. A temática abordada – voltada às tecnologias aplicadas às máquinas agrícolas e seus benefícios aos produtores da região Oeste de Santa Catarina – emergiu da crescente necessidade de se compreender os impactos das inovações tecnológicas no ambiente rural, especialmente no que diz respeito à eficiência operacional e à gestão das atividades mecanizadas.

Diversos autores foram consultados, desde referências clássicas até estudos contemporâneos, compondo o embasamento teórico que sustentou a análise crítica dos dados. A coleta dos dados técnicos foi realizada por meio da plataforma Operation Center, da John Deere, ferramenta digital que reúne informações detalhadas sobre as operações das máquinas. Dentre os dados analisados, destacam-se o consu-

mo de combustível, os períodos de ociosidade, o índice de patinagem, o uso de tecnologias como piloto automático, além do histórico operacional registrado em mapas de atividades no campo.

A avaliação dos resultados foi feita por meio de análise descritiva, organizada em relatórios explicativos com base nos dados extraídos da plataforma. As informações foram sistematizadas utilizando o *software* Microsoft Word, com o objetivo de apresentar os dados de forma clara, acessível e interpretável. Observou-se (Figura 2), incluída no corpo do texto, a estrutura metodológica adotada, facilitando a compreensão do leitor quanto aos caminhos percorridos para a obtenção e interpretação dos resultados.

Dessa forma, a metodologia aplicada nesta pesquisa proporcionou uma visão aprofundada das tecnologias empregadas nas máquinas agrícolas, tanto no aspecto técnico como no impacto direto nas atividades do produtor. A análise dos dados revelou como o uso de conectividade e inteligência operacional nas máquinas pode otimizar recursos, melhorar a produtividade, reduzir custos e proporcionar uma gestão mais precisa e sustentável das operações agrícolas.

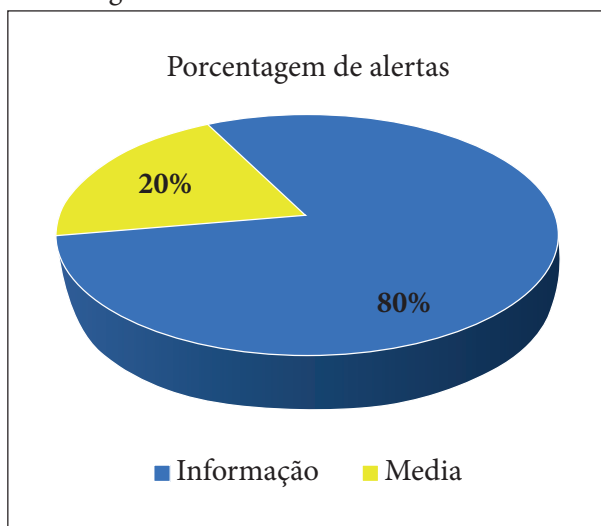
Resultados e discussão

Durante a operação das máquinas agrícolas modernas, os chamados alertas se mostram como um recurso essencial de monitoramento. Esses alertas são mensagens geradas pelas centrais eletrônicas internas das máquinas, localizadas em pontos estratégicos, capazes de transmitir informações sobre o estado de funcionamento dos equipamentos frente às condições da operação. A partir desses dados, é possível adotar medidas de manutenção, tanto curativas – aplicadas após

a identificação de um dano – como preventivas, com intervenções antecipadas que evitam falhas mais graves e prejuízos subsequentes. A seguir, ilustra-se o trator John Deere modelo 8400R, um dos equipamentos monitorados nesta pesquisa, utilizado como base para coleta e análise dos alertas técnicos.

A evolução da tecnologia no meio agrícola tem sido conduzida pelas necessidades do setor, permitindo que processos antes considerados complexos sejam atualmente realizados de forma dinâmica, precisa e econômica. No campo, o reflexo mais evidente dessa transformação está no aumento da eficiência e na diminuição dos impactos ambientais, como apontado por Massruhá, Leite e Moura (2014). Essa realidade é evidenciada pelos dados obtidos durante a pesquisa. São apresentados, a seguir (Gráfico 1), os alertas gerados pelo trator 8400R, categorizados conforme a gravidade.

Gráfico 1 – Porcentagem de alertas do trator 8400R



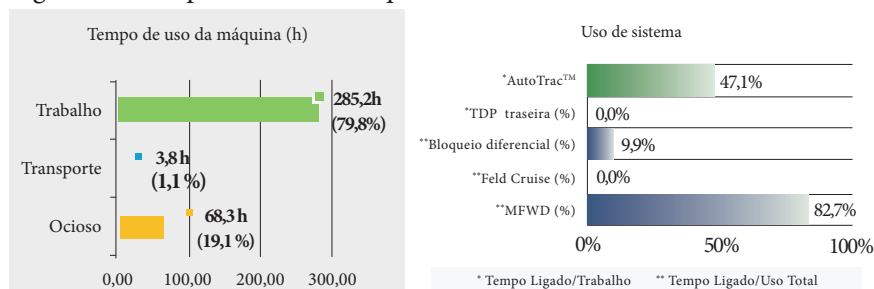
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Observa-se que, ao longo do período estudado, foram emitidos apenas 15 alertas, dos quais 80% referem-se a ocorrências de baixa importância, como falhas no sistema de orientação – por exemplo, a perda de sinal da rádio RTK. Apenas 20% dos alertas classificados apresentam gravidade moderada, ligados ao sistema de fornecimento de combustível, como a baixa pressão na linha.

Com o avanço das exigências do mercado e o aumento da competitividade, as atividades agrícolas passaram a demandar maior qualidade e agilidade nos processos, principalmente durante a safra. Contudo, a ausência de treinamento adequado, bem como a não adoção de ajustes essenciais, ainda acarreta perdas significativas. Conforme Zabani *et al.* (2003), a falta de preparo técnico de operadores pode comprometer a eficiência da colheita, elevando os custos e reduzindo a rentabilidade por hectare.

Nos últimos anos, o desenvolvimento acelerado das tecnologias aplicadas às máquinas agrícolas, segundo Mesquita *et al.* (2001), contribuiu diretamente para a redução de perdas e o aumento da qualidade nas operações. Um exemplo dessa melhoria pode ser observado a seguir (Figura 4), com a distribuição percentual do tempo de uso das máquinas durante o período estudado.

Figura 4 – Tempo de uso da máquina e do sistema



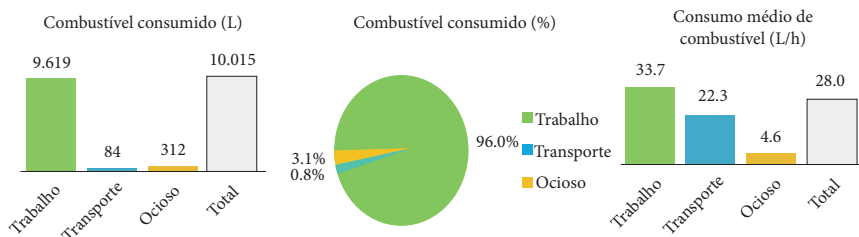
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A média de tempo dedicada ao transporte até os talhões foi de apenas 1,1%, o que indica um bom planejamento logístico das operações. Por outro lado, a marcha lenta – condição em que o motor permanece ligado sem execução de atividade – representou 19,1% do tempo total, demonstrando um espaço para otimização no uso de combustível. Já o tempo efetivo de trabalho correspondeu a 79,8%, evidenciando a boa utilização dos recursos operacionais disponíveis.

Para obter maior precisão e controle sobre essas operações, técnicas estatísticas vêm sendo aplicadas com bons resultados em diferentes culturas, como afirmam Toledo *et al.* (2008). O monitoramento detalhado permite reduzir a variabilidade nas operações e aproximar os resultados dos limites desejados.

Nesse sentido, mostra-se (Figura 5) o uso dos principais recursos eletrônicos da máquina durante o período avaliado. Destaca-se o uso do sistema de direcionamento automático AutoTrack, que esteve ativo em 47,1% do tempo, sendo considerado um índice aceitável diante das condições dos talhões – caracterizados por áreas menores e com manobras frequentes. O bloqueio de diferencial foi ativado em 9,9% do tempo, auxiliando a tração em terrenos escorregadios, enquanto o sistema MFWD (tração dianteira mecânica com eixo ILS) apresentou uso expressivo de 82,7%, reforçando sua importância para garantir aderência e estabilidade durante as operações.

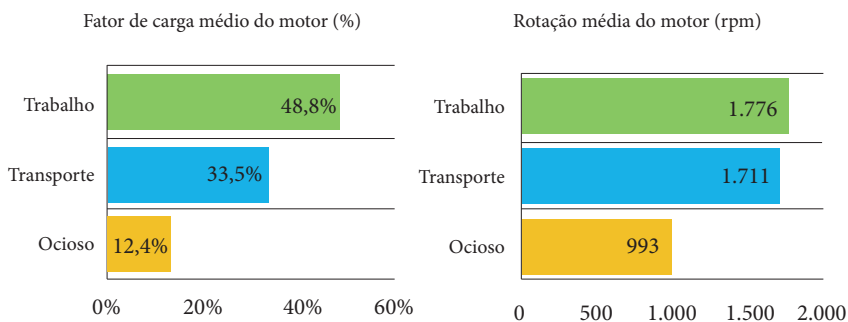
Figura 5 – Dados gerados no monitoramento da operação



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A operação eficiente de uma máquina depende diretamente da análise integrada dos dados gerados, como os de carga e rotação do motor, que impactam diretamente o consumo de combustível e o desempenho ao longo da jornada de trabalho. Esses dados podem ser visualizados a seguir (Figura 6), com a carga demandada e a rotação do motor durante a operação, oferecendo ao operador e ao gestor informações fundamentais para ajustes finos nas práticas de campo.

Figura 6 – Dados de carga e rotação do motor



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Embora as tecnologias estejam cada vez mais presentes nas máquinas agrícolas, ainda há desafios a serem superados. Um dos principais, conforme destacado por Bonneau *et al.* (2017), é a difi-

culdade em integrar os diversos sistemas existentes, uma vez que nem todos os equipamentos são padronizados ou compatíveis entre si. Tal cenário exige maiores investimentos, tanto em atualização tecnológica quanto no desenvolvimento das capacidades dos profissionais envolvidos, desde operadores até gestores de produção.

Além das métricas de desempenho operacional já discutidas, a análise detalhada do consumo de combustível torna-se um elemento-chave para a gestão eficiente das máquinas agrícolas. Informações relacionadas ao uso do combustível são segmentadas conforme a finalidade de utilização – transporte, ociosidade e trabalho efetivo – e complementadas por parâmetros como temperatura dos fluidos, carga e rotação do motor, velocidade média e percentual de patinagem. Esses dados, apresentados na Tabela 1 e ilustrados também na Figura 1, impactam diretamente nos custos operacionais e podem guiar estratégias para economia de insumos e maior eficiência energética.

Tabela 1 – Dados de consumo de combustível

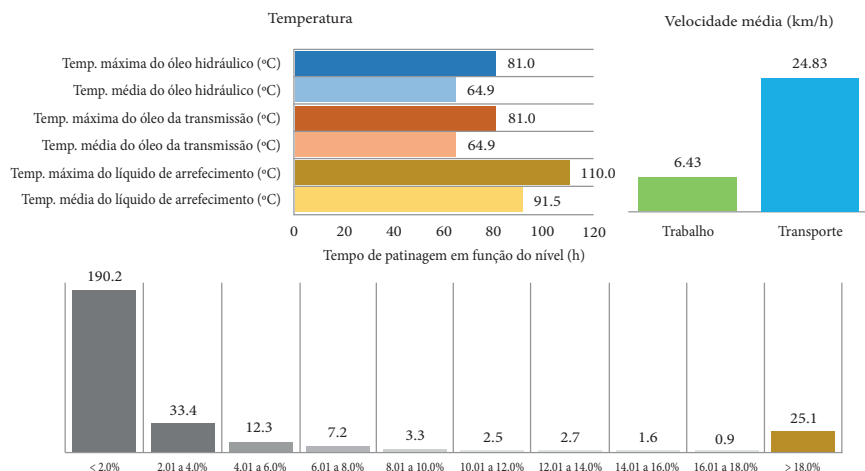
Período	Diesel Consumido	Consumo médio		
357,3h	10.014,9 L	28,0 L/h	Motor ocioso atual	19,1%
			Motor ocioso desejado	10,0%
Preço Diesel	Gasto total com Diesel		Oportunidade de redução	9,1 p.p.(47,7%)
R\$ 6,500 / L	Trabalho	R\$ 62.521,6	Redução motor ocioso (h)	36,16 h
	Transporte	R\$ 546,9	Economia Diesel (L)	165,29 L
\$/h	Ocioso	R\$ 2.028,4	Economia Diesel (R\$)	R\$ 1.074,4
R\$ 182,2 / h	Total	R\$ 65.096,9		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Bernardi *et al.* (2014), o sensoriamento remoto se caracteriza por coletar dados de alvos sem contato físico, muitas vezes

a grandes distâncias, o que abre espaço para uma agricultura cada vez mais moderna e estratégica. Essa abordagem permite que o monitoramento das operações agrícolas seja feito em tempo real, facilitando o planejamento e a tomada de decisão. Um exemplo prático é apresentado a seguir (Figura 7), que mostra dados de temperatura, velocidade e patinagem do trator sob diferentes condições de inclinação do terreno. Esses fatores influenciam diretamente na tração, no desempenho e no consumo de combustível, sendo essenciais para calibragem de práticas de manejo mais eficientes.

Figura 7 – Dados de temperatura, velocidade e patinagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

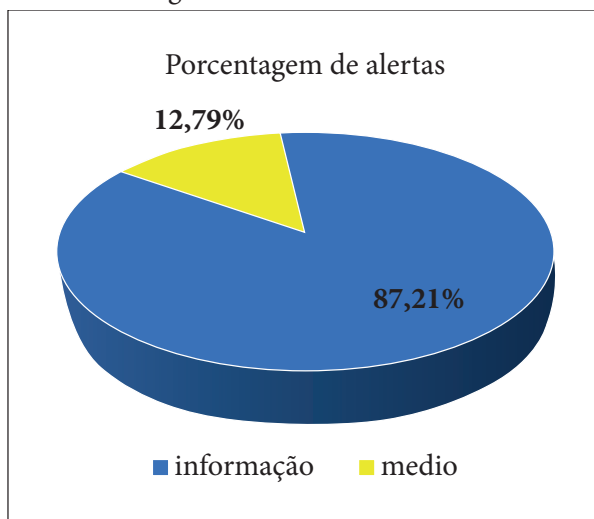
Estudos como o de Capelli (1999) indicam que, com o uso adequado de tecnologias da agricultura de precisão, é possível alcançar reduções significativas nos custos com insumos – como o caso de fertilizantes, que em algumas situações registraram economia de até 10%. Conforme apontado por Molin, Amaral e Colaço (2015), o principal objetivo dos agricultores continua sendo a obtenção de altas

produtividades com o menor custo possível. Nesse cenário, o uso de tecnologia embarcada e a coleta automatizada de dados operacionais tornam-se indispensáveis.

Durante esta pesquisa, foi também analisado o desempenho do trator John Deere modelo 7225J.

Este equipamento, disponível na fazenda para as atividades de plantio e manejo, é equipado com sistemas que permitem o monitoramento remoto e contínuo de todas as variáveis de operação. Observa-se, a seguir (Gráfico 2), o percentual de alertas gerados por esse trator, com base em sua gravidade. Dos 86 alertas registrados no período analisado, 87,21% foram considerados de baixa importância – novamente, em sua maioria relacionados ao sistema de orientação por rádio RTK – enquanto 11% apresentaram gravidade média, ligados a falhas no sistema de combustível.

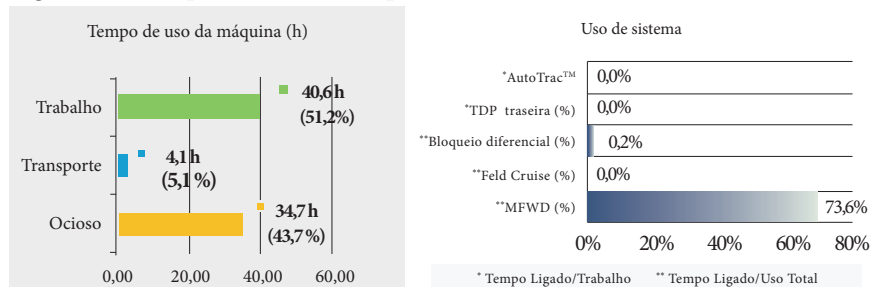
Gráfico 2 – Percentual de gravidade de alertas



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Santo (2001) destaca que a adoção de inovações tecnológicas no campo está frequentemente associada ao aumento de produtividade e à melhoria da qualidade dos processos agrícolas. Como reflexo, há uma redução nos custos de produção, tornando os produtos mais acessíveis e disponíveis no mercado. A seguir (Figura 9), mostram-se os dados de tempo de uso da máquina, indicando que o tempo médio de deslocamento foi de 5,1% nos dois tratores analisados, enquanto o período em marcha lenta – ou seja, com o motor ligado, mas sem realizar atividades – atingiu 43,7%, demonstrando um uso ineficiente do combustível nesse estágio. Já o tempo de trabalho efetivo representou 51,2% do total, evidenciando que há margem para melhorias na otimização operacional.

Figura 9 – Tempo de uso da máquina

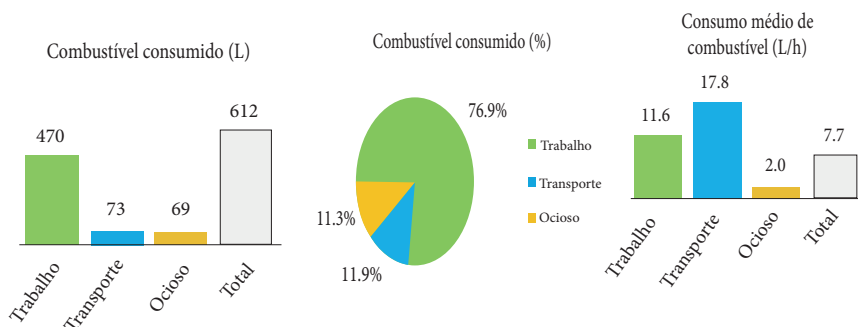


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O conceito de modernização agrícola, conforme descrito por Graziano da Silva (1981), envolve transformações técnicas e estruturais no meio rural, que incluem desde a introdução de máquinas e implementos até a reconfiguração das relações de produção. Na análise dos dados operacionais, o uso de recursos como o AutoTrack foi praticamente nulo (0,0%), enquanto o bloqueio de diferencial foi ativado em apenas 0,2% do tempo. Já o sistema MFWD esteve em

operação durante 73,6% do tempo total, conforme ilustrado a seguir (Figura 10).

Figura 10 – Dados de consumo de combustível

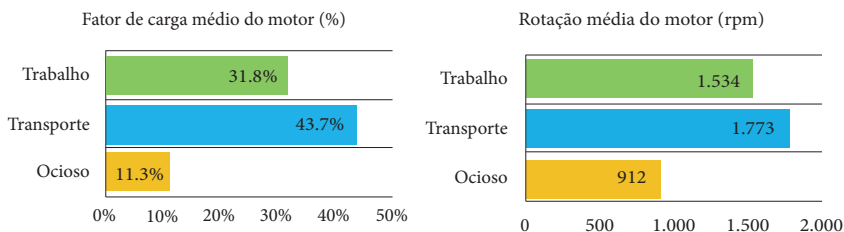


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Estes dados indicam que, apesar da presença de tecnologia embarcada, há potencial subutilizado, seja por falta de treinamento, seja por características específicas do terreno.

O uso racional das máquinas, segundo Ezenne *et al.* (2019), contribui não apenas para ganhos econômicos, mas também para benefícios ambientais, permitindo que o insumo seja utilizado no tempo, local e dose corretos. Apresentam-se, a seguir (Figura 11), dados sobre o uso do motor durante as operações.

Figura 11 – Dados de relacionamento ao uso do motor



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Verifica-se que a carga média do motor foi de 43,7%, concentrando-se principalmente durante os deslocamentos, e a rotação média durante esse período alcançou 1700 rpm. Estes dados refletem uma maior exigência energética durante o transporte em comparação com o trabalho efetivo, o que também influencia no custo final com combustível.

Portanto, a coleta e o uso integrado de dados tornam-se essenciais para a gestão agrícola moderna. Como afirmam Inamasu e Bernardi (2014), máquinas, dispositivos, sensores e *softwares* devem atuar como fontes de dados organizadas e interpretadas de forma estratégica. Isso significa que mais do que armazenar dados, é preciso transformá-los em informação útil e aplicável, fortalecendo a tomada de decisão no campo e promovendo uma agricultura mais inteligente, sustentável e produtiva.

A análise do consumo de combustível segue sendo um dos fatores mais relevantes para aumentar a efetividade do trabalho das máquinas agrícolas, reduzindo custos e contribuindo para o planejamento energético das operações. Para o equipamento em estudo, foi possível observar o impacto financeiro associado a cada variável monitorada, como visto a seguir (Tabela 2), a qual detalha o consumo de combustível em diferentes operações e suas respectivas cargas de trabalho. Tais dados evidenciam o quanto o monitoramento detalhado pode direcionar a tomada de decisões mais econômicas por parte dos produtores.

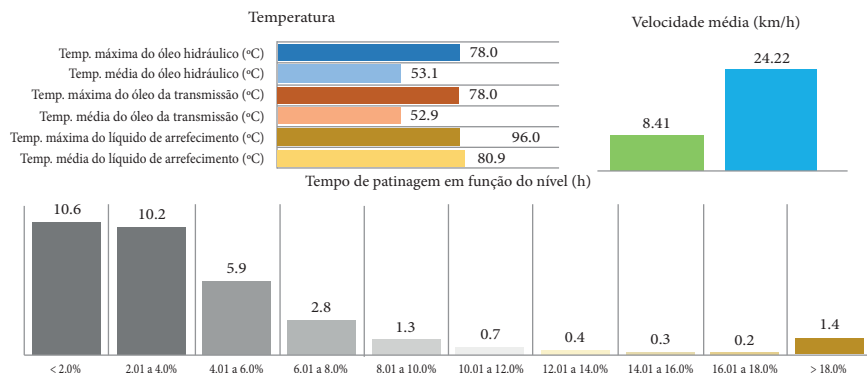
Tabela 2 – Consumo de combustível na operação

Período	Diesel Consumido	Consumo médio		
79,4 h	612,0 L	7,7 L/h	Motor ocioso atual	43,7%
			Motor ocioso desejado	10,0%
Preço Diesel	Gasto total com Diesel		Oportunidade de redução	33,7 p.p.(77,1%)
R\$ 6,500 / L	Trabalho	R\$ 3.057,4	Redução motor ocioso (h)	29,68 h
	Transporte	R\$ 472,2	Economia Diesel (L)	59,07 L
\$/h	Ocioso	R\$ 448,2	Economia Diesel (R\$)	R\$ 384,0
R\$ 50,1 / h	Total	R\$ 3.977,8		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Gebbers e Adamchuk (2010) reforçam a importância da coleta de informações como ferramenta essencial no manejo agrícola. Eles destacam que compreender a variabilidade espacial e temporal da lavoura permite maximizar o retorno econômico e minimizar os impactos ambientais. Em sintonia com essa premissa, os dados de velocidade de patinagem e temperatura operacional foram correlacionados, evidenciando sua relação direta com o desempenho da máquina. Como demonstrado a seguir (Figura 12), o aumento da velocidade de trabalho exige maior esforço da máquina, o que, por sua vez, eleva a temperatura dos sistemas. Esse efeito é intensificado em terrenos com maiores percentuais de inclinação, os quais demandam potência adicional do motor, influenciando tanto na velocidade quanto no aumento da temperatura dos fluidos.

Figura 12 – Dados de monitoramento de temperatura, velocidade e patinagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Com o avanço da inteligência artificial, a integração entre tecnologia da informação, sensores e equipamentos agrícolas se torna uma tendência cada vez mais consolidada. Como destacam Pivoto *et al.* (2017), essa convergência tecnológica permite a geração de grandes volumes de dados e adiciona níveis progressivos de automação às atividades no campo.

Dentre os fatores críticos de operação, a patinagem exige atenção especial: o fabricante recomenda limites entre 10% e 15% para tratores 4x2 e entre 8% e 12% para tratores 4x4, a fim de garantir desempenho otimizado, economia de combustível e prolongamento da vida útil dos pneus. O lastreamento adequado não proporcionará um bom desempenho para um implemento que é muito grande para o seu trator. Se a rotação do motor cair abaixo do nominal, e a patinagem estiver acima de 15% para 4x2 ou 12% para 4x4, adicionar lastro não melhora a performance. Além disso, o desequilíbrio no lastreamento, seja insuficiente, seja excessivo, pode provocar desde a perda de potência até a

compactação do solo, o que compromete tanto a performance quanto os recursos naturais.

Apresenta-se (Tabela 3) a recomendação de distribuição longitudinal de pesos para os tratores analisados, com destaque para os modelos 8400R e 7225J. Tais orientações visam manter a patinagem dentro da faixa ideal e assegurar a correta distribuição de peso, otimizando o rendimento e evitando desgastes prematuros nos sistemas de tração.

Tabela 3 – Recomendação de distribuição longitudinal de pesos

Distribuição longitudinal de pesos (%) recomendados			
Tipo de tração	Na barra de tração	Semi-montado ou integral	Montado nos três pontos ou integral
4x2	25/75	30/70	35/65
4x4	35/65	35/65	40/60

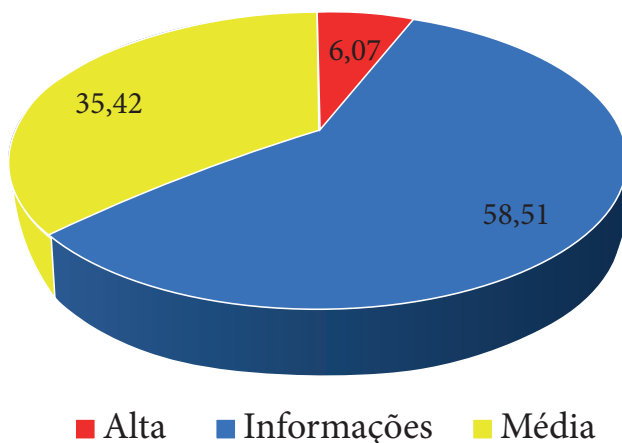
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Além dos tratores, o estudo contemplou o monitoramento de um pulverizador autopropelido da marca John Deere, modelo M4030, apresentado a seguir.

Durante o período analisado, foram registrados 511 alertas de sistema, dos quais 6,07% representavam ocorrências de alta gravidade, como baixa pressão na bomba de solução. Outros 35,42% foram classificados como de gravidade média, relacionados a falhas no controle de bicos, pressão de combustível e comunicação da unidade de controle. A maioria dos alertas, cerca de 58,51%, diz respeito a informações de sistema, como alta tensão interna que impede determinados acionamentos, conforme visto a seguir (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Porcentagem de alertas pulverizador M4030

Porcentagem de alertas

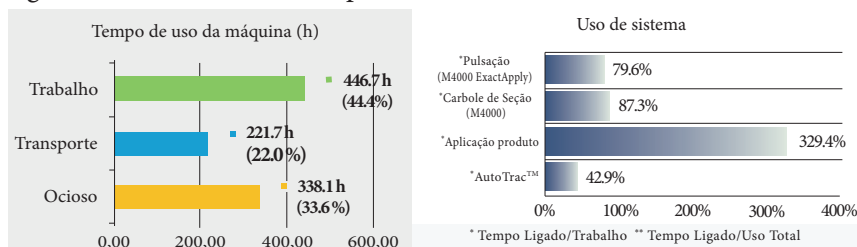


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Alonço (1998) já ressaltava que o bom uso das tecnologias embarcadas favorece a correta aplicação de defensivos químicos, minimizando riscos de contaminação e otimizando as dosagens.

O comportamento operacional do pulverizador é ilustrado a seguir (Figura 14), que detalha a distribuição do tempo de uso da máquina: 22% dedicado ao deslocamento, 33,6% à marcha lenta – percentual considerado aceitável devido à necessidade de manter o motor ligado durante o abastecimento com a calda – e 44,4% ao trabalho efetivo. Observa-se, portanto, uma utilização equilibrada do equipamento, com possibilidade de ajustes pontuais para maior eficiência.

Figura 14 – Dados de uso no pulverizador

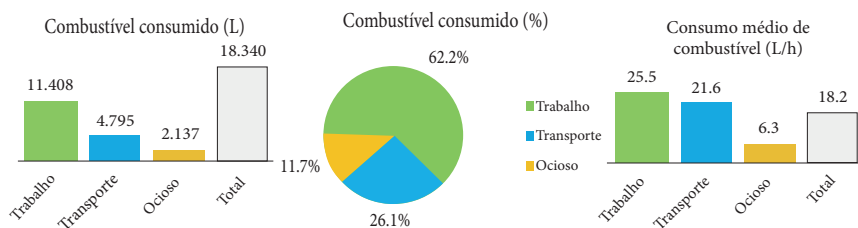


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No que se refere ao uso de tecnologia embarcada, os dados mostraram uma taxa média de utilização do sistema AutoTrack (piloto automático) de 42,9%, um percentual aceitável segundo os padrões operacionais da fazenda. O controle de seção foi utilizado em 87,3% das operações, enquanto o sistema de pulsação esteve ativo em 79,6% do tempo. Tais resultados indicam que o operador aproveitou de forma significativa os recursos tecnológicos disponíveis, o que pode contribuir para a redução no uso de insumos e, consequentemente, nos custos operacionais.

Essas tecnologias, que incluem GPS, computadores de controle pop-up, sensores de alvos biológicos e até robôs inteligentes, têm se mostrado eficazes não apenas na produtividade das lavouras, mas também na sustentabilidade das práticas agrícolas, como destacado por Brenha *et al.* (2014). A Figura 15 reforça essa tendência ao apresentar dados sobre o consumo de combustível do pulverizador, segmentado por tipo de utilização – transporte, ocioso e trabalho – além de outros fatores, como temperatura dos fluidos e rotação do motor.

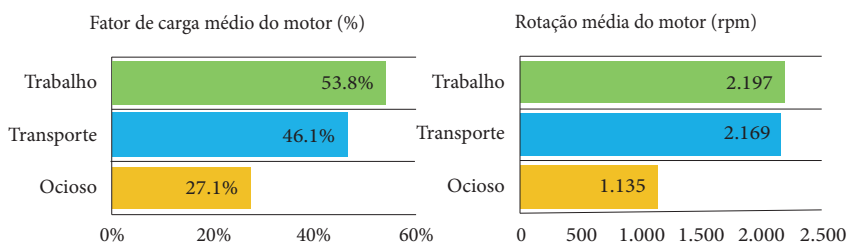
Figura 15 – Dados de consumo de combustível do pulverizador



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Já a Figura 16 apresenta os dados referentes à carga do motor, indicando que, durante a operação do pulverizador, 53,8% do tempo foi utilizado com carga efetiva e rotação média de 2000 rpm. Esses números sinalizam uma boa adequação da máquina às exigências da operação, embora ainda haja espaço para estratégias de melhoria no gerenciamento de tempo e uso de motor.

Figura 16 – Dados de uso do motor



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Por fim, a seguir (Tabela 4), consolidam-se os dados de consumo de combustível do pulverizador ao longo do período estudado, apresentando valores por operação. Essas informações oferecem ao produtor um panorama completo sobre o desempenho do equipamento, servindo como subsídio para o planejamento do ano agrícola. Ao aliar dados de consumo, desempenho e alertas operacionais,

o produtor ganha ferramentas práticas para otimizar seu manejo, reduzir desperdícios e aumentar a rentabilidade das atividades no campo.

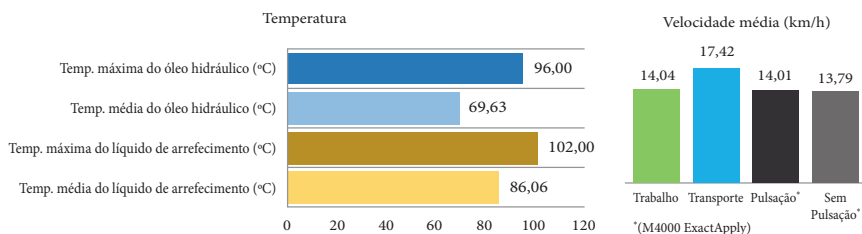
Tabela 4 – Dados de consumo de combustível

Período	Diesel Consumido	Consumo médio		
1.006,6 h	18.340,0 L	18.2 L/h	Motor ocioso atual	33,6%
			Motor ocioso desejado	10,0%
Preço Diesel	Gasto total com Diesel		Oportunidade de redução	23,6 p.p.(70,2%)
R\$ 6,500 / L	Trabalho	R\$ 74.151,2	Redução motor ocioso (h)	263,86 h
	Transporte	R\$ 31.165,2	Economia Diesel (L)	1.667,98 L
\$/h	Ocioso	R\$ 13.893,5	Economia Diesel (R\$)	R\$ 10.841,9
R\$118,4 / h	Total	R\$ 119.209,9		

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Além das análises relacionadas ao pulverizador, foram examinados os dados de temperatura do sistema operacional e a velocidade de trabalho, os quais são fundamentais para o planejamento do tempo de execução das pulverizações. Essas variáveis permitem mensurar os esforços exigidos da máquina, possibilitando ajustes que aumentem o desempenho operacional sem comprometer a integridade do equipamento. A seguir (Figura 17), demonstram-se esses dados, reforçando a importância de controlar simultaneamente temperatura e velocidade para assegurar uma aplicação eficiente e segura.

Figura 17 – Dados de temperatura e velocidade de trabalho do pulverizador

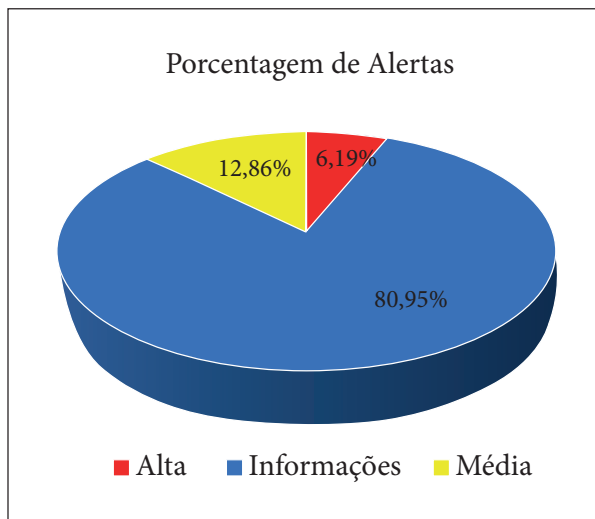


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No escopo desta pesquisa, também foi incluída a avaliação das tecnologias embarcadas na colheitadeira John Deere modelo S680, que desempenha papel essencial na fase final da produção agrícola, com recursos para auxiliar o produtor na tomada de decisões e no planejamento estratégico da colheita.

Durante o período analisado, foram registrados 210 alertas operacionais, em que a grande maioria, 80,95%, corresponde a alertas de informação relacionados a falhas menos críticas, como iluminação inadequada, GPS indisponível e problemas no sensor de fluxo de massa. Um total de 12,86% dos alertas foi classificado como de gravidade média, envolvendo falhas nos sistemas de velocidade do picador e do debulhador, além de sinais de retilhas cheias e falhas no sensor de umidade. Já os alertas graves representaram 6,19%, apontando para situações como temperatura elevada do ar no coletor de admissão e problemas críticos no sensor de fluxo de massa, conforme detalhado no gráfico.

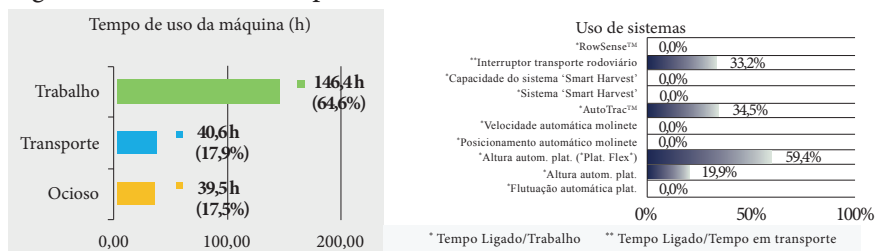
Gráfico 4 – Porcentagem de alertas colheitadeira S680



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A relevância da colheita no processo produtivo é destacada por Sgarbi (2006), que observa que esta é uma das etapas de maior valor agregado da cadeia agrícola. A ausência de conhecimento técnico adequado neste momento pode acarretar prejuízos significativos, com queda na rentabilidade e perda de produtividade. Nesse sentido, o estudo do comportamento operacional da colheitadeira revelou que 17,9% do tempo foi gasto em deslocamento, enquanto a marcha lenta, caracterizada pelo motor ligado sem execução de atividade, representou 17,5% do tempo total – um valor elevado que indica potencial de otimização. O período de trabalho efetivo foi de 64,6%, evidenciando que a maior parte do tempo a máquina esteve desempenhando sua função principal, conforme mostrado a seguir (Figura 19).

Figura 19 – Dados do tempo de uso da colheitadeira

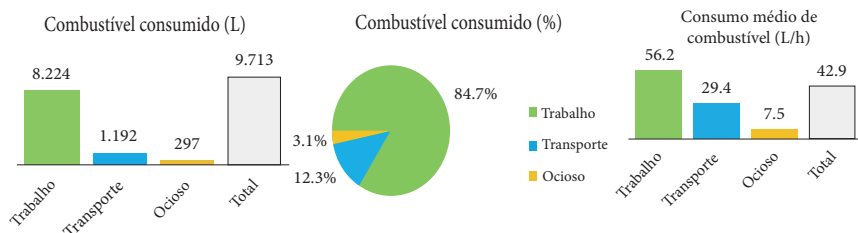


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No que diz respeito ao uso das tecnologias embarcadas, verificou-se que o sistema AutoTrack, responsável pelo direcionamento automático da colhedora, foi utilizado em 34,5% das operações. Outros recursos, como o ajuste automático da plataforma e o interruptor para transporte rodoviário, também foram monitorados, sendo este último recomendável apenas em deslocamentos pelas vias públicas. Souza (2001) enfatiza a importância da regulagem e manutenção adequadas das colhedoras como estratégias para mitigar perdas e preservar a qualidade dos grãos colhidos.

Com base nos dados operacionais, apresentam-se, a seguir (Figura 20), informações sobre o consumo de combustível da colhedora, discriminado por tipo de utilização – transporte, ocioso e trabalho – além de parâmetros como temperatura dos fluidos, velocidade média e rotação do motor.

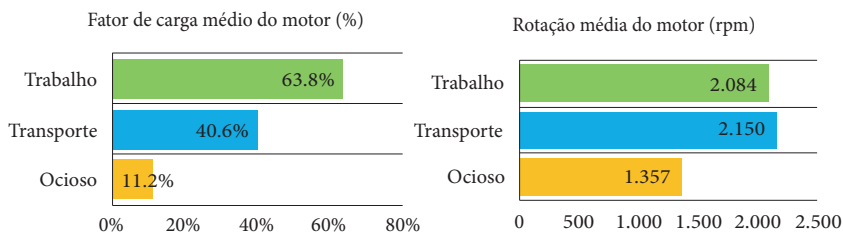
Figura 20 – Dados de consumo de combustível



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Essas métricas se revelam determinantes no controle de custos com combustível e na eficiência do processo de colheita. Já a Figura 21 evidencia o comportamento da carga do motor, que apresentou média de 63,8% durante as operações, com rotação superior a 2000 rpm, indicando esforço considerável por parte da máquina.

Figura 21 – Dados de uso do motor



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Conforme defendido por Pinheiro Neto e Gamero (1999), a redução das perdas na colheita mecanizada de grãos exige o entendimento aprofundado de suas causas, sejam quantitativas, sejam qualitativas. Nesse contexto, os dados de consumo monitorados (Tabela 5) permitem uma visão mais clara sobre o desempenho energético do equipamento e contribuem diretamente para o planejamento da colheita com foco na performance e economia.

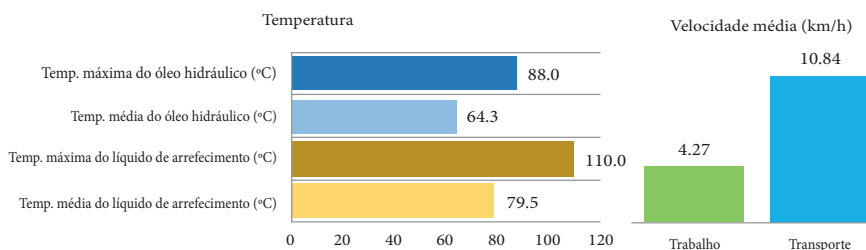
Tabela 5 – Dados de monitoramento de consumo

Período	Diesel Consumido	Consumo médio		
226,5 h	9.712,8 L	42,9 L/h	Motor ocioso atual	17,5%
			Motor ocioso desejado	10,0%
Preço Diesel	Gasto total com Diesel		Oportunidade de redução	7,5 p.p.(42,7%)
R\$ 6,500 / L	Trabalho	R\$ 53.453,1	Redução motor ocioso (h)	18,75 h
	Transporte	R\$ 7.748,9	Economia Diesel (L)	140,93 L
\$/h	Ocioso	R\$ 1.930,9	Economia Diesel (R\$)	R\$ 916,1
R\$ 278,8 / h	Total	R\$ 63.133,0		

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Durante as operações, foi ainda observada a importância do monitoramento constante da velocidade de trabalho e da temperatura do sistema operacional da colhedora, fatores essenciais tanto para a produtividade quanto para a segurança da operação. A seguir (Figura 22), ilustra-se essa relação, destacando a necessidade de acompanhar esses indicadores em tempo real.

Figura 22 – Dados de temperatura e velocidade de trabalho

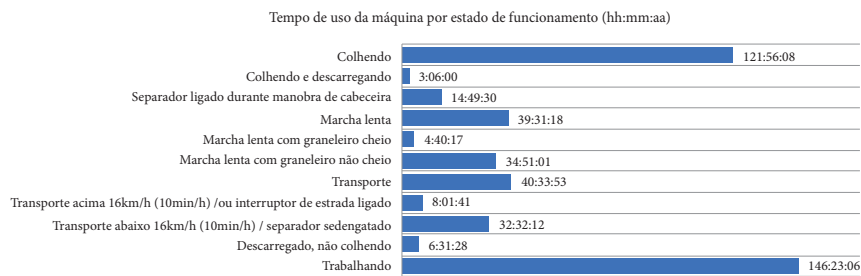


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Complementarmente, apresentam-se os dados de tempo de uso dos componentes móveis da colhedora (Figura 23). Essa informação é valiosa para estimar o desgaste de peças e antecipar manutenções

preventivas, garantindo maior durabilidade e confiabilidade ao equipamento.

Figura 23 – Dados de tempo de uso dos componentes



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Dessa forma, os resultados obtidos reforçam a importância da conectividade e do uso inteligente das informações na operação de máquinas agrícolas. A análise detalhada dos dados permite não apenas intervenções corretivas mais eficientes, mas também uma gestão preditiva e estratégica, que contribui para maior produtividade, menor custo operacional e sustentabilidade no uso dos recursos.

Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam a significativa evolução tecnológica promovida pelas montadoras, que têm investido continuamente no desenvolvimento de soluções voltadas ao setor agropecuário. Essa evolução é perceptível nas tecnologias embarcadas nas máquinas agrícolas, as quais oferecem ao produtor rural não apenas maior conforto e comodidade durante a operação, mas também um notável ganho em desempenho e eficiência. Ao longo da pesquisa,

foram descritas diversas dessas ferramentas, com destaque para seus impactos positivos nas atividades em campo.

Um dos exemplos mais expressivos refere-se aos benefícios obtidos com um lastreamento adequado do trator. Os dados analisados demonstraram um ganho de 0,2% no avanço da operação, aliado a uma redução de 2% na patinagem, o que representa melhor tração e menor perda de energia. Além disso, houve uma economia de 4,5 litros por hora no consumo de combustível, resultado diretamente ligado à otimização da força aplicada e à menor resistência ao deslocamento. Com a possibilidade de trabalhar em marcha mais alta – especificamente na nona –, o equipamento pôde operar a uma velocidade 1,1 km/h superior, com uma redução de 14% na carga média do motor.

Esses números são significativos, pois indicam que, além de otimizar o consumo de combustível e melhorar o desempenho operacional, essas tecnologias contribuem para a redução do esforço exigido dos componentes mecânicos do trator. Isso, por sua vez, prolonga a vida útil das peças, reduz a frequência e os custos com manutenção e aumenta a disponibilidade dos equipamentos para uso contínuo na lavoura. Diante disso, fica evidente que o uso consciente e técnico das ferramentas embarcadas é não apenas uma tendência no campo, mas uma necessidade estratégica para garantir produtividade, sustentabilidade e economia no agronegócio moderno.

Referências

ALONÇO, A. dos S. Equipamentos e tecnologia de aplicação de defensivos. *In*: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. do C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília, DF: Embrapa SPI, 1998. p. 296-317.

BERNARDI, A. C. C. *et al.* **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, DF: Embrapa, 2014.

BONNEAU, V. *et al.* **Industry 4.0 in agriculture: Focus on IoT aspects.** Bruxelles, Belgique: European Commission, 2017. (Digital Transformation Monitor).

BRENHA, J. A. M. *et al.* Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários: demandas, avanços e inovações. *In:* BUSOLI, A. C. *et al.* (ed.). **Tópicos em entomologia agrícola.** 8. ed. Jaboticabal, SP: Multipress, 2014. p. 353-371.

CAPELLI, N. L. **Agricultura de precisão: novas tecnologias para o processo produtivo.** Campinas, SP: Unicamp, 1999.

EZENNE, G. I. *et al.* Current and potential capabilities of UAS for crop water productivity in precision agriculture. **Agricultural Water Management**, Berlin, v. 218, p. 158-164, jun. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.034>.

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, Washington, v. 327, n. 5967, p. 828-831, fev. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1183899>.

GRAZIANO DA SILVA, J. **A modernização dolorosa: estrutura agrária, fronteira agrícola e trabalhadores rurais no Brasil.** Rio de Janeiro, RJ: Zahar, 1981.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. Agricultura de precisão. *In:* BERNARDI, A. C. C. *et al.* (org.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 21-33.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A. M. Agro 4.0 – Rumo à agricultura digital. *In:* MAGNONI JÚNIOR, L. *et al.* (org.). **JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil.** 2. ed. São Paulo, SP: Centro Paula Souza, 2017. p. 28-35.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A.; MOURA, M. F. Os novos desafios e oportunidades das tecnologias da informação e da comunicação na agricultura (AgroTIC). *In: MASSRUHÁ, S. M. F. S. et al. Tecnologias da Informação e Comunicação e suas relações com a agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 23-38.

MESQUITA, C. M. *et al.* Caracterização da colheita mecanizada da soja no Paraná. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 197-205, maio 2001.

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

PINHEIRO NETO, R.; GAMERO, C. A. Efeito da colheita mecanizada nas perdas quantitativas de grãos de soja (*Glycine max*. (L.) Merrill). **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 52-68, 1999.

PIVOTO, D. *et al.* Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. **Information Processing in Agriculture**, Berlin, v. 5, n. 1, p. 21-32, mar. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.inpa.2017.12.002>.

REHMAN, A.-U.; SHAIKH, Z. A. Smart agriculture. *In: ZUBAIRI, J. A. (Ed.). Application of Modern High Performance Networks*. Potomac, MD: Bentham Science, 2009. p. 120-129.

SANTO, B. R. E. **Os caminhos da agricultura brasileira**. São Paulo, SP: Evoluir, 2001.

SGARBI, V. P. **Perdas na colheita de milho (*Zea mays* L.) em função da rotação do cilindro trilhador e umidades dos grãos**. 2006. 40 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SOUZA, C. M. A. **Avaliação e simulação do desempenho de uma colhedora de fluxo axial para feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2001.

113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Viçosa, Viçosa, MG.

SOUZA, R. V.; LOPES, W. C.; INAMASU, R. Y. Automação de máquinas e implementos agrícolas: eletrônica embarcada, robótica e sistemas de gestão de informação. *In*: MASSRUHÁ, S. M. F. S. *et al.* (ed.). **Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 215-231.

TOLEDO, A. de *et al.* Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 710-719, dez. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000400011>.

ZABANI, S. *et al.* Perdas na colheita de soja em duas propriedades na safra de 2002/2003. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais** [...]. Jaboticabal, SP: SBEA, 2003.

Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas no município de Guatambu (SC)

Mateus Saretto Demartini

Fábio José Busnello

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Cristiano Reschke Lajús

Introdução

A agricultura nos últimos anos passou por um processo de inovação e gerenciamento de todas as atividades agrícolas, de forma expressiva na qualidade das operações realizadas no campo agrícola, otimizando o uso de recursos disponíveis para a produção de alimentos.

Toda e qualquer atividade relacionada através do cultivo de plantas necessita de intervenções técnicas e científicas, para aprimorar e, consequentemente, revelar dados que possa ser sistematizado para fins de ganho econômico e sustentável (Dornelles *et al.*, 2009).

Para garantir o aumento na produtividade das culturas, muitas tecnologias estão sendo aplicadas no campo como, variedades de cultivares com alto teto produtivo, insumos, adubos, defensivos agrícolas com maior eficiência e maquinários avançados, sendo uti-

lizados do plantio até a fase final de cada ciclo. Nesse sentido, tem-se a prática das aplicações de defensivos agrícolas que objetiva o máximo desenvolvimento produtivo das culturas (Casali, 2015).

Segundo a FAO (2021), cerca de 40% de toda produção agrícola é perdida pela ocorrência de pragas agrícolas. A aplicação correta de agrotóxicos faz com que os riscos de perdas por pragas e doenças sejam diminuídos, evitando que os produtores tenham perdas severas de produção pela ocorrência pragas e doenças (Wohlenberg *et al.*, 2019).

Para a aplicação dos agrotóxicos, é utilizado o pulverizador agrícola, seja para a aplicação fungicidas, seja para herbicidas e inseticidas, além de adubos foliares, maturadores ou dessecantes. A eficiência da aplicação desses produtos, bem como a menor contaminação do ambiente, depende da escolha do equipamento de pulverização adequado, boa funcionalidade de seus componentes, da correta regulagem e calibração (Siqueira; Antuniassi, 2011).

De acordo com Reis (2020), a má regulagem do equipamento resulta em aplicação de doses incorretas, que podem ter como consequência a contaminação de solo, água e plantas que não são alvos da aplicação. Outra consequência da incorreta regulagem do equipamento é o aumento do custo, seja pela aplicação de excesso de agrotóxico, seja pela insuficiência de agrotóxico, necessitando re-alizar uma reaplicação de produto.

As orientações técnicas para uma correta aplicação muitas vezes não chegam até os produtores. É comum encontrar máquinas que possuem pouco tempo de trabalho realizando operações de forma insatisfatória, devido à péssima manutenção e do desconhecimento da maneira correta de realizar a regulagem do equipamento.

Diante disso, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de realizar a inspeção técnica de pulverizadores agrícolas no município de Guatambu, no estado de Santa Catarina.

Procedimentos metodológicos

Caracterização do ambiente da pesquisa

O presente estudo foi realizado no município de Guatambu (SC), situado a 516 metros de altitude, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 27° 8' 5" Sul, Longitude: 52° 47' 15" Oeste, em propriedades rurais localizadas no interior do município, que possuem pulverizadores agrícolas, utilizados nas diversas operações agrícolas destas propriedades (Figura 1).

Figura 1 – Local da realização da pesquisa município de Guatambu (SC), 2022



Fonte: Imagens de satélite Google Earth (2022).

Estratégia e delineamento da pesquisa

A presente pesquisa é caracterizada uma descritiva do tipo qualitativa com corte transversal, no qual apresenta período estabelecido.

Contudo, a entrevista seguiu um roteiro, ou seja, uma lista de tópicos elaborados pelo entrevistador a ser aplicado, abordando uma técnica na coleta de dados da realidade local (Gerhardt; Silveira, 2009).

Com o levantamento, os dados foram analisados em propriedades que apresentavam produção de grãos, em que são utilizados pulverizadores na condução e manejo da produção agrícola.

Em todo o município foram escolhidos 15 produtores rurais, de pequeno, médio e grande porte, com entrevista baseada em um questionário e verificação dos pulverizadores (Tabela 1).

Tabela 1 – Questionário realizado em cada propriedade rural

Propriedade nº				
Identificação do pulverizador				
Área plantada na safra verão (ha)				
Tamanho da barra				
Data				
Inspeção de Pulverizadores	Apto para uso	Reparo não urgente	Reparo urgente	Descrição
Presença, estado de conservação e limpeza dos filtros principal, de linha e peneiras				
Funcionalidade da mangueira do nível do tanque				
Funcionalidade da proteção de partes móveis – eixo cardan				

Deformação nas barras do pulverizador

Espaçamento entre pontas de pulverização

Estado de conservação e posicionamento das mangueiras

Alinhamento dos leques das pontas de pulverização

Estabilidade das barras de pulverização

Presença de vazamento

Funcionalidade das válvulas de cortes de seção

Presença e precisão do manômetro

Funcionalidade dos antigotejadores

Vazão das pontas de pulverização

Funcionalidade do fluxômetro

Funcionalidade do sistema de agitação do tanque

Funcionalidade do sistema de lavagem de embalagens

Fonte: Elaboração dos autores (2022).

Desenvolvimento e aplicação da pesquisa

Os dados referentes à pesquisa foram obtidos através da aferição dos pulverizadores em visita *in loco* aplicado ao grupo de produtores rurais, especificando as características do uso de pulverizadores em diferentes propriedades no município de Guatambu no ano de 2022.

Para calcular a vazão dos pulverizadores foi usado a seguinte fórmula:

$$\frac{l}{ha} = \frac{60.000 \times l/min}{km/h \times E (cm)}$$

Onde:

l/min = litros por minuto

l/ha = litros por hectare

km/h = velocidade do trator em km/h

E = Espaçamento entre as linhas em cm dividido pelo número de bicos por rua para aplicação dirigida

Avaliação da pesquisa

Após a aferição *in loco*, os dados foram interpretados e agrupados de acordo com as características abordadas, assim expondo quais os principais elementos evidenciados no uso de pulverizadores e na inspeção técnica do uso deste implemento nas diferentes propriedades.

Sistematização dos dados

A partir dos dados obtidos após a realização das coletas, foram realizados gráficos a fim de melhor interpretar e apresentar os resultados. Os gráficos foram elaborados no Microsoft Excel®.

Apresentação e discussão dos dados

Os dados da pesquisa estão apresentados de acordo com os objetivos específicos, sistematizados em pontos fundamentais que são ob-

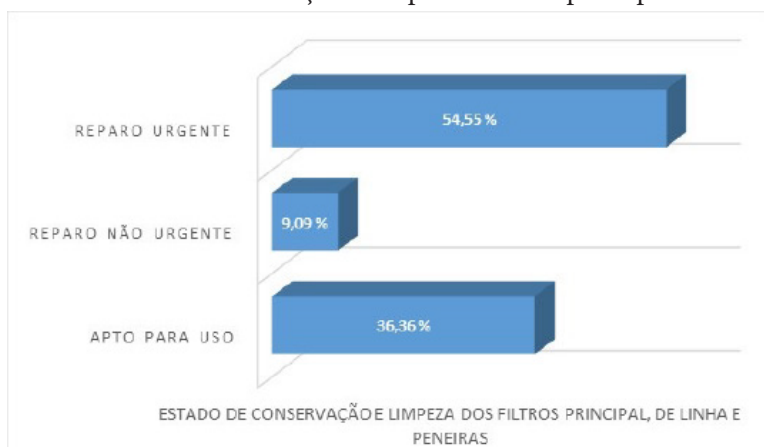
servados no momento da inspeção dos pulverizadores, que antecedem o seu uso nas diferentes aplicações seja de defensivos e nutrição foliar.

Estado de conservação e limpeza do filtro principal e de linha

Os resultados sistematizados mostram que a maioria dos pulverizadores (54,55%) necessitam de reparos urgentes no filtro principal e de linha. Diante disso, esse diagnóstico revela a importância da inspeção técnica dos pulverizadores (Figura 2).

Ainda sobre os resultados descritos, todo o manejo cultural depende de vários fatores, como alvo da aplicação, momento da aplicação, disposição no ambiente da praga, planta daninha ou moléstia. Porém, todo esse processo pode ser afetado pela calibração, regulação e limpeza do pulverizador, que não apresenta condições técnicas para a pulverização.

Figura 2 – Estado de conservação e limpeza de filtro principal e de linha



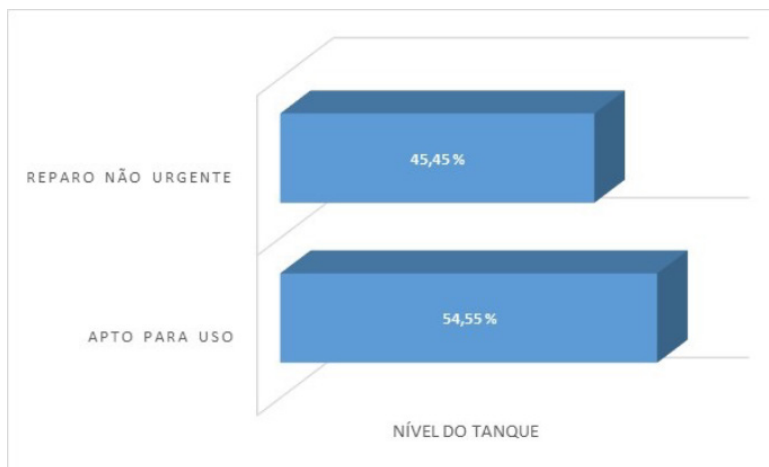
Fonte: Elaboração dos autores (2022).

A aplicação de produtos fitossanitários nas diversas culturas agrícolas deve ser com critérios, e esses devem estar diretamente ligados à calibração e manutenção dos pulverizadores, para que os produtos aplicados possam ter sua eficiência comprovada, resultando no retorno econômico das culturas (Antuniassi; Gandolfo, 2004).

Funcionalidade de nível

Ao observar o controlador de nível do reservatório de calda, 54,55 % dos pulverizadores estão aptos para o uso, em que 45,45 % apresentam falhas no nível do reservatório. Esse dado revela a importância para o operador conhecer o volume do reservatório e programar as paradas para reabastecimento, otimizando o percurso do implemento no talhão de pulverização (Figura 3).

Figura 3 – Nível do reservatório de calda



Fonte: Elaboração dos autores (2022).

Otimizar o uso do pulverizador possibilita maior produtividade das áreas já exploradas, com a necessidade de melhorar a eficiên-

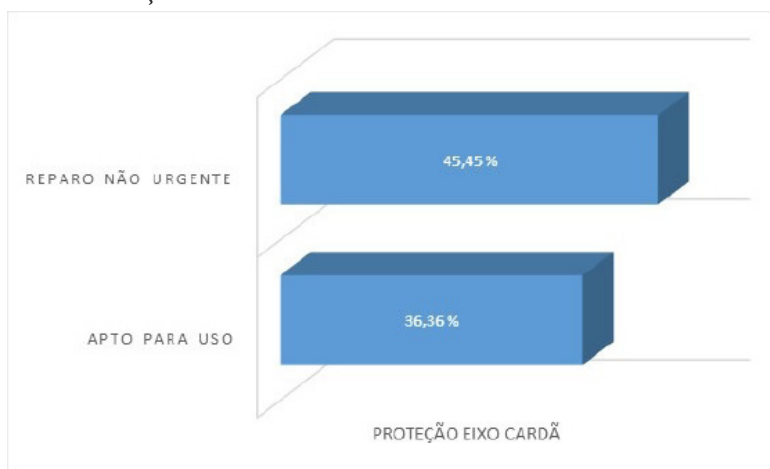
cia operacional, contudo, tendo aumento de produtividade do implemento no final da jornada de trabalho (Gandolfo *et al.*, 2013).

A aplicação eficaz de produtos fitossanitários começa na seleção de um equipamento de qualidade e adequado às condições da cultura (tamanho da área, espaçamento de plantio, topografia, distância do ponto de reabastecimento etc.), que proporcione o máximo rendimento ao menor custo. Assim, saber identificar tal equipamento também é um passo muito importante (Schmidt, 2006).

Proteção de partes móveis

A proteção do eixo cardan é fundamental para evitar riscos de acidentes. Os dados mostram que 45,45% dos pulverizadores necessitam de reparos, portanto, é fundamental que a proteção deste componente esteja em perfeitas condições de uso, evitando acidentes graves ao operador (Figura 4).

Figura 4 – Proteção do eixo cardan



Fonte: Elaboração dos autores (2022).

Para Langenakens e Braekman (2001), as boas condições de uso dos pulverizadores estão intimamente relacionadas à sua constante manutenção e observação dos pontos que devem ser corrigidos.

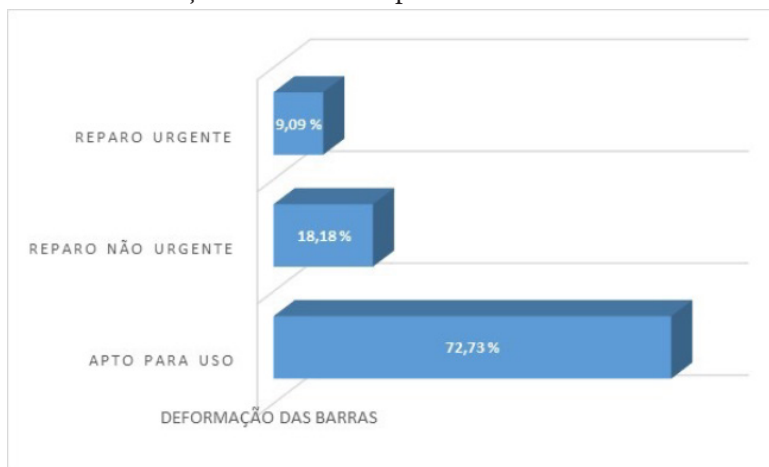
O detalhamento das condições dos pulverizadores pode ajudar não somente aos produtores rurais, mas como as instituições de pesquisa na correta orientação de uso, manutenção e calibração (Gandolfo *et al.*, 2013).

Dornelles *et al.* (2011) observam em estudo que a falta de proteção do eixo cardan foi de 76%, e em outro trabalho foram encontrados 53,6% dos pulverizadores com ausência da proteção. A ausência apresenta grande risco ao operador deste implemento.

Deformação nas barras do pulverizador

Mostra-se, a seguir (Figura 5), a deformação das barras de pulverização, podendo-se destacar que 72,73% dos pulverizadores se encontram aptos para o uso. A deformação das barras compreende ponto importante para que não ocorram áreas em branco sem pulverizar.

Figura 5 – Deformação das barras do pulverizador



Fonte: Elaboração dos autores (2022).

A faixa de aplicação deve estar correta pelo alinhamento das barras de aplicação. O alinhamento reduz a sobreposição de aplicação, bem como a falta de aplicação, podendo afetar a qualidade dos tratamentos fitossanitários, provocando problemas de superdosagens (Alvarenga; Cunha, 2010).

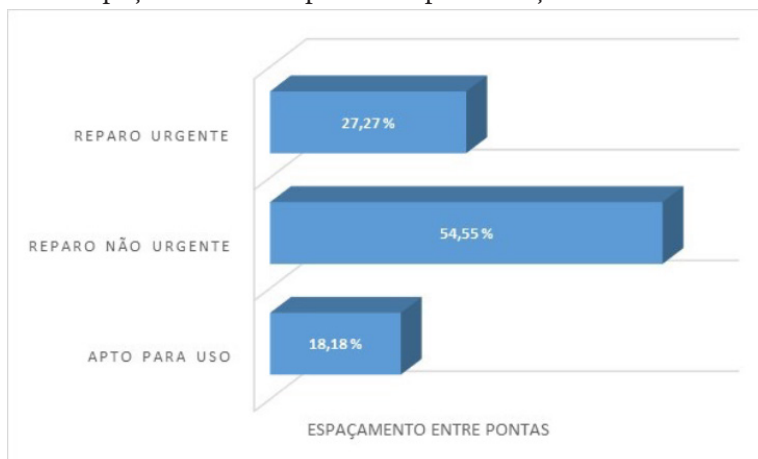
O uso de pulverizadores agrícolas mal regulados, com pontas de pulverização inadequadas ou desgastadas, e o uso de doses excessivas de defensivos são alguns dos fatores que contribuem para a ineficiência das aplicações e impacto sobre o meio ambiente (Dornelles *et al.*, 2009).

A correta e adequada manutenção nos pulverizadores agrícolas é fundamental para que estes implementos possam realizar a operação com qualidade e eficiência, pois tal operação interfere diretamente no retorno econômico (Lanças *et al.*, 1998).

Espaçamento entre pontas

O espaçamento entre pontas de pulverização deve estar adequado conforme a ponta apropriada para o alvo de aplicação, alinhado com a pressão exercida, para que a formação do ângulo seja coerente com o espaçamento. Nos dados obtidos, podemos destacar que 54,55% dos pulverizadores necessitam de reparos no espaçamento entre as pontas (Figura 6).

Figura 6 – Espaçamento entre pontas de pulverização



Fonte: Elaboração dos autores (2022).

Na modernização da agricultura, a competitividade nos modelos produtivos, assim como a eficiência nas operações agrícolas, requer a correta regulagem e calibração dos pulverizadores, permitindo a maior eficiência das aplicações, reduzindo perdas que podem ocorrer durante a pulverização (Siqueira, 2009).

Em estudo acerca de pulverizadores, foi constatado que 95% dos pulverizadores apresentavam algum tipo de defeito em relação

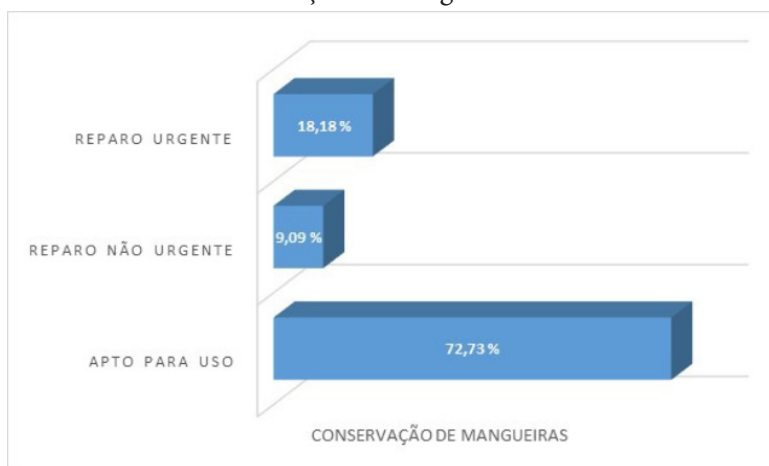
aos cuidados básicos, como taxa de aplicação, pontas desgastadas, variação de pressão no manômetro, ocasionando erros na taxa de aplicação inferior a 5,0% (Gandolfo *et al.*, 2007).

Conservação de mangueiras e alinhamento das pontas de pulverização

Podemos observar a seguir (Figura 7) o estado de conservação de mangueiras dos pulverizadores avaliados, em que 72,73% estão aptos para o uso, 18,18% necessitam de reparos urgentes e 9,09% de reparo não urgente.

Dados contrários nesta pesquisa não corroboram com os resultados de Gandolfo *et al.* (2007), que observaram que, dos 20 pulverizadores avaliados, somente duas unidades (10,0%) encontravam-se em estado adequado de uso, e as demais apresentavam obstruídas ou desgastadas.

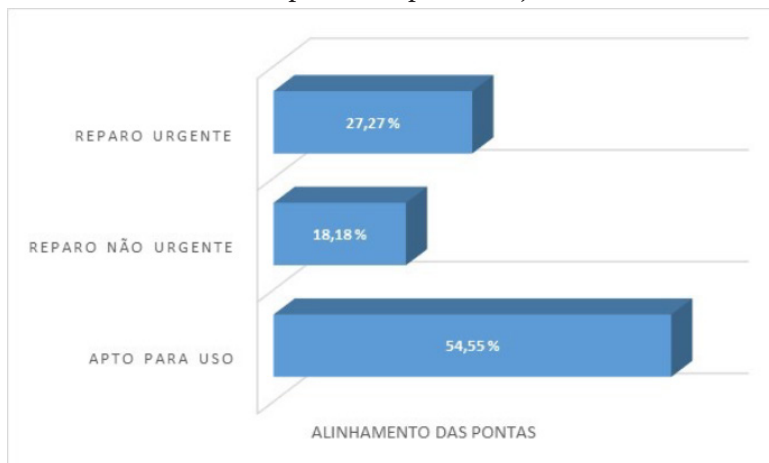
Figura 7 – Estado de conservação de mangueiras



Fonte: Elaboração dos autores (2022).

Para a variável alinhamento das pontas de pulverização, verificou-se que 54,55% estão aptas para o uso e 18,18% necessitam de reparo não urgente. No entanto, dos pulverizadores avaliados, 27,27% precisam urgente de reparo (Figura 8).

Figura 8 – Alinhamento das pontas de pulverização



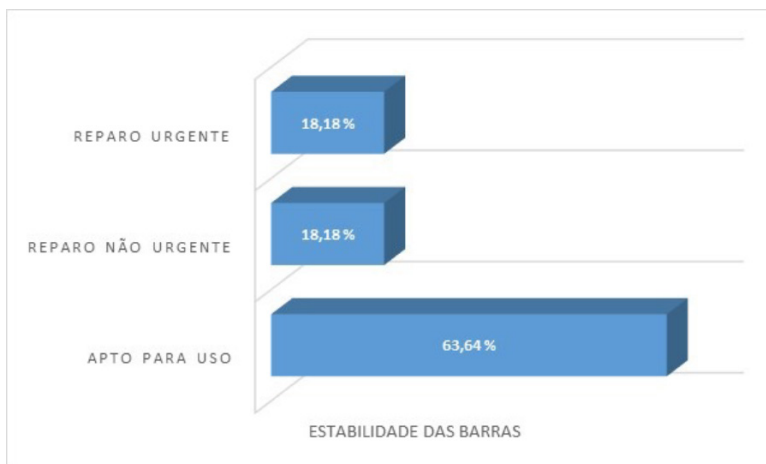
Fonte: Elaboração dos autores (2022).

Conforme apontado anteriormente, os resultados encontrados nesta pesquisa são considerados satisfatórios quando comparados com Gandolfo *et al.* (2007), que observaram que, dos 20 pulverizadores avaliados, somente duas unidades (10,0%) encontravam-se em estado adequado de uso; as demais apresentavam obstruídas ou desgastadas.

Estabilidade das barras e vazamentos

A análise percentual de problemas com a estabilidade das barras de pulverização mostrou que 36,36 necessitam de reparos imediatos e não urgentes. Já 63,63% estão aptos para o uso (Figura 9).

Figura 9 – Estabilidade das barras

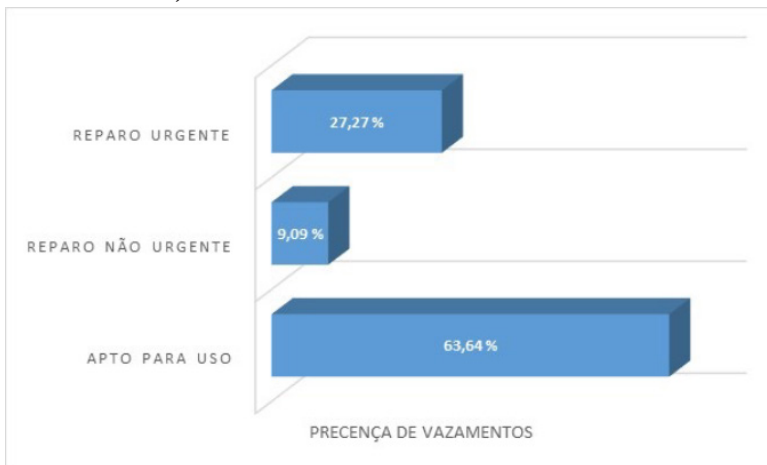


Fonte: Elaboração dos autores (2022).

A seguir (Figura 10), os resultados mostram que 27,27% dos pulverizadores avaliados precisam de reparo urgente, 9,09% de reparos não urgentes e 63,64% estão aptos para o uso.

Alvarenga e Cunha (2010) inspecionaram um número expressivo de pulverizadores, em que 61,8% apresentavam algum tipo de vazamento. Consideraram o valor alto, visto que vazamentos são, na maioria das vezes, fáceis de serem percebidos. Um número semelhante foi encontrado durante as inspeções, em que 62% dos pulverizadores apresentaram esse problema.

Figura 10 – Presença de vazamentos

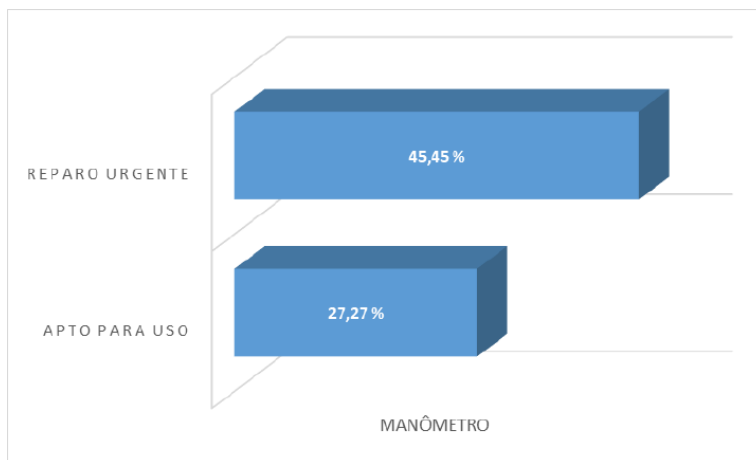


Fonte: Elaboração dos autores (2022).

Precisão do manômetro e funcionalidade dos antigotejadores

A seguir (Figura 11), demonstra-se que, dos pulverizadores analisados, 45,45% necessitam de reparos urgente na precisão do manômetro e apenas 27,27% estão aptos para o uso.

Figura 11 – Precisão do manômetro

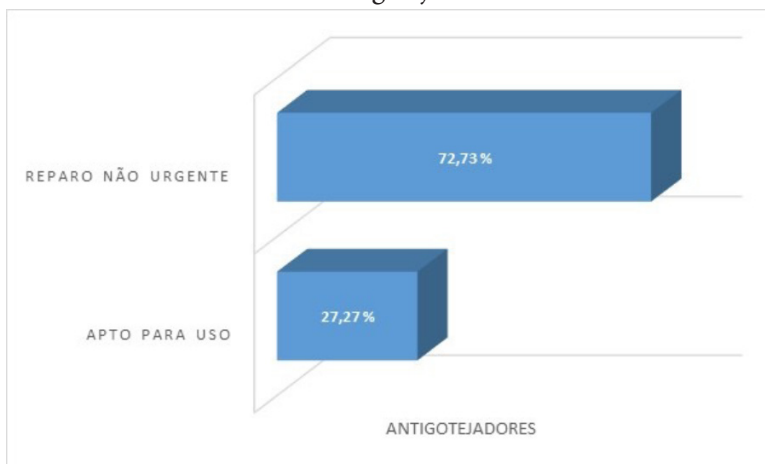


Fonte: Elaboração dos autores (2022).

Gandolfo (2001), quando observou a presença e a adequação do manômetro em 76 pulverizadores avaliados, verificou que somente 62 máquinas (81,6%) apresentavam manômetros, sendo apenas 11 dessas unidades (17,7%) adequadas às máquinas.

Nos pulverizados avaliados no município de Guatambu, verificou-se que maior parte dos pulverizados, aproximadamente 72%, necessitam de reparos não urgentes nos antigotejadores. Para os aptos para uso, o resultado é apenas 27% (Figura 12).

Figura 12 – Funcionalidade dos antigotejadores



Fonte: Elaboração dos autores (2022).

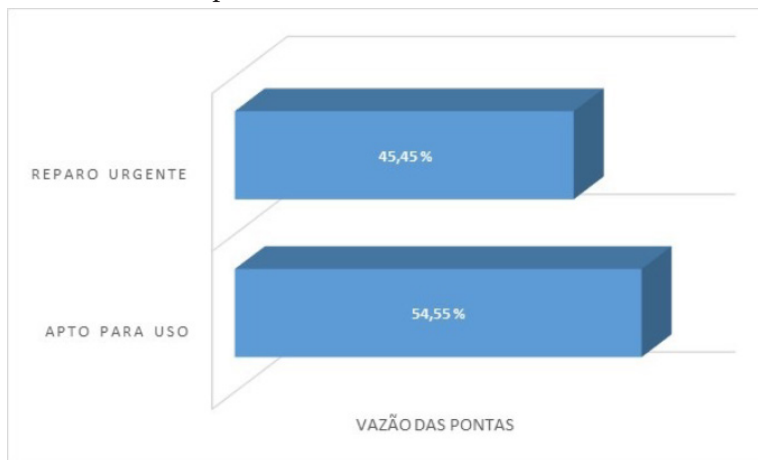
Osteroth (2004), comparando dados de 1993 e 2003, mostrou que houve uma redução dos defeitos neste período. Em 1993, aproximadamente 14% das máquinas avaliadas apresentavam-se com manômetros danificados, e em 2003 esse valor caiu para 4%. A uniformidade de distribuição das pontas caiu de 22% para aproximadamente 15,5%; para antigotejadores, houve uma redução dos defeitos de 17% para 4,5%.

Vazão das pontas

Na avaliação de vazão de pontas, foi verificado que 54,55% estão aptos para o uso, e 45,45% necessitam de reparos urgentes (Figura 13). É importante ressaltar que pontas desgastadas acarretarão erros de sobreaplicação na taxa de aplicação; no caso de pontas obstruídas, acarretaria subaplicação de produtos.

Gandolfo e Oliveira (2006) verificaram maior frequência de sobreaplicações em pulverizadores usados, os quais apresentaram maior ocorrência de pontas desgastadas, dificultando melhor controle sobre a vazão individual desses e uma calibração mais precisa.

Figura 13 – Vazão das pontas



Fonte: Elaboração dos autores (2022).

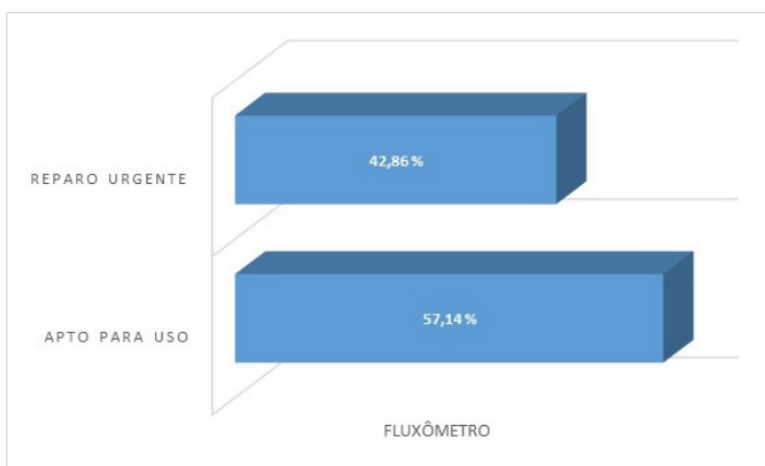
Funcionalidade do fluxômetro

Na funcionalidade do fluxômetro, foi observado (Figura 14) que 57,14% estão aptos para o uso e 42,86% precisam de reparos urgentes no fluxômetro. De acordo com Miller *et al.* (1997), é fundamental que os controladores eletrônicos utilizados em sistemas de aplicação apresentem valores adequados acerca da acurácia de determinação da dose. Nesse sentido, os sensores de fluxo são de fundamental importância para a obtenção deste requisito.

Pereira *et al.* (2005) observaram que os algoritmos de controle devem ser adaptados ao uso de cada um dos tipos de fluxômetro, não

sendo recomendada a substituição indiscriminada entre os tipos de sensores sem que haja este ajuste. Este fato é de suma importância para o mercado atual de pulverizadores com controlador eletrônico, visto que em muitos casos estes fluxômetros são intercambiados indiscriminadamente sem que estes cuidados sejam tomados, aumentando-se a chance de perda de acurácia nas aplicações, tanto em doses constantes como em taxas variáveis.

Figura 14 – Funcionalidade do fluxômetro

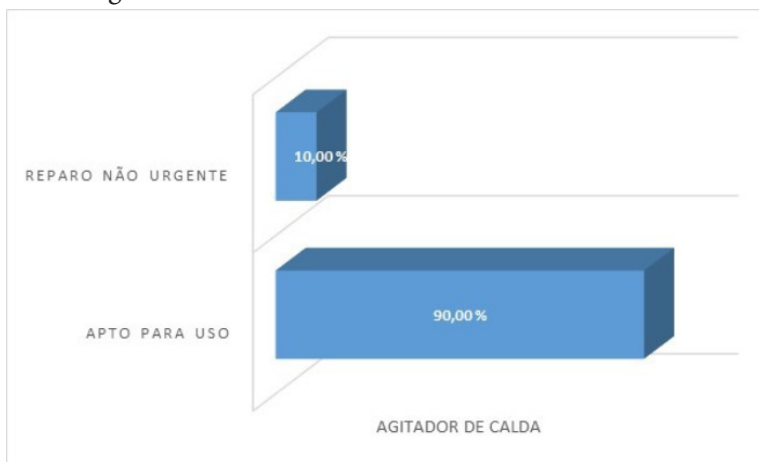


Fonte: Elaboração dos autores (2022).

Agitador de calda

Mostra-se, a seguir (Figura 15), que, em 90% dos pulverizadores avaliados, o agitador de calda está apto para o uso e apenas 10% apresentam reparos não urgentes.

Figura 15 – Agitador de calda

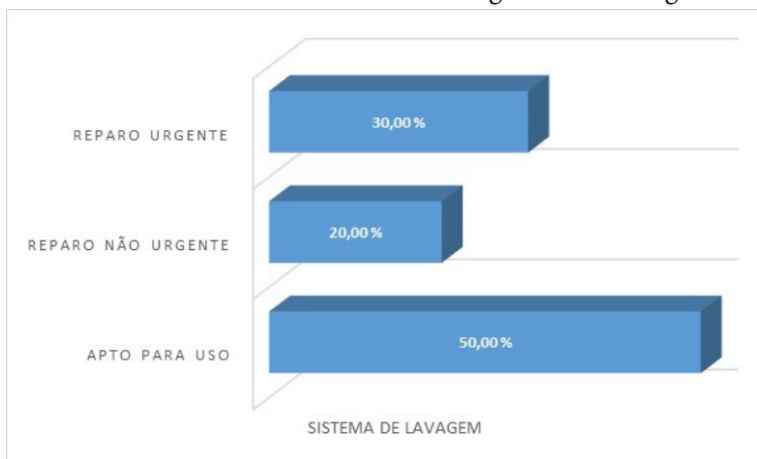


Fonte: Elaboração dos autores (2022).

Funcionalidade do sistema de lavagem de embalagens

Na funcionalidade do sistema de lavagem de embalagens, observamos resultados preocupantes, em que apenas 50% estão aptos para o uso, 20% precisam de reparos não urgentes e 30% de reparos urgentes (Figura 16).

Figura 16 – Funcionalidade do sistema de lavagem de embalagens



Fonte: Elaboração dos autores (2022).

A lavagem inadequada das embalagens é bem comum nas propriedades rurais. Em uma pesquisa realizada por Rocha (2016), de 21 entrevistados, apenas um afirmou realizar a tríplice lavagem. Este procedimento, se mal realizado, pode ocasionar o não recebimento das embalagens vazias nas unidades coletoras, além de contaminação ambiental e do próprio operador que irá manuseá-las posteriormente (Dorow, 2015).

Considerando o resultado positivo das inspeções, o grande número e a situação de reparos urgentes dos pulverizadores em uso no Brasil, a regulamentação das inspeções técnicas dos pulverizadores agrícolas torna-se de fundamental importância à agricultura brasileira.

Considerações finais

Neste trabalho podemos observar que os pulverizadores agrícolas no município de Guatambu encontraram-se em bom estado de

conservação, no entanto, com falhas em aspectos básicos, que necessitam de reparos urgentes e não urgentes. Os resultados obtidos evidenciam que a maior parte dos pulverizadores inspecionados obtiveram qualificação entre “regular” e “bom”, o que reflete no uso errôneo de defensivos agrícolas.

Referências

ALVARENGA, C. B. de; CUNHA, J. P. A. R. da. Aspectos qualitativos da avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia, Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 555-562, jan. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000300019>.

ANTUNIASSI, U. R.; GANDOLFO, M. A. Projeto IPP – Inspeção Periódica de Pulverizadores. *In*: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. (org.). **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu, SP: FEPAF, 2004. p. 69-84.

CASALI, A. L. **Caracterização, avaliação e classificação dos pulverizadores autopropelidos produzidos no Brasil**. 2015. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

DORNELLES, M. E. *et al.* Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas: histórico e importância. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1600-1605, ago. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000133>.

DORNELLES, M. E. *et al.* Inspeção técnica de tratores e pulverizadores utilizados em pulverização agrícola. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 36-43, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.13083/revenge.v19i1.222>.

DOROW, B. W. **Instrução técnica dos operadores e condições operacionais dos pulverizadores de barras na região de Curitiba** – SC. 2015. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2015.

FAO. **Mudança climática influencia na perda da produção agrícola para pragas, conclui estudo apoiado pela FAO**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1411810/>. Acesso em: 3 set. 2022.

GANDOLFO, M. A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. 2001. 101 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

GANDOLFO, M. A.; OLIVEIRA, A. B. Aplicação de sucesso. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 53, p. 6-9, 2006.

GANDOLFO, M. A. *et al.* Avaliação de erros na taxa de aplicação e na vazão das pontas em pulverizadores agrícolas. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA RURAL, 1., 2007, Bandeirantes. **Anais [...]**. Bandeirantes, PR: UENP, 2007. p. 1-5.

GANDOLFO, M. A. *et al.* Inspeção periódica de pulverizadores: diagnóstico para a região norte do Paraná. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 411-421, abr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000200019>.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2009.

GOOGLE. **Google Earth**. 2022. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 3 set. 2022.

LANÇAS, K. P. *et al.* Manutenção da vida longa ao trator. **A Granja**, Porto Alegre, n. 54, p. 40-50, ago. 1998.

LANGENAKENS, J.; BRAEKMAN, P. The mandatory inspection of sprayers in Belgium: history, organization, criteria and results. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS*, 2., 2001, Jundiaí. **Anais [...]**. Jundiaí, SP: Sintag, 2001.

MILLER, P. C. H. *et al.* Methods of controlling sprayer output for spatially variable herbicide application. *In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE*, 1997, Brighton. **Proceedings [...]**. Brighton, 1997. p. 641-644.

OSTEROTH, H.-J. Inspection of sprayers in Germany – results and experience over the past decades. *In: GANZELMEIER, H.; WEHMANN, H.-J. (ed.). First European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe (SPISE)*. Braunschweig, Germany: BBA, 2004. p. 68-73.

PEREIRA, F. J. S. *et al.* Avaliação da acurácia de fluxômetros submetidos a diferentes condições operacionais. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO*, 3., Sete Lagoas. **Anais [...]**. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2005.

REIS, A. C. Importância da calibração correta de pulverizadores. **Mais Soja**, 9 jan. 2020. Disponível em: <https://maissoja.com.br/importancia-da-calibracao-correta-de-pulverizadores/>. Acesso em: 3 set. 2022.

ROCHA, T. A. L. C. G. Segurança e Saúde do Trabalho: vulnerabilidade e percepção de riscos relacionados ao uso de agroquímicos em um pólo de fruticultura irrigada do Rio Grande do Norte. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 23, n. 3, p. 600-611, jul./set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-530X1219-14>.

SCHMIDT, M. A. H. **Deposição da calda de pulverização na cultura da soja em função do tipo de ponta e do volume aplicado**. 2006. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-

Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.

SIQUEIRA, J. L. de. **Inspeção periódica de pulverizadores**: análise dos erros de calibração e impacto econômico. 2009. 132 f. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2009.

SIQUEIRA, J. L. de; ANTUNIASSI, U. R. Inspeção periódica de pulverizadores nas principais regiões de produção de soja no Brasil. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 4, p. 92-100, jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2011v26n4p92-100>.

WOHLENBERG, L. J. *et al.* Auxílio aos produtores na observação de regulagens, calibração e condição atual de pulverizadores na microrregião do Alto Jacuí. *In*: SEMINÁRIO DE EXTENSÃO, 7., 2019, Bento Gonçalves. **Resumo** [...]. Ibirubá, RS: Semex Res, 2019. p. 1.

Produtividade do morangueiro submetido a diferentes adubações

Andrei Fernando Grigolo Wertphalen

Giovani Basso

Gustavo Covatti Brustolin

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Fábio José Busnello

Cristiano Reschke Lajús

Introdução

O morangueiro (*Fragaria x ananassa*) é uma espécie de planta que pertence à família Rosácea e ao gênero *Fragaria*. Devido ao seu sabor inigualável, sua cor vermelho-vivo e sua aparência bela e delicada, o morango torna-se uma das frutas mais apreciadas em diversos lugares, recebendo o título de espécie de maior importância dentro do grupo de pequenas frutas. Segundo Antunes, Reisser Júnior e Schwengber (2016), além de suas particularidades físicas inconfundíveis, o morango também é rico em vitamina C, sendo muito recomendado para a saúde e o bem-estar. Sua estrutura consiste em grandes folhas em formato rosetado, caule subterrâneo, chamado rizoma, com crescimento horizontal, e raízes fasciculadas, que se espalham facilmente pelo solo.

Por tratar-se de uma espécie que se adapta a diferentes climas e manejos, o morango concentra grandes focos de produção na América do Sul, tendo como principais produtores o Brasil, Chile, Argentina e Peru. O país com maior produção de morangos da América do Sul é o Brasil, com aproximadamente 3,8 mil hectares de área cultivada. Conforme estudos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), dentre todas as espécies de pequenas frutas, o morango ocupa 40% da produção do grupo e segue em constante aumento ano após ano. Aproximadamente 90% do que é produzido no Brasil é comercializado no mercado interno *in natura*, e os 10% restantes são transformados em doces e sucos.

Devido a todos os benefícios e ao sabor inigualável, o morango e sua alta demanda criaram um mercado próspero, principalmente para produtores que buscam potencializar seus resultados em menores áreas de terra. Segundo Michel Aldrighi Gonçalves, no Brasil, estima-se que a produção de morangos se iniciou em 1950, no sul do estado de Minas Gerais. Contudo, foi na década de 1980 que se registrou uma maior expansão do cultivo de morangos pelo território brasileiro, com maior destaque para a região Sul do país. Diante da alta demanda, muitos produtores abandonaram outras atividades para investir no cultivo de morango, o que causou um aumento da oferta e, por consequência, maiores exigências por parte dos consumidores.

Ainda que não existam muitos estudos específicos sobre a cultura do morango no Brasil, nos últimos anos tem se intensificado a pesquisa sobre as melhores formas de cultivo do fruto. Dentre os sistemas de cultivo (como direto ao solo e hidropônica), o mais utilizado nos últimos anos no estado de Santa Catarina é o semi-hidropônico. Segundo o agrônomo Miguel André Campagnoni, extensionista da Epagri, “de três a quatro anos para cá, o sistema vem ganhando um

impulso maior, inclusive com expansão para outras oleícolas, como tomate, pimentão, folhosas e temperos”. A diferença deste sistema está na adubação do solo, que consiste em *slabs* com os mais variados nutrientes, como casca de arroz carbonizada, calcário dolomítico, gesso agrícola, entre outros.

No contexto do GEA, o modelo da Tríplice Hélice – que integra universidade, empresa e governo – é aplicado de forma eficaz, impulsionando a inovação e o desenvolvimento no setor agroindustrial e em tecnologias correlatas. Essa abordagem tem gerado resultados expressivos, contando com o apoio de recursos governamentais que financiam pesquisas, criam nichos de mercado e oferecem bolsas e incentivos. A colaboração entre o coordenador técnico e a equipe é fundamental para otimizar o uso dos recursos e garantir a coordenação eficiente do projeto. O governo também contribui com chamadas públicas e programas destinados a atrair talentos, fortalecendo a pesquisa. Com essa estrutura bem planejada, os resultados são alcançados de forma ágil, além de criar uma base sólida para o apoio financeiro contínuo e o progresso em longo prazo.

O objetivo deste experimento é analisar e comparar o comportamento da planta em diferentes tipos de adubação do solo. Serão avaliados dois fatores, sendo eles, tamanho e peso de fruto.

O objetivo deste trabalho é obter um maior entendimento sobre as diferentes formas de adubação utilizadas na cultura do morangueiro e buscar maneiras de otimizar uma produção relativamente nova no país, que vem evoluindo com estudos e ensaios estrangeiros. Busca-se, também, com este experimento, compreender melhor as diferentes reações que a planta pode apresentar, buscando o aumento da produtividade tanto em nível regional como em esfera nacional.

Procedimentos metodológicos

Caracterização do ambiente da pesquisa

O trabalho foi implantado na chácara Recanto do Vale, localizada na linha Rodeio Bonito, no município de Cordilheira Alta, região Oeste do estado de Santa Catarina, cuja principal atividade econômica é o cultivo de morangos, já contando com três estufas e aproximadamente 3,5 mil plantas em produção. A produção e manejo fica aos cuidados de Gilson Westphalen, que iniciou a produção no ano de 2021 e vem constantemente enfrentando novos desafios e adaptando-se para obter melhores resultados.

Figura 1 – Propriedade representada com marcação na cor azul (área realizada para o experimento) e na cor vermelha a residência. Cordilheira Alta (SC)



Fonte: Google Earth.

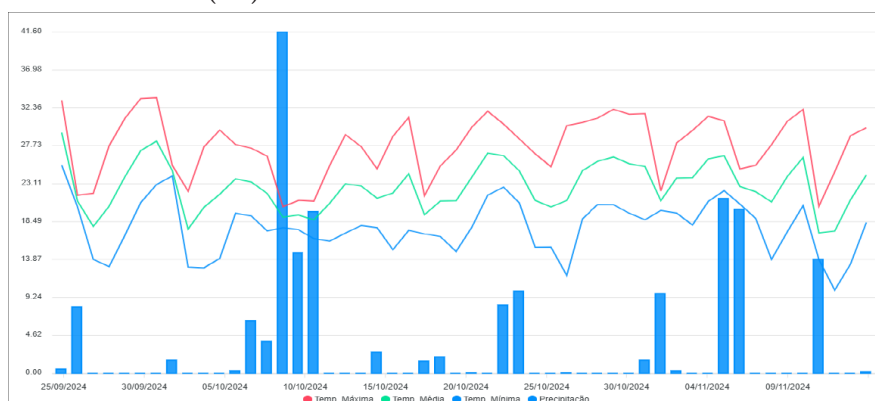
Condições edafoclimáticas

O clima da região é do tipo Cfa, conforme a classificação de Köppen, ou seja, subtropical úmido mesotérmico, com verões quen-

tes e invernos com geadas frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação de seca definida.

Os dados referentes às condições climáticas como temperatura máxima, média e mínima e precipitação acumulada foram obtidos através do Sistema de Monitoramento Agrometereológico (Agri-tempo, 2024), conforme mostrado a seguir (Figura 2).

Figura 2 – Condições climáticas registradas até a colheita do experimento. Cordilheira Alta (SC)



Fonte: Agri-tempo (2024).

Estratégia e delineamento de pesquisa

A estratégia da pesquisa se baseará na comparação entre duas diferentes formas de adubação, sendo elas a convencional para o cultivo de morangos (composta de raspas de casca de pinus, casca de arroz carbonizada vermiculita) e adubação orgânica, que é o substrato convencional com uma adição de 30% de esterco bovino.

As mudas foram plantadas no dia 25 de setembro de 2024, sendo divididas dez plantas para cada *slab*. Após o plantio, foram instala-

das as mangueiras de irrigação por gotejo e a remoção de flores e frutos para melhor desenvolvimento da planta. A ilustração do plantio é demonstrada a seguir (Figura 3).

Figuras 3 – Plantio das mudas de morangueiro



Imagem da direita: mudas plantadas em substrato orgânico. Imagem da esquerda: mudas plantadas em substrato convencional para morangos
Fonte: Elaboração dos autores (2024).

As mudas utilizadas no experimento são produzidas pelo próprio produtor, captando ramificações da planta que buscam solo para se reproduzirem. Quando a ramificação atinge um tamanho de mais de 20 centímetros, é colocada em um recipiente com substrato em que ela poderá enraizar-se e formar uma nova planta. Após o desenvolvimento das raízes (aproximadamente 15 dias), a nova muda é separada da planta, formando uma nova muda (Figura 4).

Figura 4 – Representação da formação de uma nova muda de morangueiro



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

O delineamento da pesquisa examinará o efeito de diferentes tratamentos sobre o desenvolvimento e produtividade dos morangos. A pesquisa terá um enfoque quantitativo, com a coleta de dados baseando-se no peso e no tamanho dos frutos ao final do ciclo reprodutivo das plantas, após a floração.

De acordo com Filgueira (2008), “o cultivo de morangos é altamente responsivo às práticas de manejo, especialmente no que se refere à adubação, que pode influenciar diretamente no tamanho, no peso e na qualidade dos frutos”. Assim, a análise dos tratamentos será baseada nesses parâmetros para avaliar a eficiência de cada tipo de adubação.

O delineamento experimental será em *slabs*, com dois *slabs* de 1 metro e 50 centímetros de plantio, cada um subdividido em duas

parcelas correspondentes aos tratamentos: adubação convencional e adubação com esterco bovino. Essa estrutura permitirá controlar a variabilidade dentro de cada um, aumentando a precisão na comparação dos tratamentos. O experimento será conduzido com repetições em cada tratamento para garantir maior robustez estatística.

Os tratamentos serão os seguintes:

- T1: Adubação convencional;
- T2: Adubação orgânica, utilizando esterco bovino.

Coleta de dados e avaliação

Os resultados serão avaliados após a colheita, levando em consideração o peso e o tamanho dos frutos. Segundo Filgueira (2008), “a adubação orgânica pode trazer benefícios na qualidade do fruto, especialmente em sistemas de produção sustentável, embora possa apresentar menor eficiência inicial em comparação aos fertilizantes químicos”. O peso dos frutos será medido em gramas, e o tamanho será determinado pelo comprimento e diâmetro médio dos morangos colhidos.

Apresentação dos dados

De acordo com o experimento realizado pelos estudantes do quarto período de Agronomia da UNOCHAPECÓ, na área experimental pertencente a Gilson Westphalen no município de Cordilheira Alta.

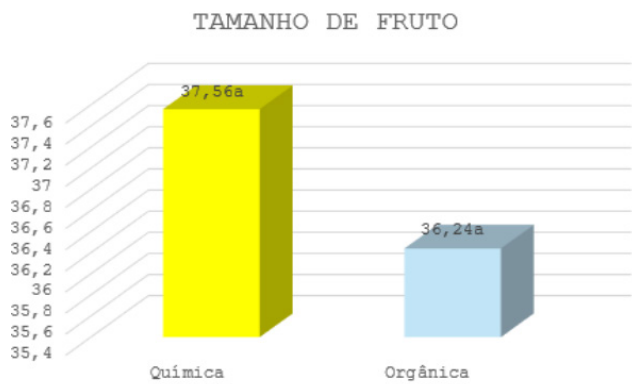
Colheita

A colheita dos frutos foi realizada no dia 9 de novembro de 2024, 45 dias após o plantio das mudas. Com aproximadamente seis semanas de desenvolvimento, as plantas totalizaram sete frutos maduros, sendo três com adubação orgânica e quatro de adubação convencional. Frutos estes que foram utilizados para gerar os dados da tabela a cima. As plantas também contavam com um grande número de flores, sendo aproximadamente 12 nas mudas plantadas no substrato orgânico e 15 plantadas em substrato convencional.

Tamanho dos frutos

O comprimento e diâmetro dos frutos foi determinado no dia 9 de novembro de 2024, 45 dias após o plantio das mudas, utilizando uma fita métrica para determinar comprimento e diâmetro dos frutos maduros de cada planta, sendo o diâmetro medido ao meio do fruto e o comprimento da ponta superior a ponta inferior (Figura 5).

Figura 5 – Gráfico representando tamanho de frutos



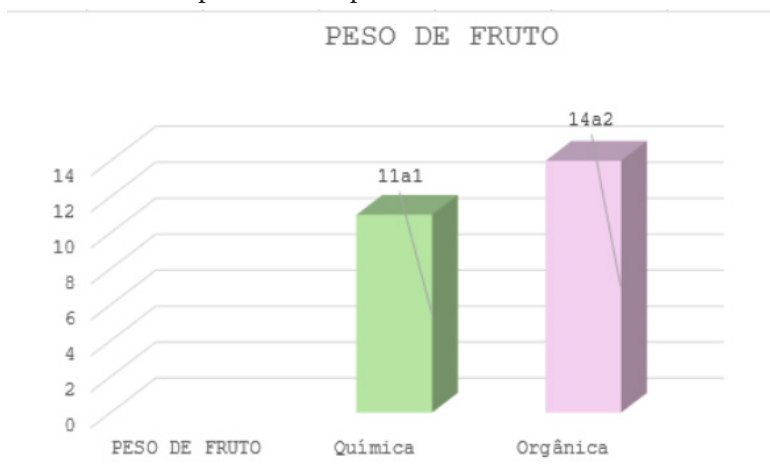
Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Percebe-se que a diferença de tamanho entre um tratamento e outro obteve uma variação baixa, sendo de apenas 1,36, aceitando H0. Segundo Alicia Nascimento Aguiar, a maioria das variáveis estudadas, morangos orgânicos e convencionais não diferenciam entre si.

Peso dos frutos

O peso dos frutos foi determinado no dia 9 de novembro de 2024, 45 dias após o plantio das mudas, utilizando uma fita balança de precisão para definir o peso dos frutos maduros, como mostrado a seguir (Figura 6).

Figura 6 – Gráfico representando peso de frutos



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Em relação ao peso dos frutos, houve uma diferença considerável, que acarretou na aceitação de H1. De acordo com Alicia Nascimento Aguiar, morangos produzidos no sistema orgânico possuem maior teor de sólidos solúveis e maior firmeza de polpa do que os

produzidos no sistema convencional, o que pode explicar a diferença de peso.

Desenvolvimento das plantas

Durante o período de crescimento e desenvolvimento das plantas, não houve nenhuma diferença de desenvolvimento, desde tamanho de planta até o número de folhas e a produção de flores. Porém, no processo reprodutivo das plantas, foi notável a diferença de flores que as plantas que se desenvolviam no material orgânico produziram, chegando a produzirem até quatro flores por planta, enquanto as plantas dispostas em substrato convencional produziam de duas a três flores por muda. Porém, houve uma grande perda de flores abortadas nas plantas, reduzindo de quatro para duas flores por planta.

Considerações finais

Este estudo demonstrou que o cultivo do morangueiro em diferentes adubações apresenta características distintas tanto no desenvolvimento das plantas como na produção e qualidade dos frutos. Apesar de não haver diferenças significativas no tamanho dos frutos entre os tratamentos, o peso foi superior no sistema de adubação orgânica, o que pode ser atribuído à maior firmeza e teor de sólidos solúveis, corroborando estudos anteriores. Além disso, foi observado um maior número inicial de flores nas plantas submetidas à adubação orgânica, embora a taxa de abortamento tenha sido maior neste sistema.

Os resultados reforçam a importância de práticas de manejo adequadas e específicas para cada sistema de produção, considerando as

características do substrato e os objetivos do produtor. O uso da adubação orgânica se mostrou promissor não apenas por atender às demandas de mercado voltado para sistemas mais sustentáveis, mas também por oferecer frutos de qualidade diferenciada, contribuindo para a valorização do produto final.

A aplicação de abordagens como o modelo da Tríplice Hélice, aliando pesquisa acadêmica, iniciativa privada e apoio governamental, destaca-se como um caminho para o desenvolvimento contínuo da cultura do morango no Brasil. Este experimento, realizado em uma propriedade de pequeno porte, ilustra o potencial de inovação e adaptação que os produtores podem alcançar com o suporte técnico e científico adequado.

Por fim, este trabalho contribui para o entendimento das variáveis envolvidas na produção de morangos e abre espaço para novos estudos sobre a eficiência de diferentes sistemas de adubação, com foco em produtividade e qualidade. Reforça-se a necessidade de continuidade de pesquisas, que possam incorporar variáveis adicionais, ampliar a escala dos experimentos e avaliar os impactos econômicos e ambientais associados a cada sistema.

Referências

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. 2024. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br>. Acesso em: 6 dez. 2024.

ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

BECKER, T. B.; GONÇALVES, M. A.; ANTUNES, L. E. C. Características físicas de morangos sob épocas de plantio antecipado. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 6., 2016, Pelotas. **Anais** [...]. Pelotas, RS: Embrapa, 2016. p. 58-60.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008.

LIMA, M. A. Qualidade do morango cultivado sob diferentes sistemas de produção. *In*: CONGRESSO IBÉRICO DE AGRO-ENGENHARIA, 6., 2011, Évora. **Anais** [...]. Évora: Universidade de Évora, 2011.

LIMA, M. A.; CALEGARIO, F. F.; SANCHES J. Qualidade e segurança de morangos produzidos em diferentes sistemas de produção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 1-8, jul. 2012.

Produtividade da cultura do milho manejada em diferentes fontes de nitrogênio

Bianca Mello Machado
Gabriela Rita Ratkiewicz
Guilherme Brixner Zagonel
Izadora Schussler
Vinicius Locateli
Natália Girardi
Éttore Guilherme Poletto Diel
Aline Vanessa Sauer
Fábio José Busnello
Cristiano Reschke Lajús

Introdução

O milho é uma espécie de planta que deriva da espécie *Zea mays* L. (Brasil, 2011) pertence à família *Poaceae*, sendo uma angiosperma. As angiospermas têm seus órgãos reprodutores visíveis, são monocotiledôneas com raízes subterrâneas fasciculadas e uma raiz aérea adventícia (que serve de suporte para o caule da planta) e têm folhas estreitas com a nervura central visível, apresentando tricomas. Sua flor masculina está no ápice da planta, chamada de pendão, que pode produzir de 30 a 60 milhões de grãos de pólen. Sua flor feminina está localizada nas axilas da planta, as espiguetas. A fertilização do óvulo ocorre de 12 a 36 horas após a polinização (Barros; Calado, 2014).

A variação de recursos empregados na produção de milho representa a importância da sua demanda e versatilidade de uso, sen-

do utilizado na alimentação humana e animal, um grande potencial produtivo dos solos brasileiros. Aliado a manejos culturais, fitossanitários e adubações que contribuem para essa cultura, o milho tem conduzido a um aumento significativo em níveis mundiais; apesar do Brasil não ter costumes em exportação do grão, é o 3º maior produtor (Gelain *et al.*, 2021).

O nível médio de produção em solos nacionais está entre 4.417 kg/ha (Cruz *et al.*, 2010), que é um nível muito baixo se comparado a outros países produtores do grão. Alguns produtores são exceções e conseguem produzir acima de 15 toneladas por hectare. A queda da produção de milho em solos brasileiros pode estar relacionada a diversos fatores, entre eles a fertilidade do solo, manejos de adubação inadequados à lavoura, problemas na semeadura e falha em manejos/controles de pragas (Mendes, 2007).

Ao fazer o uso das técnicas corretas, pode-se produzir mais no mesmo espaço de gleba, portanto, faz-se necessário ter conhecimento sobre as exigências nutricionais da planta e analisar química e fisicamente o solo. Dentre esses aspectos, salienta-se a importância da adubação nitrogenada (N), que é considerada o maior limitador na produção do grão. A escolha da fonte de nitrogênio no processo do plantio é de extrema importância para definir a forma de aplicação e prospectar resultados. Para essa adubação será usada a ureia agrícola (45% N), nitrato de amônio (27% N) e a ureia agrícola protegida (45% N).

No contexto do GEA, o modelo da Tríplice Hélice – envolvendo universidade, empresa e governo – é aplicado com eficácia, promovendo inovação e crescimento no setor agroindustrial e em tecnologias associadas. Esse modelo tem produzido resultados significativos com o suporte de recursos governamentais, que financiam pesquisas, estru-

ram nichos de mercado e oferecem bolsas e incentivos. A colaboração entre coordenador técnico e equipe é crucial para otimizar os recursos e coordenar o projeto. O governo também apoia com chamadas públicas e programas para atrair talentos, fortalecendo a pesquisa. Dessa forma, um trabalho bem estruturado assegura resultados imediatos e estabelece uma base sólida para apoio financeiro e progresso futuro.

Neste projeto, observamos, identificamos e analisamos como as diferentes formas de nitrogênio implicam no volume de raiz, diâmetro do colmo, altura das plantas e massa seca de parte. Será possível determinar com base nos dados coletados se a aplicação das diferentes fontes de nitrogênio tem um impacto significativo no desenvolvimento do milho. A hipótese alternativa (H1) sugere que o uso de diferentes fontes de nitrogênio gera impactos significativos nas variáveis de enraizamento, grossura do colmo, massa verde e altura das plantas. A análise estatística dos resultados confirma ou rejeita a H1, contribuindo para uma melhor compreensão do impacto da adubação nitrogenada em diferentes variedades de milho.

O objetivo deste trabalho consiste na análise detalhada das influências das perdas do nitrogênio por meio de volatilização e lixiviação, originados de diferentes fontes nitrogenadas sobre a cultura do milho. Ao entender como essas perdas impactam o uso de nitrogênio no solo e sua disponibilidade para as plantas, propõe-se estratégias que otimizem a utilização dos fertilizantes, redução aos impactos ambientais e maximização da produtividade agrícola. Neste trabalho serão manejadas e identificadas as interações entre as propriedades do solo, as condições climáticas e as características das fontes de nitrogênio que afetam o comportamento dessas perdas.

Procedimentos metodológicos

Caracterização do ambiente da pesquisa

O atual trabalho foi realizado no Extremo-Oeste do estado de Santa Catarina, localizado no município de Pinhalzinho, na linha Progresso. Apresenta uma altitude de 660 metros em relação ao nível do mar, clima subtropical (Koppen Geiger) e plano geográfico com latitude 26°50'53" sul e a uma longitude 52°59'31" oeste. A área experimental é destinada ao cultivo de milho e soja, pertencente a Evandro Franz e Edivan Franz, como mostrado a seguir (Figura 1).

Figura 1 – Lavoura 1, lavoura 2 e lavoura 3, em que o produtor Evandro Franz faz o uso de todas as áreas para o cultivo de milho e rotaciona com soja e mix de culturas, e destacado na cor azul a área realizada para o experimento. Pinhalzinho (SC)



Fonte: Google Earth (2024).

Condições edafoclimáticas

O clima da região é de clima subtropical mesotérmico úmido, com temperatura média de 18 °C (IBGE, 2022), com verões quentes e invernos com geadas bastante frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação de seca definida (Santa Catarina, 2003).

Condições climáticas durante o período experimental, temperatura máxima, média e mínima e precipitação acumulada foram obtidas no Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo, 2024), conforme atualização de dados da pesquisa (Figura 2).

Figura 2 – Condições climáticas registradas até a colheita do experimento na cidade de Pinhalzinho (SC)



Fonte: Agritempo (2024).

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o solo da região classifica-se como Latossolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 2013).

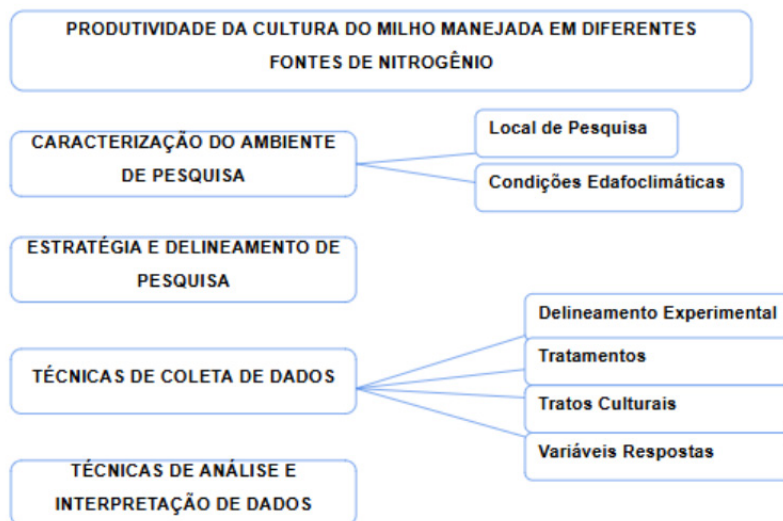
Estratégia e delineamento de pesquisa

Sampaio (2022) descreve o delineamento de pesquisa quanto à natureza, abordagem, objetividade e procedimentos técnicos, sendo:

- I. Quanto à natureza: consiste em uma pesquisa envolvendo um experimento, pois será modificado, manipulado e avaliado todas as variáveis, a fim de obter resultados e conclusões.
- II. Quanto à abordagem: consiste em uma pesquisa quantitativa, pois expressa através de dados numéricos resultados a serem classificados e analisados com maior precisão e confiabilidade.
- III. Quanto à objetividade: consiste em uma pesquisa exploratória, a qual nos aproxima das variáveis e dos fenômenos e/ou problemas que com ela acontecem, remetendo a análises para conhecer e determinar as relações ocorrentes.
- IV. Quanto aos procedimentos técnicos: consistem em uma pesquisa de campo, pois são coletados dados que permitem compreender fenômenos, solucionar problemas e encontrar variáveis respostas.

A estratégia da pesquisa pode ser observada a seguir (Figura 3).

Figura 3 – Estratégia de pesquisa



Fonte: Sampaio (2022).

Técnicas de coleta de dados

Com delineamento experimental, os tratamentos da atual pesquisa são:

- T1: Ureia agrícola (45% N);
- T2: Nitrato de amônio (27% N);
- T3: Ureia agrícola protegida (45% N).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com três tratamentos e sete repetições, totalizando 21 parcelas. Todos os blocos medindo 2x2, ou seja, 4 m², totalizando 84 m², conforme visto a seguir (Figura 4).

Figura 4 – Croqui do experimento

A: Nitrato de amônio		A1	B1	C1
B: Ureia agrícola		C2	A2	B2
C: Uréia agrícola protegida		B3	C3	A3
		A4	B4	C4
		C5	A5	B5
		B6	C6	A6
		A7	B7	C7

Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Tratamentos

A semeadura da cultivar do milho (AG 9021 PRO3) foi realizada no dia 29 do mês de agosto, juntamente aplicado 350 kg por hectare de 09-21-23 na base do solo com um espaçamento de 50 cm por planta, população final 78 mil plantas. Quarenta e cinco dias anteriores à data foi realizada na área uma dessecação, usando 1,5 L/ha de sal de dimetilamina (2,4-dichlorophenoxy) e 1,2 L/ha de oxima ciclohexanodiona. E dois dias antes da semeadura foi realizada a adubação de 130 kg de cloreto de potássio por hectare a lanço na propriedade.

As imagens a seguir (Figura 5, 6 e 7) oferecem uma visão detalhada da primeira aplicação realizada no milho durante o estágio V6. Por sua vez, a seguir (Figuras 10 a 15) também é possível observar a segunda aplicação de nitrogênio na cultura do milho, momento em que o híbrido se encontrava no estágio V8.

Figura 5 – Nitrato de amônio 27%. 1ª aplicação no dia 25/09/2024; quantidades separadas para o bloco A



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 6 – Ureia agrícola 45% N. 1ª aplicação no dia 25/09/2024; quantidades separadas para o bloco B



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 7 – Ureia agrícola protegida 45% N. 1ª aplicação no dia 25/09/2024; quantidades separadas para o bloco C



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Em cada parcela do experimento foi estabelecido ao meio de duas linhas e traçado 2 m de largura, com o espaçamento de 50 cm, calculando-se o total quatro linhas em cada bloco (Figura 8).

Figura 8 – Espaçamento de linhas entre os blocos. Divisão das parcelas



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 9 – Dia 25/09, finalização da primeira aplicação de ureia no experimento



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 10 – Dia 09/10, realizada a 2ª aplicação com a ureia agrícola protegida 45%



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 11 – Quantidade registrada em cada copo, totalizando 200 gramas por unidade



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 12 – Dia 09/10, realizada a 2ª aplicação com nitrato de amônio 27%



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 13 – Quantidade registrada em cada copo, totalizando 330 gramas por unidade



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 14 – Dia 09/10 realizada a 2ª aplicação de ureia agrícola 45%



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 15 – Quantidade registrada em cada, copo totalizando 200 gramas por unidade



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Técnicas de análise e interpretação dos dados

As amostras representadas nas figuras anteriores foram calculadas para representarem os mesmos pontos de N, submetidos na proposta inicial deste trabalho, sendo 225 pontos de N por kg dividido em duas aplicações, representado em gramas para cada qual em sua necessidade para o experimento. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$), para a determinação da melhor fonte de nitrogênio aplicada na cultura do milho.

Apresentação dos dados

O experimento foi realizado pelos estudantes do quarto período de Agronomia da UNOCHAPECÓ, na área experimental pertencente a Evandro e Edivan Franz no município de Pinhalzinho (SC).

A Anova não revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) nos tratamentos e nas avaliações feitas. A seguir, gráficos elaborados a partir dos resultados obtidos na Anova que mostram e comparam as médias das avaliações da Espessura do Colmo (MM), Altura de Planta (MT), Massa Seca (KG), Volume de Raiz (ML).

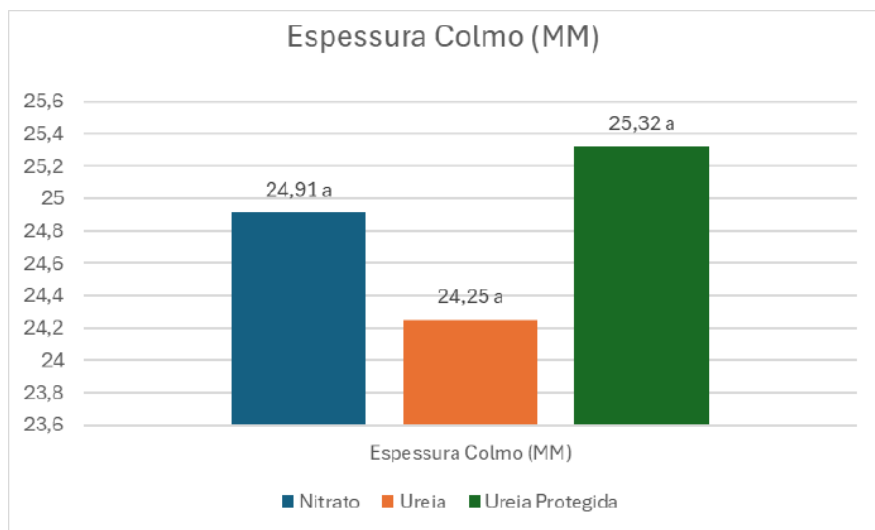
Colheita

A colheita das plantas foi realizada manualmente no dia 9 de novembro de 2024. Portanto, três meses após a semeadura, foram coletadas as plantas na área útil de cada parcela, medindo o volume de raiz. Após isso, foi coletada a parte aérea de cinco plantas por parcela para análise da massa seca.

Espessura do colmo

O diâmetro do colmo de cinco plantas da área útil de cada parcela foi determinado no dia 9 de novembro de 2024, 72 dias após semeadura, utilizando-se um paquímetro graduado em milímetros. Cabe ressaltar que a avaliação do diâmetro do colmo foi feita a 15 centímetros de altura e em seu maior diâmetro.

Gráfico 1 – Na espessura do colmo, não houve diferença significativa nos tratamentos; os números diferentes representam o efeito ($P>0,05$) entre os tratamentos



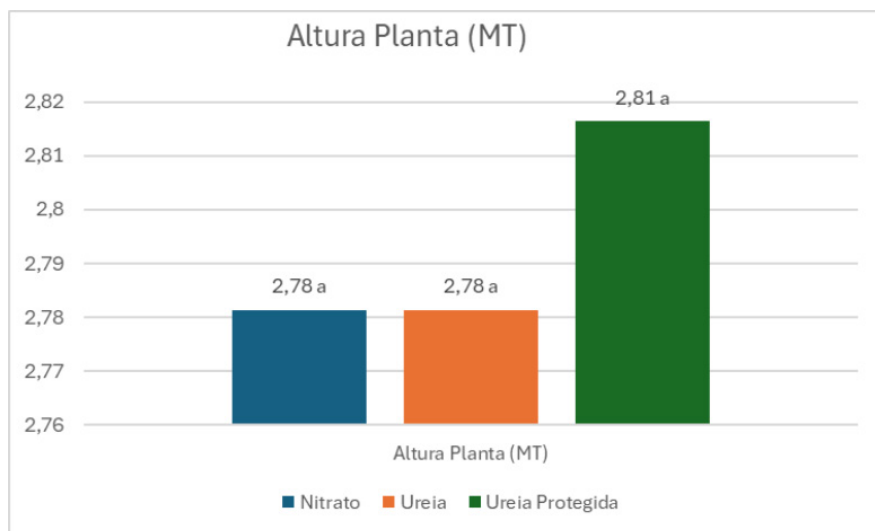
Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Os resultados demonstraram que não houve diferença estatística significativa para as diferentes fontes de nitrogênio, indicando que a fonte de Nitrato (27% N), Ureia (33% N) é tão eficiente quanto a fonte de Ureia Protegida (45%). Os resultados confirmam os relatados por Schiavinatti *et al.* (2011), que, trabalhando com aplicação de ureia revestida em cobertura no milho irrigado sob sistema de semeadura direta, também não observaram variações na espessura de colmo.

Altura da planta

A altura de cinco plantas da área útil de cada parcela foi medida no dia 9 de novembro de 2024, 72 dias após semeadura, utilizando-se de trena graduada em centímetros, medindo-se desde o nível do solo até a extremidade superior da planta.

Gráfico 2 – Na altura de planta, não houve diferença significativa entre os tratamentos; os números diferentes representam o efeito ($P>0,05$) entre os tratamentos



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

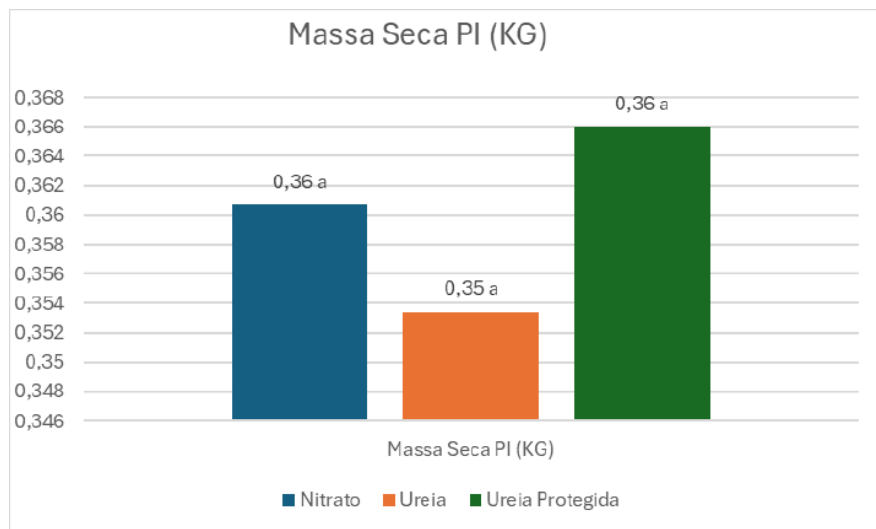
A aplicação de nitrogênio influenciou positivamente o desenvolvimento da altura das plantas de milho, porém os resultados demonstraram que não houve diferença estatística significativa para as diferentes fontes de nitrogênio aplicadas, indicando que a fonte de Nitrato (27% N), Ureia (33% N) é tão eficiente quanto a fonte de Ureia Protegida (45%). No estudo realizado por Simão *et al.* (2018), foi mencionado que a adubação nitrogenada em cobertura contribuiu para um desenvolvimento mais vigoroso do milho, dado o acréscimo significativo na altura de plantas.

Massa seca PI (kg)

Para a determinação da massa seca da parte aérea das plantas, foram coletadas cinco plantas aleatórias da área útil por parcela, após

a colheita do dia 9 de novembro de 2024. As amostras, devidamente identificadas, foram levadas em uma tela de sombrite, com circulação de ar, permanecendo por 96 horas, em temperatura e condições de clima ambiente, recebendo a radiação solar, sendo virada 1x ao dia, até obtenção de massa constante, para posterior pesagem, obtendo a massa seca da parte aérea do milho.

Gráfico 3 – Na massa seca, não houve diferença significativa entre os tratamentos; os números diferentes representam o efeito ($P>0,05$) entre os tratamentos



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

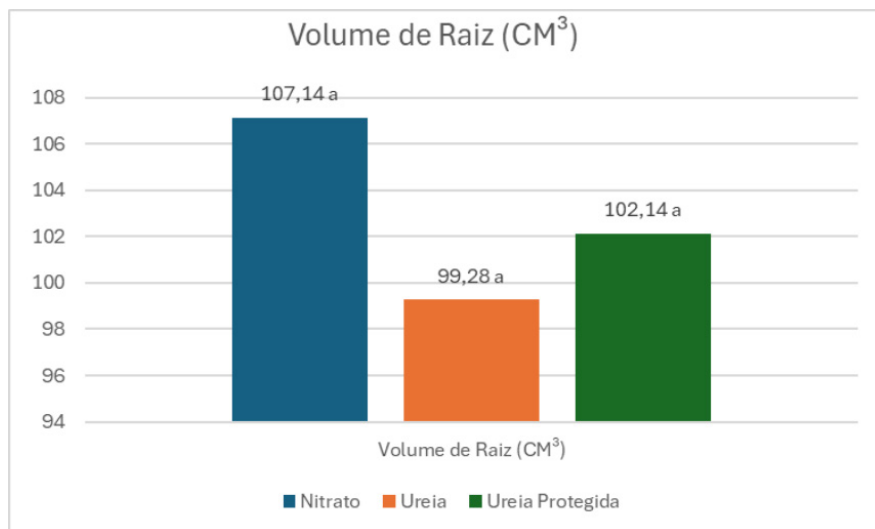
O N determina o desenvolvimento das plantas com aumento significativo na área foliar e na produção de massa seca (Oliveira *et al.*, 2009), resultando em maior produtividade de grãos. Entretanto, o resultado não demonstrou diferença estatística significativa para as diferentes fontes de nitrogênio aplicadas, indicando que a fonte de Nitrato (27% N), Ureia (33% N) é tão eficiente quanto a fonte de

Ureia Protegida (45%). Villela (2001), trabalhando com duas doses de nitrogênio e quatro fontes, encontrou menor massa seca para o tratamento testemunha, evidenciando o efeito positivo da adubação nitrogenada em relação à massa seca.

Volume de raiz

Para determinação do volume da raiz, foi utilizada a técnica de princípio de arquimedes, mergulhando dentro de um becker as raízes em água num volume de 800 ml, determinado o volume de raízes perpendiculares à elevação em água. Essas amostras foram coletadas no dia 9 de novembro de 2024, sendo analisadas logo em seguida e seus valores computados.

Gráfico 4 – No volume da raiz, não houve diferença significativa entre os tratamentos; os números diferentes representam o efeito ($P>0,05$) entre os tratamentos



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

De acordo com Nummer Filho e Hentschke (2002), o nitrogênio afeta diretamente a área foliar, alterando a taxa de fotossíntese das plantas, interferindo positivamente no crescimento do sistema radicular e, desta forma, permite que as raízes explorem maior volume de solo, melhorando a absorção de nutrientes e água. Entretanto, sendo o resultado mais significativo, esse não demonstrou diferença estatística significativa para as diferentes fontes de nitrogênio aplicadas, indicando que a fonte de Ureia Protegida (45%), Ureia (33% N) é tão eficiente quanto a fonte de Nitrato (27%N). Barh, Zeidan e Hozayn (2006) obtiveram aumento na concentração de NPK, proteína e óleo nos grãos de milho quando utilizado fertilizante nitrogenado de lenta liberação, mesmo em doses inferiores em relação à ureia não recoberta. Para os autores, o resultado foi devido ao constante suprimento de N às raízes, diminuindo as perdas do sistema quando comparado com a ureia não recoberta.

A única avaliação que ficou fora do esperado foi o volume de raiz, em que o tratamento com a Nitrato de Amônio (33%N) teve um valor maior, destacando-se das demais, porém não sendo considerável. Esse fenômeno pode depender de vários fatores: os fertilizantes de liberação lenta ou controlada apresentam diversos benefícios, conforme apontado por Shaviv (2001) e Trenkel (2010). Entre as vantagens estão: a redução da necessidade de aplicação em cobertura; o fornecimento constante e regular de nutrientes para as plantas; a diminuição da demanda por mão de obra; a economia de combustível; a minimização da compactação do solo; o aumento da produtividade; a redução da toxicidade, permitindo o uso de doses maiores de fertilizantes em comparação aos convencionais; a diminuição de perdas de nutrientes por lixiviação e volatilização; a redução de perdas de

amônia por evaporação; a eliminação de danos às sementes e raízes devido à alta concentração de sais; a maior praticidade no manuseio; e a diminuição da contaminação ambiental.

Por outro lado, o uso desses fertilizantes também apresenta algumas desvantagens, entre elas: a falta de métodos padronizados para a determinação confiável da liberação de nutrientes disponíveis; a liberação muito lenta ou até a não liberação do nitrogênio na solução do solo; a possibilidade de fertilizantes revestidos com enxofre se liberarem rapidamente, prejudicando as culturas; o risco de resíduos indesejáveis deixados por fertilizantes revestidos com polímeros nas áreas cultiváveis; e o custo de produção consideravelmente mais alto em comparação aos adubos minerais convencionais (Trenkel, 2010).

Considerações finais

O experimento foi realizado pelos estudantes no município de Pinhalzinho, em um solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico. Foram aplicados três tratamentos, sendo eles: ureia agrícola, nitrato de amônio e a ureia agrícola protegida, em delineamento experimental em blocos casualizados, com o objetivo de observar o impacto dessas fontes de nitrogênio no desenvolvimento do milho. As variáveis analisadas incluem o volume de raiz, diâmetro do colmo, altura das plantas e massa seca.

Os resultados obtidos indicam que, apesar da influência positiva do nitrogênio no desenvolvimento do milho, não houve diferença estatística significativa entre as diferentes fontes de nitrogênio para a maioria das variáveis analisadas. Isso sugere que todas as fontes de ni-

trogênio testadas foram igualmente eficazes, não havendo uma vantagem clara de uma sobre a outra.

Esses resultados, entretanto, não diminuem a importância da adubação nitrogenada na produção do milho, pois é o nutriente que a planta mais demanda (Fernandes *et al.*, 2005), mas apontam para a necessidade de um manejo adequado das fontes de nitrogênio e a importância de considerar outros fatores, como as condições do solo e o clima, no planejamento da adubação.

Segundo Shaviv (2001) e Trenkel (2010), os fertilizantes de liberação lenta ou controlada oferecem benefícios como a redução da necessidade de parcelamento da adubação, fornecimento contínuo de nutrientes, economia de mão de obra e combustível e menor compactação do solo. Eles também diminuem perdas por volatilização e lixiviação e a toxicidade para sementes e raízes, permitindo doses maiores. Contudo, apresentam desvantagens como custo elevado, falta de métodos padronizados para medir a liberação de nutrientes e a possibilidade de resíduos indesejáveis quando revestidos por polímeros.

Dessa forma, o uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada pode complementar os esforços de manejo da adubação nitrogenada, oferecendo potencial para melhorias na eficiência do uso de nutrientes, desde que adequadamente manejadas e adaptados às condições específicas de cada área do cultivo. Porém, a contagem pode ter sido feita errada. Para a última possibilidade, mais estudos devem ser feitos para de fato concluir a hipótese.

Referências

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. 2024. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br>. Acesso em: 6 dez. 2024.

BARH, A. A.; ZEIDAN, M. S.; HOZAYN, M. Yeld and Quality of Maize (*Zea mays* L.) As Affected by Slow-Release Nitrogen in Newly Reclaimed Sandy Soil. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science**, Punjab, v. 1, n. 3, p. 239-242, 2006.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Évora, Portugal: Universidade de Évora, 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>. Acesso em: 28 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa MAPA nº 60/2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, 23 dez. 2011.

CRUZ, J. C. *et al.* **Cultivo do milho**. Embrapa, Brasília, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 2013.

FERNANDES, F. C. S. *et al.* Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v4n02p%25p>.

GELAIN, E. *et al.* Variabilidade espacial e correlação dos atributos do solo com produtividade do milho e da soja. **Nativa**, Sinop, v. 9, n. 5, p. 536-543, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i5.11717>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo de 2022**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2022. Disponível em: <https://biblioteca.ibge>.

gov.br/biblioteca-catalogo.html?view=detalhes&id=32251. Acesso em: 6 out. 2024.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. de. Cultivo de Milho: Ecofisiologia. **Embrapa Milho e Sorgo**, Brasília, n. 9, p. 1-33, 2 set. 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/748755/1/Milho-Ecofisiologia.pdf>. Acesso em: 6 out. 2024.

MENDES, A. M. S. Introdução à fertilidade do solo. **Solos e Nutrição de Plantas**, Barreiras, n. 1, p. 1-64, jun. 2007.

NUMMER FILHO, I.; HENTSCHKE, C. Nitrogênio força para o milho. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 4, n. 43, p. 3-10, set. 2002.

SAMPAIO, T. B. **Metodologia da Pesquisa**. Santa Maria, RS: UFSM, 2022.

SANTA CATARINA (Estado). Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional – SDR Chapecó: Caracterização Regional**. Florianópolis, SC: SDR, 2003.

SCHIAVINATTI, A. F. *et al.* Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 925-930, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000400027>.

SHAVIV, A. Advances in Controlled Release Fertilizers. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 71, p. 1-49, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(01\)71011-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(01)71011-5).

SIMÃO, E. P. *et al.* Resposta do milho safrinha à adubação em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 76-90, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p76-90>.

SOARES, M. A. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura do milho (*Zea***

mays L.). 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 238-244, jul./set. 2009. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v4i3a1>.

TRENKEL, M. E. **Fertilizantes de liberação lenta e controlada e estabilizados**: uma opção para aumentar a eficiência do uso de nutrientes na agricultura. Paris, França: Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes, 2010.

VILLELA, F. C. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produtividade de milho (*Zea mays* L.) cultivado em solo de várzea**. 2001. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

Influência de diferentes velocidades de semeadura do milho (*Zea mays*)

Felipe Fiorentin

Vitor P. Listoni

Leonardo Trentin Ferrão

Mathias Galli de Oliveira

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Fábio José Busnello

Cristiano Reschke Lajús

Introdução

A importância mundial da cultura do milho se notabiliza em diversos usos, dentre eles a relevância na segurança alimentar humana, animal e para produção de uma infinidade de produtos. Tendo esse grande impacto, a semeadura do milho passou por transformações profundas para se adaptar à agricultura comercial eficiente, deslocamentos geográficos e variedades temporais.

Portanto, o setor agrícola precisa solucionar diversos obstáculos a partir do desenvolvimento de técnicas que trazem dinamismo para a sua produção. É diante dessa tarefa que o presente trabalho se propõe a entender: como as diferentes velocidades de plantio alteram a produtividade do milho, a mudança no volume de raiz e a espessura do colmo.

Desafiados por esse questionamento amplo, o experimento buscou realizar um estudo de campo em pequena escala na tentativa de diagnosticar o sistema produtivo e apontar as dificuldades no incremento da produtividade. Assim, a velocidade como ponto-chave tem dois incidentes: se muito alta pode aumentar as falhas e a quantidade de sementes duplas na lavoura; se abaixo do padrão de velocidade no plantio, reduz o aproveitamento.

Consequentemente, esse fator vai incidir fortemente no desenvolvimento final do cultivo, afirmando-se que esse estudo das diferentes velocidades na semeadura pode contribuir para uma cultura de alto desempenho quando determinada a distribuição correta das sementes, esse experimento será um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC): material experimental homogêneo e para saber se existe diferença significativa entre as médias resultados dos efeitos de tratamentos, será utilizado a Análise de Variância (Anova).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é obter um maior entendimento sobre como as diferentes velocidades de plantio do milho (*Zea mays*) influenciam na produtividade, no volume de raiz e na espessura do colmo das plantas.

Procedimentos metodológicos

Caracterização do ambiente da pesquisa

O experimento teve início na fazenda Ferrão, localizada na linha Fátima, interior do município de Rio dos Índios, Noroeste do Rio Grande do Sul (-27.2504466, -52.8199891), com o preparo do solo para realizar a pesquisa de campo que teve início dia 9 de setembro de

2024 com a colheita da aveia ucraniana. No dia seguinte, foi realizada uma aplicação de calcário granulado, PRNT de 70%, distribuindo uma dose fixa de 600 kg/ha, utilizando o produto da marca Calfertol.

Figura 1 – Local do experimento



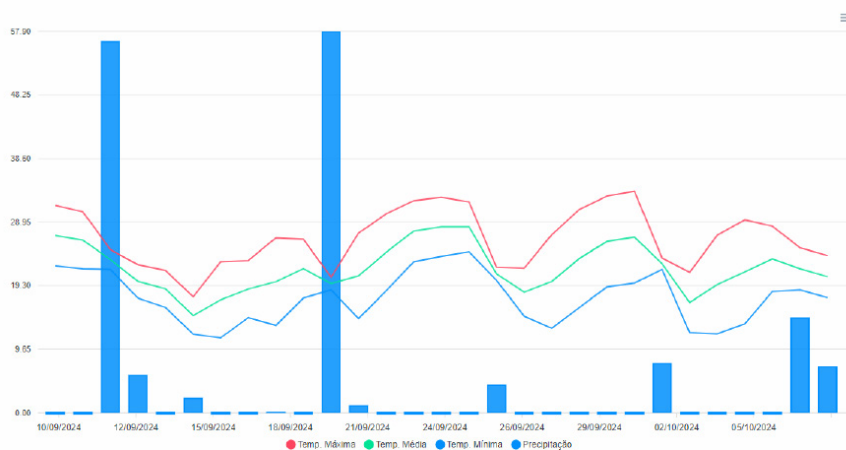
Fonte: Google (2024).

Condições edafoclimáticas

O clima da região é de clima subtropical mesotérmico úmido, com temperatura média de 18 °C (IBGE, 2022), com verões quentes e invernos com geadas bastante frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação de seca definida (Santa Catarina, 2003). As condições climáticas durante o período

experimental, temperatura máxima, média e mínima e precipitação acumulada, foram obtidas no Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo, 2024) conforme atualização de dados da pesquisa (Figura 2).

Figura 2 – Gráfico do clima na região do experimento



Fonte: Agritempo (2024).

Estratégia e delineamento de pesquisa

A estratégia de pesquisa adotada no trabalho foi a realização de um experimento de campo, com foco na análise do impacto de diferentes velocidades de semeadura na cultura do milho.

Na manhã do dia 10 de setembro de 2024, foi realizada a aplicação do herbicida diquat, pertencente ao grupo Bipiridílio. Na parte da tarde, teve início o plantio, com o conjunto de trator e semeadora sendo o trator um John Deere 6150M e a semeadora “Vence Tudo 11000” com um sistema a vácuo da selenium com espaçamento de 45 cm e regulada para ser realizado o início do plantio com distribui-

ção de 3,7 sementes por metro linear com profundidade de 2 a 3 cm. Foi utilizado a semente de milho DKB 230 PRO3, que tem um ciclo hiperprecoce, com ciclo de 150 dias com 90 mil sementes por há e adubação de 300 kg por ha do adubo yara 9/20/15 top-mix.

Após a emergência foi realizado o manejo de inseticida do grupo Fenilpírazol para o controle de cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*). Na segunda aplicação foi utilizado um herbicida do grupo Atrazina para o controle de ervas daninhas e após isso foi aplicado 150 k/ha de nitrogênio granulado.

O experimento foi realizado em um delineamento experimental em quatro blocos casualizados. Cada unidade experimental foi constituída por 11 linhas, totalizando 15 m de comprimento, com espaçamento de 0,45 m nas entrelinhas.

Foram testadas quatro velocidades de semeadura (3,5; 4,5; 6 e 8 km/h), utilizando os mesmos equipamentos, sementes e condições de cultivo, de forma a isolar o fator “velocidade” como variável independente.

As variáveis analisadas foram: volume da raiz, espessura do colmo e taxa de germinação das sementes.

Após isso, os dados foram submetidos à Análise de Variância (Anova) e ao Teste de Tukey para verificar se havia diferenças significativas entre os tratamentos.

Apresentação dos dados

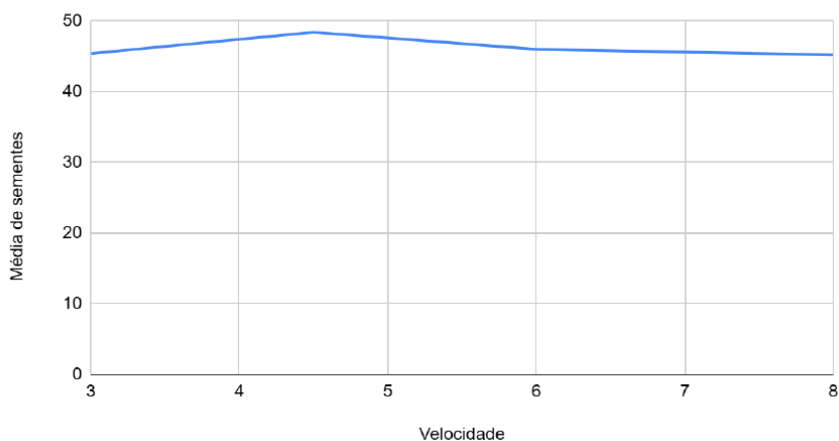
A semeadura é um dos pilares fundamentais para garantir o sucesso de uma cultura e, conseqüentemente, uma boa produtividade no trabalho. É importante lembrar que essa etapa precisa ser desen-

volvida com cuidado. A semelhança marca o início do desenvolvimento das plantas e pode influenciar um bom planejamento durante a safra, com a escolha da velocidade de plantio, profundidade adequada e a quantidade de sementes por metro. Esses detalhes têm um impacto significativo no desenvolvimento das plantas, na competição por água e nutrientes. Além disso, ao semear de forma consciente, pode reduzir problemas como pragas e doenças, além de a planta se estabelecer melhor para enfrentar as intempéries climáticas.

Na sementeira realizada com semeadoras adubadoras, diversos fatores interferem no estabelecimento do estande de plantas e, com frequência, na produtividade da cultura, destacando-se, entre eles, a velocidade de operação da máquina no campo (Silva; Kluthcouski; Silveira, 2000), como visto a seguir (Figura 3).

Figura 3 – Média de sementes em relação à velocidade de sementeira da cultura do milho (*Zea mays*) em Rio dos Índios (RS), safra 2024/2024

Média de sementes versus Velocidade



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Raiz

Em estudos de crescimento radicular, observou-se que as raízes desenvolvidas em condições de velocidade 3 e 4,5 apresentaram maior volume e tamanho em comparação com aquelas expostas a velocidades de 6 e 8. Esse padrão sugere que a velocidade menor favorece a expansão das raízes, possivelmente proporcionando condições mais favoráveis para a absorção de nutrientes e água. Em velocidades mais altas, é provável que a energia cinética impacte negativamente o desenvolvimento radicular, inibindo o crescimento em volume e comprimento. Esses achados indicam que condições mais controladas e de menor intensidade pode ser mais benéficas para o desenvolvimento radicular, otimizando o crescimento e a capacidade de ancoragem das plantas (Figura 4).

Figura 4 – Representação da diferença do volume da raiz



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 1 – Tabela de análise de variância

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	116.689500	38.896500	218.520	0.0000
erro	16	2.848000	0.178000		
Total corrigido	19	119.537500			
CV (%) =	2.74				
Média geral:	15.4250000	Número de observações:		20	
Teste Tukey para a FV TRATAMENTO					
DMS: 0,763658545636078 NMS: 0,05					
Média harmonica do número de repetições (r): 5					
Erro padrão: 0,188679622641132					
Tratamentos	Médias	Resultados do teste			
8	12.340000 d				
6	14.000000 c				
4,5	16.780000 b				
3,5	18.580000 a				

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 2 – Velocidade de semeadura e média de sementes germinadas

Velocidade (Km/h)	Valores	Média
3,5	50, 45, 42, 45, 45	45,4
4,5	51, 46, 50, 47, 48	48,4
6	49, 44, 47, 47, 43	46
8	47, 46, 46, 42, 45	45,2

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 3 – Análise de variância (Anova)

Fonte de variação	Soma dos quadrados (SS)	Graus de liberdade (Df)	Quadrado médio (Ms)	F
Entre Grupos	32,55	3	10,85	1,946
Dentro dos Grupos	89,20	16	5,575	
Total	121,75	19		

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Como o valor de F calculado (1,946) é menor que o valor crítico de F (3,239), a variação entre os grupos não é estatisticamente significativa ao valor de 5%, portanto, não há evidências que afirmem que as médias dos grupos diferem significativamente.

Colmo

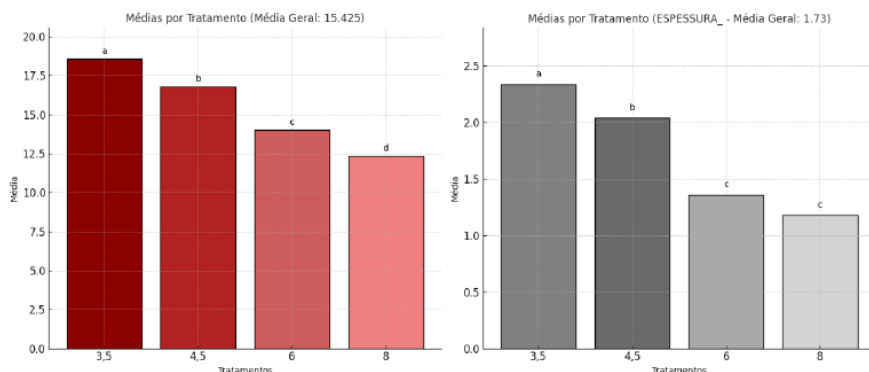
A velocidade de plantio no milho está mais ligada às sementes do que aos colmos, já que o milho é plantado por sementes. No entanto, colmos mais robustos e saudáveis ajudam no crescimento de plantas vigorosas, que competem melhor por recursos e resistem a adversidades. Fatores como densidade de plantio, nutrientes, genética e ambiente influenciam essas diferenças, impactando o desenvolvimento das plantas e o manejo da cultura (Tabela 4).

Tabela 4 – Medidas referentes à volume da raiz e espessura do colmo calculada em cm³

Tratamentos	Rep	Volume Raiz	Espessura do Colmo
3,5	1	18,5	2,3
3,5	2	18,2	2,2
3,5	3	18,7	2,4
3,5	4	18,9	2,5
3,5	5	18,6	2,3
4,5	1	16,8	2
4,5	2	16,5	1,9
4,5	3	16,9	2,1
4,5	4	17	2,2
4,5	5	16,7	2
6	1	14	1,4
6	2	13,5	1,3
6	3	14,2	1,5
6	4	13,8	1,
6	5	14,5	1,6
8	1	12,3	1,2
8	2	11,5	1,1
8	3	13,2	1,3
8	4	12,8	1,2
8	5	11.9	1,1

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 5 – Tratamentos representando o volume de raiz e espessura de colmo



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Na comparação entre as médias dos tratamentos para duas alterações observadas: média geral e espessura do colmo (Figura 5), no primeiro gráfico observa-se que o tratamento 3,5 possui a maior média (18,58), enquanto o tratamento 8 possui a menor média (12,34), os grupos formados pelo teste de Tukey apresentam diferenças significativas entre todos os tratamentos (a, b, c e d). No segundo gráfico, referente à variável “ESPESSURA”, o tratamento 3,5 apresenta novamente o maior valor médio (2,34), enquanto o tratamento 8 obtém o menor valor médio (1,18). Aqui, o conjunto de testes de Tukey mostra que os tratamentos 6 e 8 não são estatisticamente significativos (ambos pertencem ao grupo “c”), enquanto os demais tratamentos apresentam diferenças importantes. Portanto, a variável diâmetro de colmo (DC) apresentou diferença estatística significativa em relação as demais variáveis analisadas. Já na variável volume de raiz (CR), houve diferenças estatísticas significativas confirmadas entre os tratamentos testados. Acerca da taxa de germinação, não foram observa-

das diferenças significativas para as diferentes velocidades de semeadura na cultura do milho em plantas germinadas.

Considerações finais

Este trabalho buscou explorar de maneira específica os resultados em diferentes velocidades de semeadura na cultura do milho, abordando suas principais características e implicações no contexto de plantabilidade. A partir dessa análise, foi possível compreender mais profundamente os impactos causados ao alterar a velocidade de plantio, ampliando o entendimento sobre o assunto e abrindo novas perspectivas para estudos futuros.

Os resultados obtidos evidenciam que, ao alternar as velocidades, aumenta a porcentagem de sementes duplas, falhas e sementes que ficaram fora do risco de plantio, o que ressalta a importância desse tema em questão a resultados de plantio, colheita e resultados econômicos, tendo em vista que, com a falha de 1 semente por metro em 1 hectare, ocorreria a falha de 10 mil plantas. Contudo, é importante considerar as limitações deste estudo, como época de plantio, clima, qualidade de solo no dia do plantio e semeadora utilizada, que podem ser levadas em consideração em trabalhos futuros para um exame ainda mais complexo do tema.

Assim, espera-se que este trabalho não apenas contribua para o avanço na área de semeadura de milho, mas também inspire novas pesquisas e descobertas, fortalecendo a compreensão sobre o tema e suas aplicações.

Não foram observadas diferenças significativas para as diferentes velocidades de semeadura na cultura do milho em plantas germi-

nadas, mas em estrutura de colmo e raiz nota-se uma diferença nas velocidades. Nas raízes, todas as velocidades tiveram diferenças; já na espessura do colmo, as velocidades 3,5 e 4,5 apresentaram diferença; e nas velocidades de 6 a 8 houve uma diferença, mas com resultados iguais menor que 1,5.

Referências

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. 2024. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/br/>. Acesso em: 6 out. 2024.

GOOGLE. **Google Earth**. 2024. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 6 out. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo de 2022**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2022. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?view=detalhes&id=32251>. Acesso em: 6 out. 2024.

KRAFT, E. *et al.* Adubação biológica e com bioestimulante no desenvolvimento do milho. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 27, p. 10-22, jun. 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio_2018A2.

SALVATORI, M.; LAJÚS, C. R.; CERICATO, A. Influência da velocidade de semeadura no coeficiente de variação da cultura do milho. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, São Miguel do Oeste, v. 3, p. 1-9, ago. 2018.

SANTA CATARINA (Estado). Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional – SDR Chapecó: Caracterização Regional**. Florianópolis, SC: SDR, 2003.

SILVA, J. G. da; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. da. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 7-12, mar. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100003>.

SINDMILHO & SOJA – Sindicato da Indústria do Milho, Soja e seus Derivados no Estado de São Paulo. **Milho e suas riquezas – História**. São Paulo, SP: SindMilho & Soja, 2010. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/sindimilho/sobre-o-sindmilho/curiosidades/milho-e-suas-riquezas-historia/>. Acesso em: 6 out. 2024.

Inoculação na emergência e desenvolvimento inicial da soja

Ronivan Verdi Biasus

Fábio José Busnello

Guilherme Henrique Puhl

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Cristiano Reschke Lajús

Introdução

O Brasil é reconhecido como um dos principais produtores globais de alimentos, atendendo à demanda interna e destacando-se internacionalmente como um dos principais exportadores (Borlachen-
co; Gonçalves, 2017; Artuzo *et al.*, 2018).

A soja (*Glycine max* L.) figura entre as culturas de grãos mais cruciais globalmente, com o Brasil liderando a produção, sendo essa uma *commodity* com enorme impacto no crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) (Gazzoni; Dall’Agnol, 2018). Além disso, a soja é o principal item exportado pelo país, conferindo-lhe a posição de maior exportador mundial desse grão (Agência FPA, 2022).

Na safra 2022/2023, o Brasil cultivou aproximadamente 43.561,9 milhões de hectares com soja, alcançando uma produtividade média

de 3.527 kg ha⁻¹ e uma produção bruta total de 153.633,0 milhões de toneladas (Conab, 2023).

Com o crescimento econômico deste cultivo, torna-se cada vez mais crucial aprimorar as práticas agrícolas, como o uso de variedades adaptadas às condições ambientais e resistentes a pragas e doenças, visando aumentar a eficiência produtiva e reduzir os custos (Bacaxixi *et al.*, 2011). Observa-se um padrão nos estudos relacionados à cultura, em que os maiores rendimentos são alcançados em áreas equilibradas, com alta diversidade biológica no solo e destaque para os microrganismos (Santos; Varavallo, 2011).

Os microrganismos do solo desempenham um papel crucial no sistema produtivo, influenciando diretamente o desenvolvimento das plantas. Estudos apontam que os microrganismos associados às raízes das plantas participam do crescimento vegetal, produzindo compostos que podem desempenhar inúmeros papéis benéficos, como a solubilização de nutrientes, controle de fitopatógenos e promoção do crescimento vegetal (Schafer, 2017).

Dentre os compostos gerados, os mais conhecidos são os fitormônios, como a giberelina e a auxina, que melhoram o desenvolvimento aéreo da planta, promovendo maior capacidade fotossintética, e o desenvolvimento radicular, resultando em um maior volume de raízes e, conseqüentemente, uma maior área de absorção de água e nutrientes (Freitas; Germida, 1992).

A capacidade natural da soja em fixar o nitrogênio (FBN) se destaca como um caso de grande eficiência, pois o emprego de inoculantes contendo *Bradyrhizobium* permite uma economia anual estimada em cerca de US\$ 3 bilhões em fertilizantes nitrogenados (Fagan *et al.*, 2007).

Em vários ensaios, a inoculação mostrou aumento nos rendimentos das leguminosas; os rendimentos com inoculação única de *Bradyrhizobium* foram significativos quando comparados aos controles (Burdmann; Hamaoui; Okon, 2000).

A inoculação é um método alternativo para alcançar maior eficiência econômica, pois os microrganismos produzem um efeito sinérgico que supera os resultados produtivos (Ferlini, 2006; Bárbaro *et al.*, 2008).

O objetivo principal da presente pesquisa é avaliar o uso de inoculante na fase de germinação da soja (*Glycine max* L.), a fim de elucidar as questões de desenvolvimento inicial a cultura.

Fundamentação teórica

Cultura da Soja

A soja é uma planta pertencente à família Fabacea, gênero *Glycine*, espécie *Glycine max*. A soja cultivada *Glycine max* (L.) é originária da costa leste da Ásia (Hymowitz, 1970).

A soja é uma cultura anual, herbácea, autógama, que possui características morfológicas influenciadas pelo ambiente, podendo ter ciclo precoce de 75 dias ou tardio de 200 dias, apresentando dois tipos de crescimento, conforme a cultivar, podendo ser do tipo determinado ou indeterminado (Heiffig *et al.*, 2006). As cultivares apresentam diferentes GMR conforme seu ciclo, variando de cinco para cultivares mais precoces cultivadas em menores latitudes, a 10 para cultivares com ciclo mais tardio cultivadas em maiores latitudes (Tagliapietra *et al.*, 2022).

O sistema radicular é composto por uma raiz pivotante e raízes secundárias, que em condições ideais podem alcançar 2 metros de profundidade (Vernetti; Gastal, 1979). Ao longo do ciclo, a planta apresenta dois tipos de folhas, a unifoliolada com apenas um folíolo, e a trifoliolada com três folíolos. As flores podem ser da coloração branca ou roxa, e ocorrem em ráculos terminais ou axilares, e o número de flores por ráculo pode variar de 2 a 35 (Carlson, 1973).

O fruto é denominado de legume, podendo possuir de uma a cinco sementes. A cor do legume maduro varia de amarelo-palha a marrom, conforme a cultivar (Tagliapietra *et al.*, 2022). As necessidades edafoclimáticas requeridas para seu melhor desenvolvimento e produtividade mudam conforme a fase da cultura. A temperatura ideal para o seu desenvolvimento é acima de 10 °C e inferior a 40 °C. A soja é uma planta de dias curtos, portanto, fotoperíodo acima ou abaixo do fotoperíodo crítico do cultivar, retardará ou adiantará o seu florescimento.

A água representa cerca de 90% da massa da planta, sendo responsável por diversos processos fisiológicos e químicos, e os períodos mais críticos afetados pela disponibilidade de água são a germinação, a floração e o enchimento de grão (Farias; Nepomuceno; Neumaier, 2007). Com isso, tornando-se a caracterização dos estágios de desenvolvimento essencial para a melhor compreensão (Nogueira *et al.*, 2013).

A divisão do desenvolvimento da soja ocorre em duas fases, vegetativa e reprodutiva (Tabela 1). A duração das fases é diferente para os dois tipos de crescimento. No determinado, a fase vegetativa e de floração é menor; já para a indeterminado, o período é maior (Rocha *et al.*, 2017).

Tabela 1 – Descrição dos estádios fenológicos da soja

Estádios vegetativos	Estádios reprodutivos
VE - Emergência	R1 - Início do florescimento
VC - Cotilédone	R2 - Pleno florescimento
V1 - Primeiro nó (folha unifoliolada)	R3 - Início da formação de legumes
V2 - Segundo nó (1º folha trifoliolada)	R4 - Plena formação de legumes
V3 - Terceiro nó (2º folha trifoliolada)	R5 - Início do enchimento das sementes
*	R5.1 - Granação de 10%
*	R5.2 - Granação de 11 a 25%
Vn - Última golha trifoliolada	R5.3 - Granação de 26 a 50%
	R5.4 - Granação de 51 a 75%
	R5.6 - Granação de 76 a 100%
	R6 - Grão completo
	R7 - Início da manutenção
	R8 - Maturação

Fonte: Fehr e Caviness (1977).

Os primeiros relatos do uso da soja no Brasil são de 1880 na Bahia e 1890 em São Paulo, como planta forrageira. O primeiro registro para produção de grãos foi no Rio Grande do Sul em 1914 (Bonetti, 1981). A expansão do cultivo da soja no Brasil ocorreu a partir de 1950, impulsionada de forma indireta através de políticas públicas de incentivo à triticultura. Se priorizava o cultivo do trigo, e a soja se encaixou perfeitamente na sucessão, do ponto de vista agrônomo, otimizava o sistema produtivo por ser uma leguminosa (Medina, 1981).

Na década de 1960, teve outra política pública de incentivo a calagem e correção de solos, que proporcionou o aumento da área plantada e da produtividade da cultura da soja (Embrapa, 2019).

Qualidade de sementes

O potencial produtivo da lavoura é determinado pela qualidade da semente. A semente é que determina o sucesso ou o fracasso da produção, conjuntamente com outras práticas agronômicas. Os atributos genéticos, fisiológicos, físicos e sanitários são os que determinam a qualidade da semente. Pode-se observar a qualidade da semente através da uniformidade da população de plantas, ausência de patógenos e pelo alto vigor (Carvalho; Nakagawa, 2012; Salum *et al.*, 2008).

Para proporcionar condições ideais para semente, plântula e lavoura, é feito uso de produtos fitossanitários na semente, que são divididos em fungicidas, inseticidas, nematicidas, micronutrientes, reguladores de crescimento, polímeros e pigmentos e os inoculantes a base de microrganismos (Henning, 2022).

Tratamento biológico com sementes

Os microrganismos utilizados no tratamento de semente são classificados como promotores de crescimento de plantas e podem apresentar dois tipos de mecanismos: um de biocontrole, que é o controle de um microrganismo patogênico por um outro microrganismo não patogênico, e outro de promoção de crescimento (Rodríguez; Fraga, 1999; Sharma *et al.*, 2013).

O inoculante para fixação biológica de nitrogênio é o mais utilizado no Brasil, sendo os gêneros mais utilizados *Bradyrhizobium*, *Rhizobium* e *Azospirillum*. Na cultura da soja, as espécies mais utilizadas são *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium elkanii* e *Azospirillum brasilense* (Hungria *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2021).

A utilização de inoculante solubilizador de fósforo à base das espécies *Bacillus subtilis*, *B. megaterium* e *Pseudomonas fluorescens* proporciona a solubilização do fósforo retido nas partículas do solo, tornando-o disponível à absorção pelas raízes das plantas (Oliveira-Paiva *et al.*, 2021; Guimarães; Klein; Klein, 2021).

Os fungos micorrízicos também auxiliam na absorção de fósforo. As micorrizas têm por característica o crescimento micelial que ocupa grande porção do solo, absorvendo água e nutrientes e disponibilizando à planta, promovendo rendimentos agrônômicos satisfatórios (Jou; Besalatpour, 2018). As espécies presentes nos produtos comercializados no Brasil são a *Glomus mosseae*, *Glomus aggregatum*, *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum*, *Rhizophagus intraradices* (Adapar, 2023).

Dentre os diversos microrganismos de biocontrole, estão as bactérias das espécies: *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus firmus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus methylotrophicus*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus velezensis*, *Bacillus subtilis*, *Pasteuria penetrans*, *Pasteuria thornei*, *Pasteuria nishizawae*, e os fungos das espécies *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma koningiopsis*, *Trichoderma stromaticum*, *Purpureocillium lilacinum* e o *Pochonia chlamydospora* (Meyer *et al.*, 2022; Adapar, 2023).

Bactérias do gênero Bradyrhizobium

A bactéria *Bradyrhizobium japonicum* pertence ao reino Procarionte, filo Proteobactérias, classe Alphaproteobactérias, família Bradyrhizobiaceae, gênero *Bradyrhizobium*. O *Rhizobium spp.* e o *Bradyrhizobium spp.* coletivamente conhecidos como rizóbios, são bactérias gram-negativas, com uma estrutura regular e oval, fixadoras

de azoto, que ao afetarem as raízes das plantas hospedeiras (sempre leguminosas) formam nódulos (Fernandes; Rodrigues, 2012).

As bactérias pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium* são responsáveis por intensificar a produção na cultura da soja. Esses microrganismos infectam as raízes da planta formando nódulos e criando uma relação simbiótica com a mesma. Depois de infectadas, dentro das raízes ocorre a quebra da tripla ligação do dióxido de nitrogênio atmosférico (N₂), transformando esse N em uma forma assimilável pelas plantas. A fixação biológica do nitrogênio (FBN) supri toda necessidade de N da planta, não sendo necessária adubação mineral.

Nas raízes das plantas são encontrados nódulos, onde as bactérias inoculantes se abrigam e recebem proteção e alimento da planta hospedeira; na troca, captam o nitrogênio atmosférico (N₂) e o transformam em compostos nitrogenados que são exportados para a planta hospedeira e as beneficiam, ou seja, assimilam de forma natural o nitrogênio atmosférico, e a moeda de troca para elas é o carbono gerado na fotossíntese pelas plantas (Freitas, 2019).

Levando em consideração a alta demanda de nitrogênio pela cultura da soja, a utilização da prática de inoculação tem obtido resultados promissores, sendo possível alcançar boas produtividades alinhadas ao baixo custo, uma vez que, ao utilizar fertilizantes nitrogenados para suprir a demanda da planta, eleva-se o custo da produção. Pode-se considerar também que grande parte do nitrogênio é perdido por volatilização (Pereira; Buosi; Fironini, 2016).

Baseando-se em dados científicos, o processo de inoculação é o método em que se obteve maior sucesso, com o propósito de aumentar a fixação de nitrogênio pela cultura da soja, diminuindo o uso de

adubos nitrogenados, trazendo uma melhor conservação do solo e contribuindo com o meio ambiente (Hungria *et al.*, 2010).

As bactérias fixadoras de nitrogênio podem fixar nitrogênio atmosférico e o disponibilizar para as plantas, reduzindo o uso de fertilizantes nitrogenados (Reis *et al.*, 1995).

Em meados do século XX, o interesse pelos benefícios das bactérias às plantas já se despertava pelos pesquisadores ocidentais, com estudos da então União Soviética sobre bactérias benéficas em raízes de plantas. No entanto, o difícil acesso aos trabalhos soviéticos, associado à falta de análises estatísticas, atrapalhava a aceitação desses estudos, levando a algum descrédito por parte dos ocidentais (Burr *et al.*, 1984).

Somente em 1978, dados resultantes de experimentação realizada por Kloepper (1978) passaram a ser aceitos pela comunidade científica internacional. Esse trabalho propôs, pela primeira vez, o termo “*plant growth-promoting rhizobacteria* (PGPR)”, derivando, em seguida, a denominação bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCPs ou PGPB, na sigla em inglês).

As BPCPs consistem em um amplo grupo de microrganismos, habitando qualquer parte da planta (filosfera e tecidos internos) e rizosfera sem provocar prejuízos ao seu hospedeiro, desenvolvendo algum mecanismo direto e/ou indireto que promova melhorias no crescimento e desenvolvimento das plantas (Sarkar; Reinhold-Hurek, 2014; Pieterse; De Jonge; Berendsen, 2016; Basu; Rabara; Negi, 2017).

Nos últimos anos, o aumento no interesse de uma agricultura sustentável e ecológica levou os produtores a reduzir o uso de fertilizantes químicos e ao aumento do uso de compostos naturais e práticas como a inoculação das culturas com BPCPs (Garcia *et al.*, 2017), já que o uso indiscriminado de fertilizantes pode provocar problemas

ambientais, como a eutrofização de águas superficiais e subterrâneas, poluição do solo e emissão de gases de efeito estufa (Marks *et al.*, 2013; Paredes *et al.*, 2020; Xia *et al.*, 2020).

As BPCPs promovem crescimento das plantas por diferentes mecanismos que podem ser classificados como biofertilizantes, fitoestimuladores e biopesticidas, com certas bactérias tendo aplicações sobrepostas, em que a maioria atua por mais de um mecanismo (Bhattacharyya; Jha, 2012), o que é desejável para produção de inoculantes (Fernandes Júnior *et al.*, 2015), embora seja difícil determinar as contribuições relativas de diferentes processos responsáveis pela promoção do crescimento das plantas.

Entre os mecanismos de promoção de crescimento vegetal por bactérias podem ser incluídos: facilita a absorção de nutrientes pelas plantas (Oliveira-Longatti *et al.*, 2020); altera a disponibilidade e a toxicidade de metais às plantas (Wood *et al.*, 2016); protege as plantas pela indução na produção de fito-hormônios, como os ácidos salicílico e jasmônico (Dar *et al.*, 2015); aumenta o sistema radicular com a produção de ácido indolacético (Puri; Padda; Chanway, 2020); auxilia nos processos como a fixação de nitrogênio atmosférico (Mahmud *et al.*, 2020; Moretti *et al.*, 2020).

A solubilização de formas menos solúveis deste nutriente pode assumir papel importante na nutrição vegetal (Ramakrishna; Yadav; Li, 2019), já que parte do fósforo do solo encontra-se imobilizado nas formas inorgânicas com cálcio, ferro e alumínio, ou em formas orgânicas (Li *et al.*, 2017). Estes microrganismos são particularmente importantes para plantas dependentes da fixação biológica de nitrogênio, favorecendo a promoção do crescimento da planta em ambientes com baixa disponibilidade de P (Araújo *et al.*, 2014).

As bactérias mobilizam fosfatos inorgânicos insolúveis da matriz mineral do solo, podendo ser absorvidos pelas raízes das plantas (Lyu *et al.*, 2016), através da liberação de ácidos orgânicos, de baixo peso molecular, que, através dos seus grupos hidróxilo e carbóxilo, quelam cátions ligados ao fosfato, convertendo-os, assim, em formas solúveis (Archana; Buch; Kumar, 2012). A liberação destes compostos também promove a acidificação do ambiente do solo circundante, resultando na liberação de fósforo de complexos de cálcio de baixa solubilidade (Mendes *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2015).

Procedimentos metodológicos

Caracterização do ambiente da pesquisa

A pesquisa foi conduzida no laboratório de Tecnologia e Produção de Sementes da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ) durante o período de fevereiro a maio de 2024.

O ambiente de pesquisa foi estritamente controlado em termos de temperatura e umidade, visando criar condições ideais para investigar as causas e efeitos da inoculação na cultura da soja.

Estratégia e delineamento da pesquisa

O método de pesquisa escolhido para este estudo é o quantitativo, que consiste em coletar e analisar dados numéricos por meio de técnicas estatísticas. Essa abordagem possibilita uma avaliação objetiva dos dados e a generalização dos achados para um público mais amplo.

A pesquisa tem um caráter aplicado, pois visa solucionar um problema específico e relevante para a prática. O intuito é gerar resultados que possam ser utilizados de forma imediata pelos profissionais da área.

A pesquisa também tem um propósito exploratório, pois pretende aprofundar o conhecimento sobre o problema investigado. Isso envolve a elaboração de novas hipóteses ou conceitos que poderão ser verificados em estudos posteriores. Por fim, a pesquisa segue um delineamento experimental. Isso significa que a pesquisa manipulará uma ou mais variáveis independentes para observar o seu efeito sobre uma variável dependente.

Os participantes da pesquisa serão distribuídos aleatoriamente em diferentes grupos para garantir que os efeitos observados sejam atribuídos à intervenção experimental, e não a outras variáveis.

Técnicas de análises de dados

Tratamento e delineamento experimental

O experimento será conduzido utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com um total de 20 experimentos. Estes serão divididos em cinco tratamentos, cada um com quatro repetições. Os tratamentos consistem em diferentes doses do produto Master FIX, que contém a bactéria *Bradyrhizobium rhizobium*. As doses são as seguintes:

- T0: Testemunha sem tratamento – 0 U (0%);
- T1: 0,5% da dose recomendada, ou seja, meia dose (0,5%);

- T2: Dose recomendada pelo fabricante (1,0%);
- T3: 1,5 da dose recomendada (1,5%);
- T4: 2 vezes a dose recomendada (2,0%).

As avaliações foram conduzidas nos dias 10, 20 e 30 do experimento, com o objetivo de analisar os efeitos de diferentes tratamentos sobre germinação e vigor de sementes. Os parâmetros avaliados incluíram germinação, massa seca, comprimento total, comprimento de raiz e comprimento de parte aérea.

Foram preparados cinco tratamentos, com diferentes volumes de aplicação de solução em μL :

- T0 (controle): 0 μL ;
- T1: 0,5% da dose (41 μL de princípio ativo);
- T2: 1% da dose (82 μL de princípio ativo);
- T3: 1,5% da dose (123 μL de princípio ativo);
- T4: 2% da dose μL (164 μL de princípio ativo).

Para cada tratamento, foram preparados oito rolos de papel *germitest* umedecidos com a solução correspondente, seguindo as proporções definidas. Cada rolo continha um lote de sementes distribuídas uniformemente. Foram avaliados a germinação e o vigor, que incluíram a determinação de:

- Massa seca das plântulas (após secagem em estufa a 65 °C até peso constante);
- Comprimento total das plântulas;
- Comprimento da raiz;
- Comprimento da parte aérea.

As análises foram realizadas em ambiente controlado de laboratório, com temperatura média de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas.

Figura 1 – Organização do experimento



Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

Técnicas de análises de dados

Os dados experimentais obtidos serão submetidos à análise de variância e as médias comparadas através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Será utilizado o programa estatístico *Sisvar*.

Apresentação e discussão dos dados

O resultado da contagem foi expresso em porcentagem de plântulas normais, anormais, e sementes não germinadas. Para a classificação das plântulas normais, anormais e sementes não germinadas utilizamos os conceitos abordados nas Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009).

Dessa forma, considera-se como plântulas normais aquelas com potencial para continuar o seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais. As plântulas anormais são aquelas que não possuem potencial para continuar o seu desenvolvimento e originar as plantas normais, podendo estar danificada (estruturas essenciais ausentes ou danificadas), deformada (quando tem algum distúrbio fisiológico, estruturas deformadas ou desproporcionais) e deteriorada (que apresenta algum tipo de infecção primária que compromete o seu desenvolvimento normal). E as sementes não germinadas quando não apresentam nenhum sinal de início de germinação (Brasil, 2009).

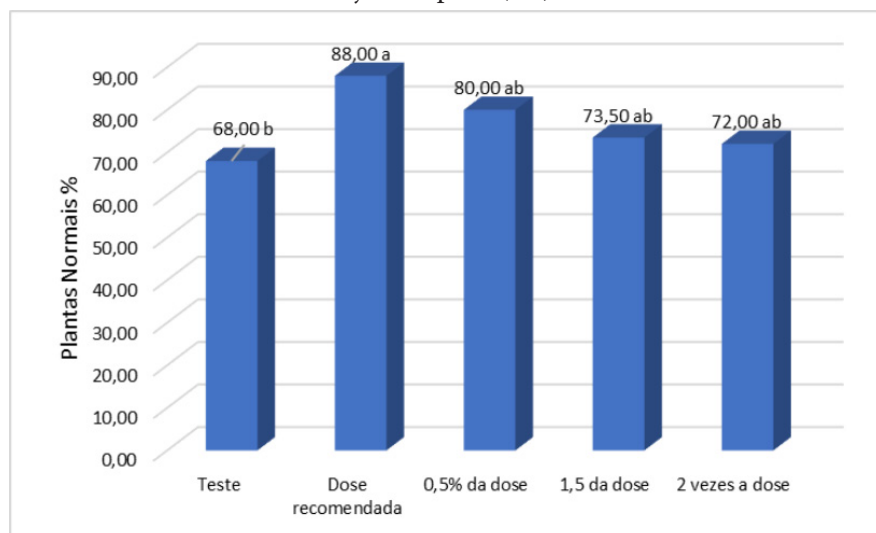
Plantas normais

Podemos observar, a seguir (Figura 6), que a dose recomendada (88,00%) apresenta a maior média de plantas normais, significativamente superior ao teste (68,00%), que serviu como controle. A aplicação de 0,5 da dose recomendada resultou em 80,00% de plantas normais, sem diferença estatística em relação à dose recomendada e ao controle. Já as doses de 1,5 vezes (73,50%) e 2 vezes (72,00%) não diferiram entre si nem do controle, mas apresentaram menor porcentagem de plantas normais comparado à dose recomendada.

De acordo com Donadon *et al.* (2015), os sintomas fisiológicos mais afetados pelo processo de deterioração das sementes estão relacionados à germinação. Observou-se que as sementes de soja apresentaram níveis adequados de germinação nos dois ambientes avaliados, atendendo ao valor mínimo descrito por Brasil (2009), que estabelece taxas superiores a 80%. A qualidade das sementes de soja é diretamente influenciada pelas condições de armazenamento, uma

vez que combinações de temperaturas elevadas e teores mais altos de água aceleram o processo de deterioração (Alencar *et al.*, 2008).

Figura 6 – Plantas normais, submetidas a inoculação na emergência e desenvolvimento inicial da soja. Chapecó (SC), 2024



* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).
Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

Em geral, quando armazenadas em temperatura ambiente e em armazéns convencionais, as sementes de soja tendem a sofrer degradação de suas qualidades fisiológicas, resultando em perdas consideráveis no setor sementeiro (Demito; Afonso, 2009).

Além disso, Cunha *et al.* (2009) apontam que o prolongamento do período de armazenamento pode intensificar o processo de deterioração, mesmo em condições de refrigeração. Uma possível explicação para esses resultados está na baixa eficiência dos inoculantes à base de *Bradyrhizobium japonicum* na fase inicial de germinação das sementes e na expansão da radícula, com melhores resultados sendo observados apenas a partir do desenvolvimento da planta (Zilli *et al.*, 2006).

Figura 2 – Diferença entre T0 e T1



Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

Figura 3 – Diferença entre T0 e T2



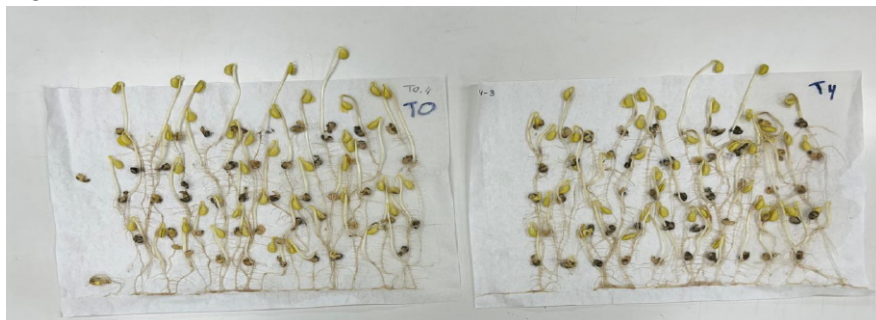
Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

Figura 4 – Diferença entre T0 e T3



Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

Figura 5 – Diferença entre T0 e T4



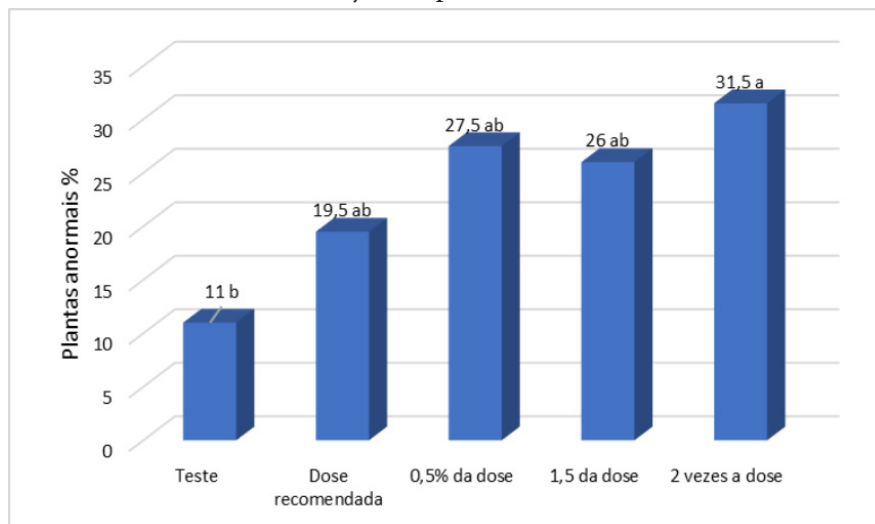
Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

Segundo Zilli *et al.* (2006), estudos realizados indicaram que a inoculação com *B. japonicum* não interferiu na germinação das sementes durante as primeiras contagens, demonstrando que essa bactéria apresenta caráter neutro nessa etapa da cultura e exerce efeitos positivos apenas no desenvolvimento posterior da planta, corroborando os resultados obtidos no presente estudo.

Plantas anormais

A seguir (Figura 7), observa-se que o controle (teste) apresenta a menor porcentagem de plantas anormais (11%), sendo significativamente inferior à dose de 2 vezes a recomendada (31,5%). A dose recomendada resulta em 19,5% de plantas anormais, não diferindo estatisticamente do controle, nem das doses de 0,5 (27,5%) e 1,5 vezes (26%) a recomendação. Já a aplicação de 2 vezes a dose recomendada apresenta o maior valor de plantas anormais, indicando uma tendência de aumento na anormalidade das plantas conforme a dose de inoculação aumenta.

Figura 7 – Plantas anormais, submetidas à inoculação na emergência e desenvolvimento inicial da soja. Chapecó (SC), 2024



* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).
Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

A análise dos dados sobre a porcentagem de plantas anormais em diferentes doses de inoculação revela uma tendência consistente entre os estudos revisados. No artigo de Flores (2010), observa-se que o controle apresenta a menor porcentagem de plantas anormais (11%), significativamente inferior à dose de 2 vezes a recomendada (31,5%). A dose recomendada resulta em 19,5% de plantas anormais, que não difere estatisticamente do controle nem das doses de 0,5 (27,5%) e 1,5 vezes (26%) a recomendação. Este padrão de aumento nas anormalidades com o aumento da dose de inoculação é corroborado por Janoušková *et al.* (2017), que também relatam que a aplicação de 2 vezes a dose recomendada apresenta o maior valor de plantas anormais, reforçando a ideia de que a dose recomendada e as doses inferiores não diferem significativamente do controle.

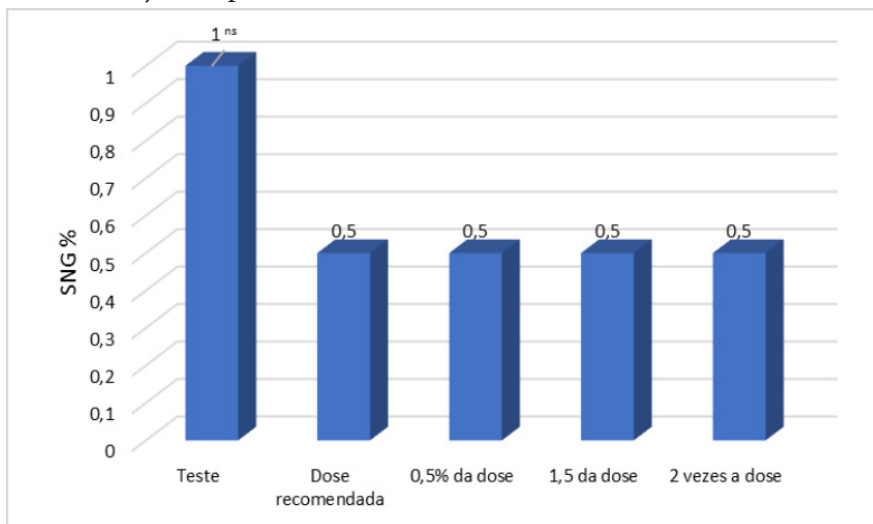
Adicionalmente, Basiru, Mwanza e Hijri (2020) reiteram que a dose recomendada resulta em 19,5% de plantas anormais e que a aplicação de 2 vezes a dose recomendada leva ao maior valor de anormalidades, indicando uma tendência de aumento conforme a dose de inoculação aumenta. Este consenso é ainda mais sustentado por Carballo, Rodríguez e De La Torre (2022), que confirmam que a dose recomendada não difere estatisticamente do controle e que a dose de 2 vezes a recomendada apresenta o maior índice de plantas anormais.

Embora os estudos de 2022, incluindo o de Chai, Futrell e Schachtman (2022) e Basiru e Hijri (2022), abordem diferentes aspectos sobre métodos de inoculação e aplicações de bioinoculantes, eles não contradizem os achados anteriores. O foco nas práticas de inoculação e nas consequências ecológicas dos inoculantes de micorrizas arbusculares sugere que a eficácia e os impactos no crescimento das plantas podem ser influenciados por variáveis contextuais, mas não apresentam dados que desafiem a tendência observada nas porcentagens de plantas anormais com diferentes doses de inoculação.

SNG (Sementes não germinadas)

A seguir (Figura 8), observa-se que apenas o teste apresentou uma diferença significativa em relação aos demais tratamentos, com um nível de significância de 1%. Em contrapartida, as diferentes concentrações avaliadas – dose recomendada, metade da dose, uma vez e meia a dose, e o dobro da dose recomendada – resultaram em desempenhos semelhantes, registrando um índice de 0,5%.

Figura 8 – SNG, submetidas à inoculação na emergência e desenvolvimento inicial da soja. Chapecó (SC), 2024



* NS: não significativo ao pelo teste Tukey ($P>0,05$).

Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

De acordo com Jordan (2010), apenas um dos testes realizados apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos, com nível de significância de 1%. Essa observação reforça a ideia de que diferentes concentrações de insumos avaliadas resultaram em desempenhos semelhantes, com índice registrado de 0,5%. Esse dado é relevante, pois sugere que, sob determinadas condições, variações nas doses de insumos podem não impactar significativamente o rendimento da soja.

Em um estudo posterior, Lošák *et al.* (2018) investigaram a influência da aplicação de nitrogênio e enxofre na concentração de espermidina e em outros parâmetros de cultivares de soja. Embora os resultados tenham mostrado diferenças significativas no rendimento de sementes e no teor de óleo entre as cultivares avaliadas, as intera-

ções entre os fatores de fertilização não se mostraram significativas. Isso indica que a escolha da cultivar pode ter maior influência no rendimento do que as variações nas práticas de fertilização, alinhando-se com as conclusões de Jordan (2010).

Leonard (2018) reforçou a constatação de que apenas um dos testes revelou diferença significativa, sustentando a ideia de que as diferentes concentrações não resultaram em variações expressivas no desempenho da soja. Esses resultados continuam a questionar a eficácia de práticas de manejo intensivo, destacando a necessidade de estratégias mais criteriosas na aplicação de insumos.

Por outro lado, Assefa *et al.* (2019) ofereceram uma nova perspectiva ao investigar a composição das sementes de soja. O estudo destacou que a fertilização com menores quantidades de nitrogênio pode aumentar as concentrações de óleo e proteína, enquanto produtividades mais elevadas são alcançadas com aplicações superiores a 100 kg N ha⁻¹. Esses achados contrastam com a ideia de que variações nas concentrações de insumos não afetam significativamente o rendimento, sugerindo uma relação mais complexa entre fertilização e produtividade.

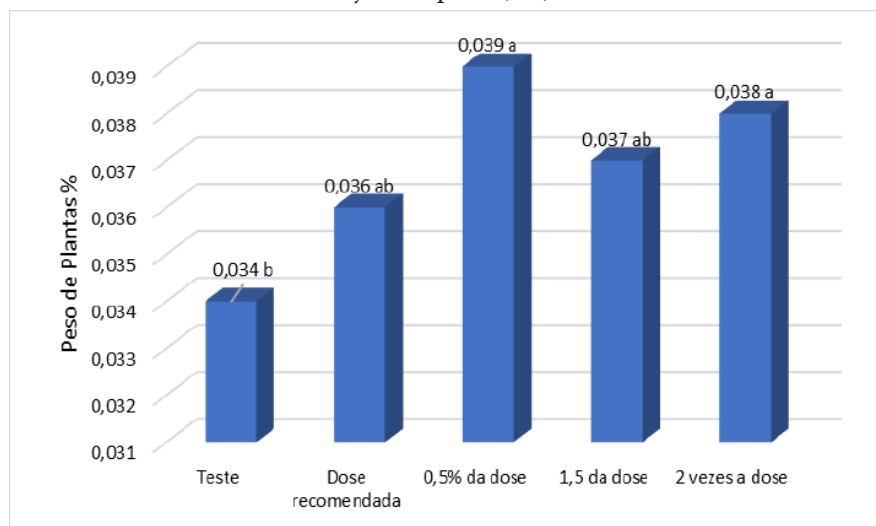
Por fim, o estudo de Esper Neto *et al.* (2021) revelou que as tendências de rendimento das cultivares de soja não estavam diretamente associadas aos anos de lançamento das variedades. Isso aponta que práticas de manejo e a escolha adequada de genótipos desempenham um papel crucial na produtividade. Além disso, a análise das correlações de nutrientes indicou que a otimização no uso de nutrientes pode ser uma estratégia eficiente para melhorar o rendimento, especialmente diante da diminuição do teor de nitrogênio nos grãos ao longo dos anos.

Peso de plantas

A aplicação de 0,5 da dose recomendada obteve o maior peso (0,039%), porém não diferiu estatisticamente das doses de 1,5 e 2 vezes a recomendada, que apresentaram pesos de 0,037% e 0,038%, respectivamente. A dose recomendada, com peso médio de 0,036%, também não apresentou diferença significativa em relação às doses mais altas e à dose de 0,5, mas diferiu do controle.

Em resumo, as doses de inoculação acima de 0,5 vezes a recomendada tendem a promover um aumento no peso das plantas em comparação ao controle, sem diferenças significativas entre elas, sugerindo que o uso de doses mais elevadas pode beneficiar o desenvolvimento inicial da soja em termos de peso, embora o controle apresente um desempenho inferior.

Figura 9 – Peso de plantas, submetidas à inoculação na emergência e desenvolvimento inicial da soja. Chapecó (SC), 2024



* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).
Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

Em 2019, Popović *et al.* (2019) ampliaram a discussão ao demonstrar que a inoculação de sementes e a fertilização tinham um efeito significativo nas características de produtividade da soja. Os resultados mostraram que a combinação de inoculação e fertilização não apenas aumentou a altura das plantas, mas também melhorou os rendimentos de grãos. Este estudo ressaltou a importância da interação entre inoculação e fertilização, sugerindo que práticas integradas podem levar a resultados ainda mais positivos.

Ainda em 2019, Cordeiro e Echer (2019) investigaram os efeitos interativos da inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio e da fertilização nitrogenada em ambientes edafoclimáticos desfavoráveis. Os autores observaram que a aplicação de doses de inoculante resultou em um aumento linear no número e peso dos nódulos radiculares, embora a fertilização nitrogenada em altas doses tenha reduzido esses parâmetros. Essa pesquisa trouxe à tona a complexidade das interações entre diferentes práticas de manejo e suas consequências para a saúde das plantas.

Por fim, o estudo mais recente de Serafin-Andrzejewska *et al.* (2024) reiterou os achados anteriores, destacando que a aplicação de 0,5 da dose recomendada foi a mais eficaz em termos de peso das plantas, sem diferenças significativas em relação às doses mais elevadas. Este estudo reafirma a ideia de que doses de inoculação superiores a 0,5 vezes a recomendada são benéficas para o desenvolvimento inicial da soja, alinhando-se com a tendência observada anteriormente e reforçando a importância da inoculação na prática agrícola.

Estatura de plantas

As médias observadas para as diferentes doses foram as seguintes: 27,91% para a dose recomendada, 30,47% para 0,5 da dose, 29,81% para 1,5 da dose e 28,58% para 2 vezes a dose. Esses resultados indicam que, apesar das mudanças nas concentrações de inoculação, a estatura das plantas permaneceu praticamente constante, não demonstrando uma resposta significativa a essas variações. Esse comportamento sugere que, no estágio inicial de desenvolvimento da soja, as doses de inoculação não influenciam de maneira expressiva o crescimento em altura das plantas, o que pode implicar em uma limitação ou ausência de efeito da inoculação sobre esse parâmetro específico nas condições testadas.

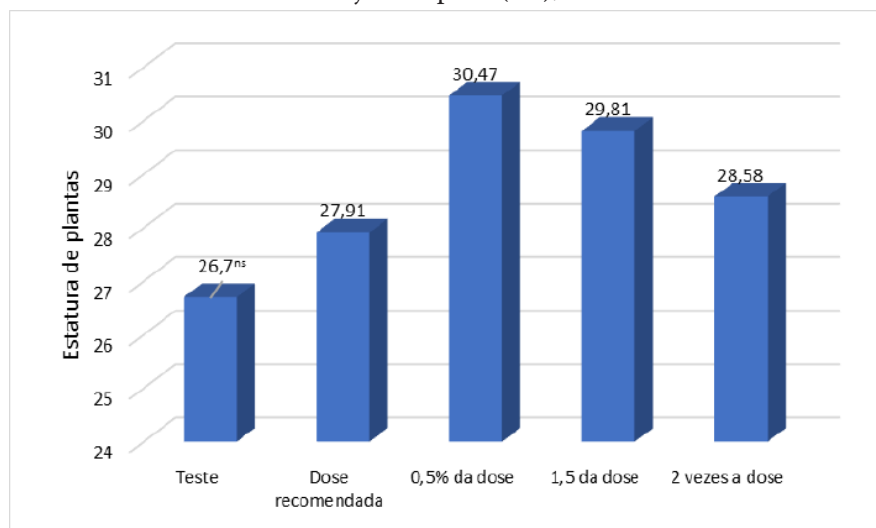
Figura 10 – Medição da estatura das plantas



Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

A literatura sobre o impacto das doses de inoculação na altura das plantas de soja revela um consenso significativo entre os autores, destacando a constância da estatura das plantas independentemente das variações nas doses aplicadas. Bender (2015) observou que as médias para diferentes doses de inoculação mostraram uma resposta praticamente nula no crescimento em altura, sugerindo que, nas fases iniciais de desenvolvimento da soja, a inoculação não exerce uma influência expressiva sobre esse parâmetro.

Figura 11 – Estatura de plantas, submetidas à inoculação na emergência e desenvolvimento inicial da soja. Chapecó (SC), 2024



* NS: não significativo ao pelo teste Tukey ($P>0,05$).

Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

Esse padrão foi corroborado por Ampofo *et al.* (2016), que também relataram que as variações nas doses de inoculação não resultaram em mudanças significativas na estatura das plantas, reforçando a ideia de que a inoculação pode não ser um fator determinante no crescimento em altura da soja nas condições estudadas.

Popović *et al.* (2019) reiteraram essas descobertas, observando que, mesmo com diferentes concentrações de inoculação, a estatura das plantas permaneceu constante, sugerindo uma limitação ou ausência de efeito da inoculação sobre o crescimento em altura. Da mesma forma, Cordeiro e Echer (2019) também destacaram que, apesar da aplicação de múltiplas doses de inoculante, as plantas mostraram pouca variação em altura, embora tenham observado que a aplicação de inoculantes teve um efeito positivo em outros aspectos do rendimento das culturas.

Basal e Szabó (2020) reforçaram essa perspectiva, indicando que a inoculação não teve um impacto significativo no crescimento em altura das plantas de soja, corroborando a ideia de que outros fatores podem ser mais influentes nesse estágio de desenvolvimento.

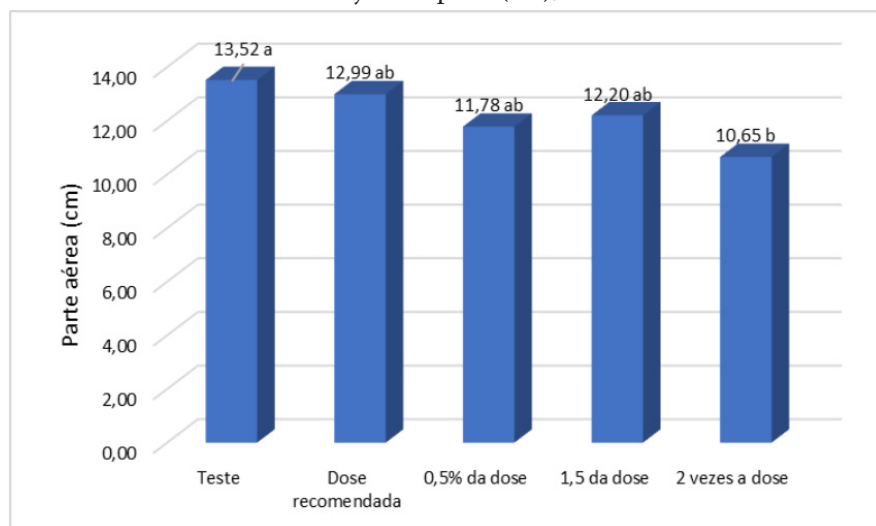
Por fim, os estudos mais recentes, como o de Zveushe *et al.* (2023) e Serafin-Andrzejewska *et al.* (2024), continuam a confirmar essa tendência. As análises revelam que as doses de inoculação não demonstraram uma resposta significativa na estatura das plantas, sugerindo que o efeito da inoculação pode ser limitado nas condições testadas. Assim, a literatura atual sugere a necessidade de reavaliação das práticas de inoculação, especialmente nas fases iniciais do desenvolvimento da soja, em que os resultados indicam uma estabilidade na altura das plantas, independentemente das variações nas doses de inoculação.

Parte aérea

O teste apresentou uma média de 13,52%, sem diferenças significativas entre os tratamentos. As doses recomendadas (12,99%), 0,5

da dose (11,78%) e 1,5 da dose (12,20%) não diferiram entre si, sendo classificadas com a letra “ab”. No entanto, a aplicação de 2 vezes a dose (10,65%) resultou em uma média significativamente inferior, classificada com a letra “b”, indicando uma redução na parte aérea das plantas em comparação aos outros tratamentos. Esses resultados sugerem que a dose recomendada e as doses intermediárias (0,5 e 1,5) não causaram efeitos substanciais na parte aérea das plantas, enquanto a dose de 2 vezes a dose recomendada parece ter provocado um efeito negativo, reduzindo a parte aérea das plantas de soja no estágio inicial de desenvolvimento.

Figura 12 – Parte aérea, submetidas à inoculação na emergência e desenvolvimento inicial da soja. Chapecó (SC), 2024



* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

A literatura sobre o efeito de diferentes doses de tratamentos na parte aérea das plantas de soja é ampla e revela uma tendência

consistente em relação aos impactos das dosagens aplicadas. O estudo de Meyeres (2020) fornece uma base inicial, destacando que as doses recomendadas e as doses intermediárias (0,5 e 1,5) não apresentaram diferenças significativas em suas médias de 12,99%, 11,78% e 12,20%, respectivamente. Em contrapartida, a aplicação de duas vezes a dose recomendada resultou em uma média significativamente inferior, indicando uma redução na parte aérea das plantas.

Bauerle (2014) e Bender (2015) corroboram esses achados, ressaltando que os tratamentos não diferiram substancialmente entre si, exceto pela dose elevada, que também demonstrou um efeito negativo sobre o crescimento das plantas. A continuidade dessa linha de pesquisa é evidente em McCown (2018), que reafirma que a aplicação de duas vezes a dose resulta em uma média significativamente inferior, reforçando a ideia de que doses excessivas comprometem o desenvolvimento inicial da soja.

A pesquisa de Szparaga *et al.* (2018) segue a mesma lógica, apresentando resultados semelhantes e sugerindo que a eficácia dos biostimulantes e o crescimento das plantas dependem das concentrações utilizadas, mas que doses elevadas tendem a ser prejudiciais. Kubar *et al.* (2021) e Raza *et al.* (2022) reiteram a importância das doses recomendadas, que não causam efeitos adversos, ao passo que doses duplicadas continuam a mostrar resultados negativos.

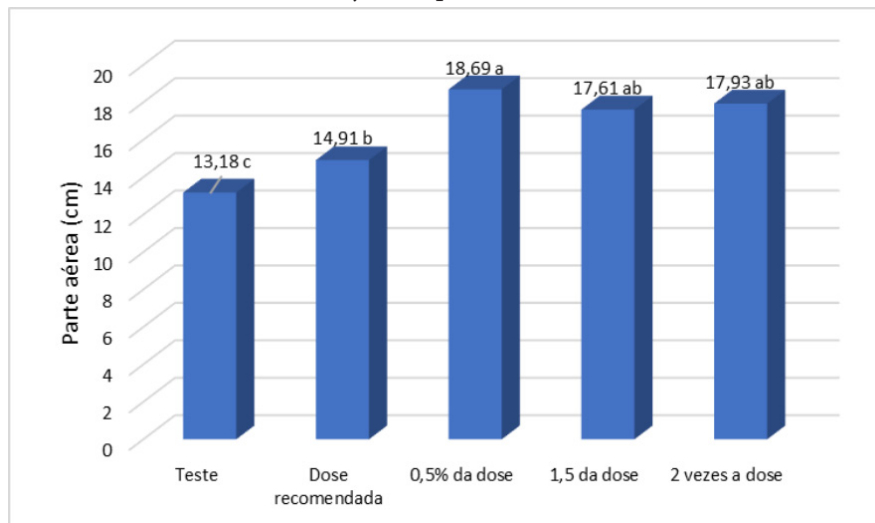
Finalmente, o estudo de Ajiboye, Ajiboye e Babalola (2023) conclui que, de maneira consistente, as doses recomendadas e intermediárias não demonstraram efeitos substanciais na parte aérea das plantas, enquanto a aplicação de duas vezes a dose recomendada

provocou uma redução significativa no crescimento. Essa convergência de resultados entre os diversos estudos enfatiza a necessidade de cautela na aplicação de tratamentos em soja, especialmente em relação ao aumento das dosagens.

Sistema radicular

O teste apresentou uma média de 13,18%, classificada com a letra “c”, sendo a menor média entre os tratamentos. A dose recomendada obteve uma média de 14,91%, classificada com a letra “b”, enquanto a dose de 0,5 da dose resultou em uma média significativamente maior, de 18,69%, classificada com a letra “a”. As doses de 1,5 e 2 vezes a dose apresentaram médias de 17,61% e 17,93%, respectivamente, sendo classificadas com a letra “ab”, sem diferenças significativas entre si. Esses resultados sugerem que a dose de 0,5 da dose recomendada promoveu o maior desenvolvimento do sistema radicular, enquanto a dose recomendada e as doses mais elevadas (1,5 e 2 vezes) não apresentaram um efeito tão expressivo, indicando que doses intermediárias podem ser mais eficientes para o crescimento radicular das plantas de soja no estágio inicial de desenvolvimento.

Figura 13 – Sistema radicular, submetidas à inoculação na emergência e desenvolvimento inicial da soja. Chapecó (SC), 2024



* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).
 Fonte: Ronivan Verdi Biasus (2024).

A revisão da literatura apresentada aqui examina a relação entre a aplicação de diferentes doses de nitrogênio e o desenvolvimento do sistema radicular em plantas de soja, com foco em como essas variáveis afetam o crescimento e a produtividade nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura. A análise começa com o estudo de Salvagiotti *et al.* (2008), que já apontava que a dose de 0,5 da dose recomendada promoveu o maior desenvolvimento do sistema radicular, destacando que doses intermediárias podem ser mais eficientes para o crescimento das plantas de soja. Esses achados foram corroborados por Bender (2015), que apresentou dados semelhantes, reforçando a ideia de que a dose de 0,5 resultou em uma média significativamente maior em comparação com a dose recomendada e as doses mais elevadas.

Zuffo *et al.* (2018) abordaram a questão da adubação nitrogenada, indicando que a aplicação de fertilizantes nitrogenados não trouxe aumento significativo na produtividade dos grãos, o que sugere que a nodulação e o crescimento das raízes podem ser inibidos por altas doses de N. Os autores enfatizaram que a aplicação de doses moderadas poderia ser mais benéfica, alinhando-se com os estudos anteriores. No mesmo ano, Lošák *et al.* (2018) exploraram as implicações da fertilização nitrogenada, destacando que altas doses podem inibir a nodulação, o que é crucial para a fixação biológica de nitrogênio, e que a remobilização de nitrogênio nas folhas pode limitar o potencial de rendimento.

Rodrigues *et al.* (2019) e Cordeiro e Echer (2019) reiteraram os resultados anteriores, com ambos os estudos confirmando que a dose de 0,5 da dose recomendada era a mais eficaz para o desenvolvimento radicular. Esses artigos reforçam a ideia de que doses intermediárias são preferíveis, pois as mais altas não demonstraram efeitos significativos em comparação com a dose recomendada.

Já Kubar *et al.* (2021) também contribuíram para essa discussão, apresentando dados que corroboram as conclusões anteriores sobre a eficácia da dose de 0,5. Finalmente, o estudo de Rodak *et al.* (2024) trouxe uma nova perspectiva ao considerar a aplicação de níquel, sugerindo que essa prática pode ter efeitos benéficos sobre o metabolismo do nitrogênio. Embora não tenham abordado diretamente as doses de nitrogênio, os resultados indicam que a otimização da nutrição pode ser crucial para o crescimento das plantas.

Assim, a literatura revisada converge para a conclusão de que a aplicação de doses intermediárias de nitrogênio é mais benéfica para o desenvolvimento radicular das plantas de soja, especialmente nas

fases iniciais, e que a compreensão dessa dinâmica é essencial para otimizar a produtividade da cultura.

Conclusão

Os resultados deste estudo indicam que as doses de inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* influenciam positivamente o desenvolvimento inicial da soja, especialmente em relação à porcentagem de plântulas normais.

A dose recomendada foi a que apresentou os melhores resultados, com a maior média de plântulas normais, enquanto as doses mais altas (1,5 e 2 vezes) não mostraram diferença significativa em relação ao controle.

As plantas anormais aumentaram com a aplicação de doses mais altas, sugerindo que doses superiores à recomendada podem comprometer a qualidade das plântulas. Por outro lado, a porcentagem de sementes não germinadas foi muito baixa, indicando que a inoculação não teve efeito significativo sobre a germinação das sementes.

Considerações finais

Embora a inoculação de sementes com *Bradyrhizobium japonicum* tenha mostrado resultados promissores no desenvolvimento das plântulas, é necessário cautela ao utilizar doses mais elevadas.

As doses recomendadas ou inferiores tendem a promover o melhor desenvolvimento inicial da soja, com menor índice de plantas anormais. A estatura das plantas, por sua vez, não foi significativa-

mente afetada pelas diferentes concentrações de inoculante, sugerindo que fatores adicionais, como o manejo da cultura, podem influenciar mais diretamente esse parâmetro.

É importante que os agricultores adotem práticas de manejo baseadas em doses adequadas de inoculantes, com foco em otimizar o desenvolvimento da soja sem prejudicar a qualidade das plântulas.

Referências

ADNAN, M.; BILAL, H. O papel do milho na economia agrícola global. **Global Agricultural Economics Journal**, New York, v. 7, n. 4, p. 200-210, 2020.

AJIBOYE, T. T.; AJIBOYE, T. O.; BABALOLA, O. O. Impacts of Binary Oxide Nanoparticles on the Soybean Plant and Its Rhizosphere, Associated Phytohormones, and Enzymes. **Molecules**, Basel, v. 28, n. 3, p. 1-19, jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28031326>.

ALENCAR, E. R. de *et al.* Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 155-166, abr./jun. 2008. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v16i2.13>.

ALI, M. *et al.* O milho: uma cultura importante para a segurança alimentar mundial. **Journal of Food Security**, v. 8, n. 3, p. 77-89, 2020.

AMPOFO, E. A. *et al.* Irrigation and Bradyrhizobium japonicum inoculation effects on performance of soybean production in tropical Guinea savanna zone of Ghana. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 6, n. 16, p. 32-41, jan. 2016.

ARAÚJO, V. L. V. P *et al.* Potential of the Azospirillum brasilense strains as plant growth promoting rhizobacteria in maize (*Zea mays*

L.). **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 9, n. 31, p. 2465-2471, ago. 2014.

ASIF, M. *et al.* A importância do milho para a segurança alimentar na Ásia. **Asian Journal of Food Security**, v. 5, n. 2, p. 45-60, 2020.

ASSEFA, Y. *et al.* Assessing variation in US soybean seed composition (protein and oil). **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 10, p. 1-13, mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00298>.

BÁRBARO, I. M. *et al.* **Técnica alternativa**: coinoculação com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. Campinas, SP: Informações Tecnológicas, 2008.

BASAL, O.; SZABÓ, A. Physiomorphology of soybean as affected by drought stress and nitrogen application. **Scientifica**, Cairo, v. 2020, n. 1, p. 1-7, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/6093836>.

BASHAN, L. E. *et al.* The potential contribution of plant growth-promoting bacteria to reduce environmental degradation – A comprehensive evaluation. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 61, Suppl. 1, p. 171-189, jan. 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.09.003>.

BASIRU, S.; HIJRI, M. Does commercial inoculation promote arbuscular mycorrhizal fungi invasion? **Microorganisms**, Basel, v. 10, n. 2, p. 1-8, fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020404>.

BASIRU, S.; MWANZA, H. P.; HIJRI, M. Analysis of arbuscular mycorrhizal fungal inoculant benchmarks. **Microorganisms**, Basel, v. 9, n. 1, p. 1-18, dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010081>.

BASU, S.; RABARA, R.; NEGI, S. Towards a better greener future – an alternative strategy using biofertilizers. I: Plant growth promoting

bacteria. **Plant Gene**, Netherlands, v. 12, p. 43-49, jul. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plgene.2017.07.004>.

BAUERLE, M. J. **Evaluation of Volatility and Physical Drift of 2, 4-D, Dicamba, and Triclopyr Formulations**. Louisiana, EUA: Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College, 2014.

BENDER, R. R. **Agronomic and nutritional considerations for increased soybean productivity**. Urbana, Illinois: University of Illinois at Urbana-Champaign, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF: MAPA, 2009.

BURDMANN, S.; HAMAOU, B.; OKON, Y. **Improvement of legume crop yields by coinoculation with Azospirillum and Rhizobium**. Jerusalem, Israel: The Hebrew University of Jerusalem, 2000.

BURR, T. J. *et al.* Beneficial plant bacteria. **Critical Reviews in Plant Sciences**, London, v. 2, n. 1, p. 1-20, dez. 1984. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/07352688409382186>.

CARBALLO, M.; RODRÍGUEZ, A.; DE LA TORRE, A. Phytotoxic effects of antibiotics on terrestrial crop plants and wild plants: a systematic review. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, Berlin, v. 82, n. 1, p. 48-61, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00244-021-00893-5>.

CHAI, Y. N.; FUTRELL, S.; SCHACHTMAN, D. P. Assessment of bacterial inoculant delivery methods for cereal crops. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 13, p. 1-14, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.791110>.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2022/23**. Brasília, DF: CONAB, 2023. (Quarto Levantamento).

CORDEIRO, C. F. S.; ECHER, F. R. Interactive effects of nitrogen-fixing bacteria inoculation and nitrogen fertilization on soybean yield in unfavorable edaphoclimatic environments. **Scientific Reports**, Berlin, v. 9, n. 1, p. 1-11, out. 2019.

CUNHA, J. P. A. R. da *et al.* Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1420-1425, ago. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000063>.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 1, p. 7-14, jan./fev. 2009. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v17i1.88>.

DONADON, J. R. *et al.* Armazenamento do crame em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidade química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 231-237, mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p231-237>.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Milho: o grão de ouro**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

ESPER NETO, M. *et al.* Nutrient removal by grain in modern soybean varieties. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 12, p. 1-14, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.615019>.

FAGAN, E. B. *et al.* Fisiologia da fixação biológica de nitrogênio em soja – revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

FERLINI, H. A. **Co-Inoculación en Soja (Glicyne max) con Bradyrhizobium japonicum y Azospirillum brasilense**. Villa Clara, Cuba: Engormix/Agricultura, 2006.

FLORES, F. **Effect of low doses of pesticides on soilborne pathogens:** An approach to the hormetic response. Stillwater, OK: Oklahoma State University, 2010.

FRANCHE, C. *et al.* Nitrogen-fixing bacteria in the legume–rhizobia symbiosis: An overview of the current status of the research. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 23, n. 1, p. 38-46, jan./mar. 2009.

JANOUSHKOVÁ, M. *et al.* Inoculation effects on root-colonizing arbuscular mycorrhizal fungal communities spread beyond directly inoculated plants. **PloS One**, London, v. 12, n. 7, p. 1-21, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181525>.

JORDAN, D. L. **Impact of high-input production practices on soybean yield.** Lexington, KY: University of Kentucky Libraries, 2010.

HUNGRIA, M. *et al.* Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Berlin, v. 331, n. 1, p. 413-425, jun. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>.

LOŠÁK, T. *et al.* Nitrogen and sulphur fertilisation affecting soybean seed spermidine content. **Journal of Elementology**, Olsztyn, v. 23, n. 2, p. 581-588, jan. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5601/jelem.2017.22.3.1516>.

IMEA – Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. **Custo de produção de milho em Mato Grosso:** safra 2018/19. Cuiabá, MT: IMEA, 2019. (Primeiro Levantamento).

NUNES *et al.* Fixação biológica de nitrogênio: uma alternativa sustentável para a agricultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 123-130, abr./jun. 2003.

REHMAN, A. *et al.* Impacto do milho na economia mundial. **Journal of Corn Economics**, v. 15, n. 2, p. 50-65, 2021.

SANTI, C. *et al.* Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 111, n. 5, p. 743-767, maio 2013. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mct048>.

SILVA PINHEIRO, A. *et al.* O milho e suas características. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 20, n. 1, p. 123-139, 2021.

SERAFIN-ANDRZEJEWSKA, M. *et al.* Influence of nitrogen fertilization, seed inoculation and the synergistic effect of these treatments on soybean yields under conditions in south-western Poland. **Scientific Reports**, Berlin, v. 14, n. 1, p. 1-11, mar. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57008-y>.

KLOPPER, J. W. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. *In*: CONFERENCE ON PLANT PATHOGENIC BACTER, STATION DE PATHOLOGIE VEGETALE ET PHYTOBACTERIOLOGIE, 4., 1978, Angers, France. **Proceedings** [...]. Paris, France: INRA, 1978. p. 879-882.

KUBAR, M. S. *et al.* Optimizing nitrogen supply promotes biomass, physiological characteristics and yield components of soybean (*Glycine max* L. Merr.). **Saudi Journal of Biological Sciences**, Amsterdam, v. 28, n. 11, p. 6209-6217, nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.06.073>.

MAHMUD, K. *et al.* Current progress in nitrogen fixing plants and microbiome research. **Plants**, Basel, v. 9, n. 1, p. 1-17, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9010097>.

McCOWN, M. S. **Dicamba effects on soybean (*Glycine max*) growth, yield, and offspring**. Fayetteville, AR: University of Arkansas, 2018.

MENDES, G. O. *et al.* Mechanisms of phosphate solubilization by fungal isolates when exposed to different P sources. **Annals of Microbiology**, Berlin, v. 64, n. 1, p. 239-249, maio 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13213-013-0656-3>.

MEYERES, T. P. **Response of non-dicamba-resistant soybean varieties to dicamba at varying doses and application times.** Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2020.

MORETTI, L. G. *et al.* Effects of growth-promoting bacteria on soybean root activity, plant development, and yield. **Agronomy Journal**, New York, v. 112, n. 1, p. 418-428, jan. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/agj2.20010>.

LEONARD, K. **Input Management for Improving Double-Crop Soybean Management in Oklahoma.** Stillwater, OK: Oklahoma State University, 2018.

LI, H. B. *et al.* Genetic diversity of nitrogen-fixing and plant growth promoting *Pseudomonas* Species isolated from sugarcane rhizosphere. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 8, p. 1-20, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01268>.

LI, X. *et al.* Mechanisms for solubilization of various insoluble phosphates and activation of immobilized phosphates in different soils by an efficient and salinity-tolerant aspergillus niger strain An2. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 175, n. 5, p. 2755-2768, mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-014-1465-2>.

PURI, A.; PADDA, K. P.; CHANWAY, C. P. *In vitro* and *in vivo* analyses of plant-growth-promoting potential of bacteria naturally associated with spruce trees growing on nutrient-poor soils. **Applied Soil Ecology**, Netherlands, v. 149, p. 103538, may 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103538>.

OLIVEIRA-LONGATTI, S. M. *et al.* The culture medium volume and the inoculation method should be considered in semi-quantitative screening of calcium phosphate solubilization by bacteria. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 42, n. 1, p. 1-5, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.44332>.

PIETERSE, C. M. J.; DE JONGE, R.; BERENDSEN, R. L. The soil-borne supremacy. **Trends in Plant Science**, Kidlington, v. 21, n. 3, p. 171-173, mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.01.018>.

POPOVIĆ, V. *et al.* Influence of CAN fertilizer and seed inoculation with NS Nitragin on *Glycine max* plant on pseudogley soil type. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, Zagreb, v. 84, n. 2, p. 165-171, 2019.

RAMAKRISHNA, W.; YADAV, R.; LI, K. Plant growth promoting bacteria in agriculture: two sides of a coin. **Applied Soil Ecology**, Netherlands, v. 138, p. 10-18, mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.019>.

RAZA, A. *et al.* Foliar application of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios enhance the lodging resistance of soybean stem by regulating the physiological and biochemical mechanisms under shade conditions. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 13, p. 1-19, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.906537>.

REIS, V. M. *et al.* Development of a molecular assay to identify *Acetobacter diazotrophicus* species and detect their occurrence in sugar cane and other plants grown in the field. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE TROPICS – THE ROLE OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION, Angra dos Reis, 1995. **Abstracts** [...]. Angra dos Reis, RJ: UFRRJ, 1995.

RODAK, B. W. *et al.* A study on nickel application methods for optimizing soybean growth. **Scientific Reports**, Berlin, v. 14, n. 1, p. 1-14, maio 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58149-w>.

RODRIGUES, J. S. *et al.* Growth and nutritional status of maize plants in response to different doses and application frequencies of biofertilizer. **Científica**, Jaboticabal, v. 47, n. 1, p. 123-131, mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2019v47n1p123-131>.

SALVAGIOTTI, F. *et al.* Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 108, n. 1, p. 1-13, jul. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2008.03.001>.

SARKAR, A.; REINHOLD-HUREK, B. Transcriptional profiling of nitrogen fixation and the role of NifA in the diazotrophic endophyte *Azoarcus* sp. strain BH72. **PLoS One**, San Francisco, v. 9, n. 2, p. 12-12, fev. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086527>.

SZPARAGA, A. *et al.* Modification of growth, yield, and the nutraceutical and antioxidative potential of soybean through the use of synthetic biostimulants. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 9, p. 1-20, nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01401>.

WOOD, J. L. *et al.* Microbial community dynamics in the rhizosphere of a cadmium hyper-accumulator. **Scientific Reports**, Berlin, v. 6, p. 1-10, nov. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep36067>.

ZILLI, J. E. *et al.* **Avaliação da fixação biológica de nitrogênio na soja em áreas de primeiro cultivo no cerrado de Roraima**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2006. (Comunicado Técnico, n. 20).

ZVEUSHE, O. K. *et al.* Effects of co-inoculating *Saccharomyces* spp. with *Bradyrhizobium japonicum* on atmospheric nitrogen fixation in soybeans (*Glycine max* (L.)). **Plants**, Basel, v. 12, n. 3, p. 681, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12030681>.

Produtividade da alface cultivada por diferentes cores de sombrite

Felipe Mella

João Victor B. Caumo

João Nicolau M. Diel

Lucas M. Braganholi

Renan Bergamim

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Fábio José Busnello

Cristiano Reschke Lajús

Introdução

Cientificamente conhecida como *Lactuca sativa* L., a alface é originada de regiões de clima temperado como o sul europeu e o ocidente asiático (Sousa *et al.*, 2014), pertence à família Asteraceae e é uma planta anual que é amplamente cultivada por suas folhas verdes, que são consumidas frescas em saladas e outros pratos em todo o mundo (Dantas, 2011).

É a hortaliça folhosa mais difundida atualmente, sendo cultivada em quase todos os países. Seu cultivo é feito de maneira intensiva e geralmente praticado pela agricultura familiar, responsável pela geração de cinco empregos diretos por hectare (Alencar *et al.*, 2012). Apresenta ciclo curto e possibilidade de produção durante o ano todo, com rápido retorno financeiro. Devido à sua alta perrecibi-

lidade, normalmente é plantada próximo aos centros consumidores, sendo necessário produzi-la nas mais variadas regiões brasileiras, ao longo do ano (Ferreira *et al.*, 2008). Pode ser considerada uma boa fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A, além de conter vitaminas B1 e B2, vitamina C, cálcio e ferro (Fernandes *et al.*, 2002).

Estima-se que seu plantio no Brasil ocupe uma área de 86.867 hectares (Vilela; Luengo, 2017), sendo cultivado principalmente por pequenos produtores (Costa; Sala, 2005). Dentre as diversas cultivares produzidas, a alface do tipo crespa é apontada como a de maior relevância econômica, seguida da americana, lisa e romana (Echer *et al.*, 2016).

A produtividade da alface é bastante influenciada por condições ambientais, sendo as melhores faixas de produção em temperaturas amenas (Resende *et al.*, 2005). Por tratar-se de uma hortalíça de inverno, o cultivo da alface em outras estações do ano favorece a incidência de doenças e a ocorrência de desequilíbrios nutricionais, principalmente sob condições chuvosas e de elevada temperatura (Yuri *et al.*, 2006).

Para alface, a temperatura máxima tolerável fica em torno de 4 °C a 27 °C para a maioria das cultivares (Resende *et al.*, 2005). Temperaturas muito elevadas podem também provocar queima de bordas das folhas externas, formar cabeças pouco compactas e contribuir para a ocorrência de deficiência de cálcio, desordem fisiológica conhecida como “tip-burn” (Yuri *et al.*, 2006; Jackson *et al.*, 2011).

A modificação do ambiente artificialmente com o uso de sombrites, malhas termo-refletoras e difusoras, ou outro tipo de cobertura, sempre ocorrerá alterações microclimáticas no ambiente, as quais,

por interferirem nos processos fisiológicos como a fotossíntese, respiração e transpiração, interferirão também no processo de absorção de nutrientes, gerados ao ambiente criado (Sentelhas *et al.*, 1995; Marscher, 1995; Aquino *et al.*, 2007).

O objetivo do presente trabalho é avaliar a produtividade de alface com diferentes cores de sombrite, analisar o impacto do sombreamento no desenvolvimento da planta e na qualidade da folha de alface, verificar a capacidade hídrica com o sombreamento e em pleno sol, estudar a incidência de pragas em diferentes tipos de sombreamento e analisar a viabilidade econômica dos sombrites no cultivo de alface.

Procedimentos metodológicos

Caracterização do ambiente da pesquisa

O trabalho foi implantado em uma área experimental destinada ao cultivo de alface pertencente a Felipe Mella no dia 29 de setembro de 2024. O local de plantio foi na linha Pavão, no município de Palmitos, região Oeste de Santa Catarina (27°6'50.68"S e 53°10'52.01"O, altitude 476,34). Trabalho dado pelo coordenador Cristiano Paulo Roque Lajus.

Figura 1 – Local do experimento



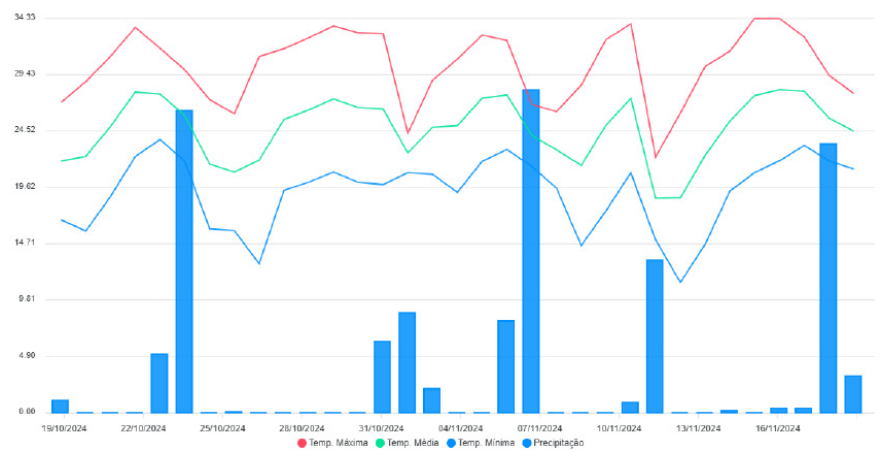
Fonte: Google Earth (2024).

Condições edafoclimáticas

O município possui clima subtropical e está a uma altitude média de 390 metros acima do nível do mar. A temperatura média do município é entre 18 e 19 graus (Epagri, 2003).

As condições climáticas (temperatura máxima, média e mínima e precipitação) do período experimental serão obtidas no Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo, 2024), conforme visto a seguir (Figura 2).

Figura 2 – Condições climáticas registradas até a finalização do experimento. Palmitos (SC)



Fonte: Agritempo (2024).

Estratégia e delineamento de pesquisa

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos, cinco repetições, dez mudas para cada tratamento (sombrites) com duas mudas por repetição, totalizando vinte parcelas.

Tratamento 1 (Sombrite azul)

R1	R4
R2	R5
R3	

Tratamento 2 (Sombrite vermelho)

R1	R4
R2	R5
R3	

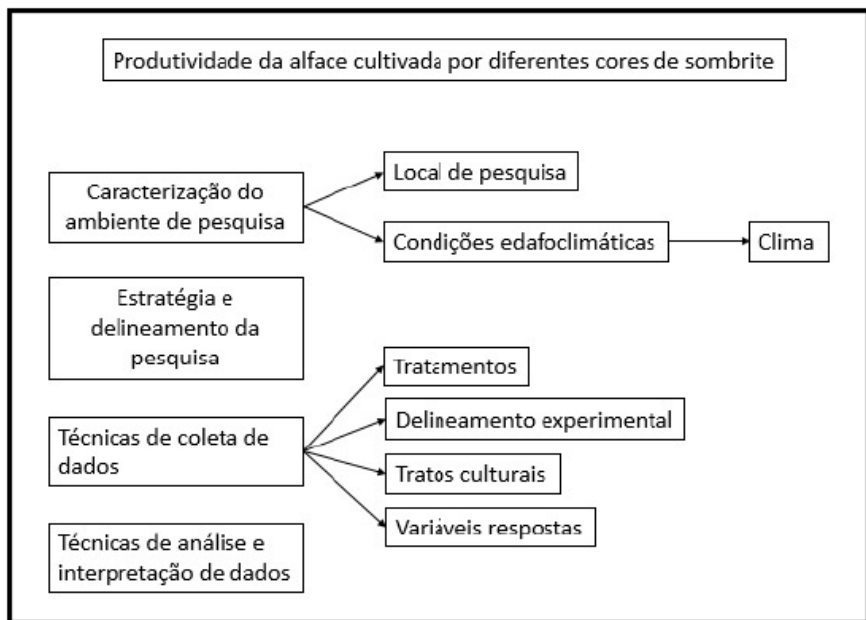
Tratamento 3 (Sombrite branco)

R1	R4
R2	R5
R3	

Tratamento 4 (Sombrite preto)

R1	R4
R2	R5
R3	

Figura 3 – Estratégia de pesquisa



Fonte: Tuane *et al.* (2022).

Tratos culturais

Foram construídas quatro hortas, cada uma com uma cor diferente de sombrite, utilizando tijolos, sombrites e ferros em um espaço aberto. As estruturas das hortas foram montadas com tijolos para delimitar as áreas, e os ferros sustentaram os sombrites, permitindo o sombreamento adequado para cada cultivo. O plantio foi realizado sobre um substrato preparado, com uma lona posicionada na base das hortas para evitar o contato direto com o solo e promover o controle de umidade, drenagem e evitar o crescimento de ervas daninhas. Horta de tijolos de 5 por 9, medindo 1,70 m x 80 cm (Figura 4).

Figura 4 – Local do experimento



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Conforme descrito por Gil (2008), o delineamento de pesquisa em relação à abordagem, enfoque e procedimentos foi caracterizado da seguinte maneira:

Abordagem: trata-se de uma pesquisa quantitativa, pois envolve a coleta e análise de dados numéricos sobre o desenvolvimento das alfaces em diferentes condições de sombreamento. A observação das plantas visa determinar qual dos tratamentos com diferentes cores de sombrite é o mais eficaz em termos de produtividade, qualidade e viabilidade.

Enfoque: o estudo possui um enfoque explicativo, uma vez que busca identificar e esclarecer as causas e efeitos do uso de sombrites no cultivo de alface. Para isso, são aplicados métodos experimentais controlados, com o objetivo de compreender como cada tipo de som-

brite influencia o crescimento, a capacidade hídrica e a resistência a pragas das plantas.

Procedimentos: foram utilizados procedimentos experimentais que consistem na montagem de quatro hortas distintas, cada uma coberta por um tipo diferente de sombrite, com o objetivo de analisar e comparar o crescimento das alfaces em cada condição. Essas análises visam identificar o tipo de sombrite que proporciona melhores resultados em termos de desenvolvimento da planta e viabilidade econômica do cultivo.

Técnica de análise estatística e variáveis resposta

Os dados foram submetidos à análise de variância (Anova) utilizando o teste F, a fim de verificar se houve diferenças significativas entre os tratamentos com diferentes cores de sombrite. Para identificar quais médias apresentaram diferenças estatisticamente significativas, aplicou-se o teste de comparações múltiplas de Tukey, com nível de significância de $P \leq 0,05$. Esse procedimento permitiu avaliar de maneira precisa as variações no desenvolvimento das alfaces entre os tratamentos, garantindo a robustez dos resultados.

Para o experimento existe duas hipóteses H_0 e H_1 onde:

H_0 . não há diferença significativa no desenvolvimento (comprimento da maior folha, volume) das alfaces cultivadas sob diferentes tipos de sombrites. Ou seja, os tipos de sombreamento não afetam significativamente as variáveis analisadas.

H_1 . há diferença significativa no desenvolvimento (produtividade, qualidade, capacidade hídrica etc.) das

alfaces cultivadas sob diferentes tipos de sombrites. Ou seja, o tipo de sombreamento afeta significativamente as variáveis analisadas.

Apresentação de dados

O experimento foi realizado pelos estudantes do quarto período de Agronomia da UNOCHAPECÓ, na área experimental pertencente a Felipe Mella no município de Palmitos.

A Anova revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) nos tratamentos e nas avaliações feitas. A seguir, gráficos elaborados a partir dos resultados obtidos na Anova que mostram e comparam as médias das avaliações do Comprimento da folha de alface com a raiz, comprimento sem a raiz, peso da folha de alface.

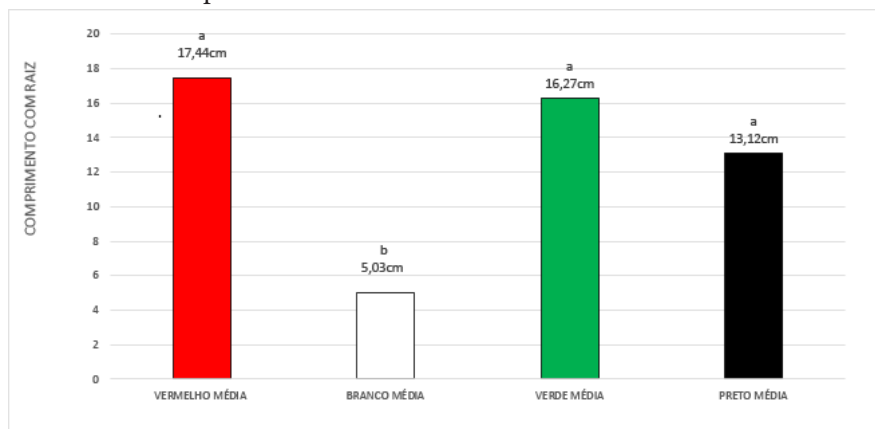
Colheita

A colheita foi feita manualmente no dia 20 de novembro de 2024, 32 dias após o plantio das mudas. Depois disso, foram medidos os comprimentos (com raiz e sem a raiz) e o volume da planta.

Comprimento da folha com a raiz

Foi feita a colheita dia 20 de novembro de 2024, 32 dias após a semeadura, utilizando uma trena convencional, medindo em centímetros da ponta da raiz até a ponta da maior folha de alface.

Gráfico 1 – Comprimento com raiz



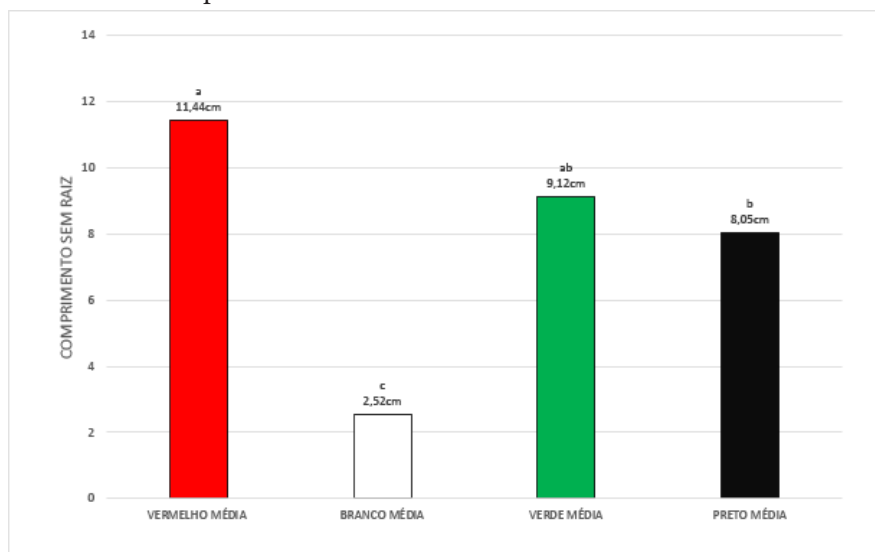
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

No comprimento com raiz (Gráfico 1), não houve diferença significativa entre os tratamentos de sombrites vermelho, verde e preto. Já o sombrite branco teve diferente significativa em relação aos outros, os números diferentes representam o efeito ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

Comprimento sem a raiz

Foi feita a colheita dia 20 de novembro de 2024, 32 dias após a semeadura, utilizando uma trena convencional, medindo em centímetros da ponta da maior folha até o caule da alface.

Gráfico 2 – Comprimento sem raiz



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

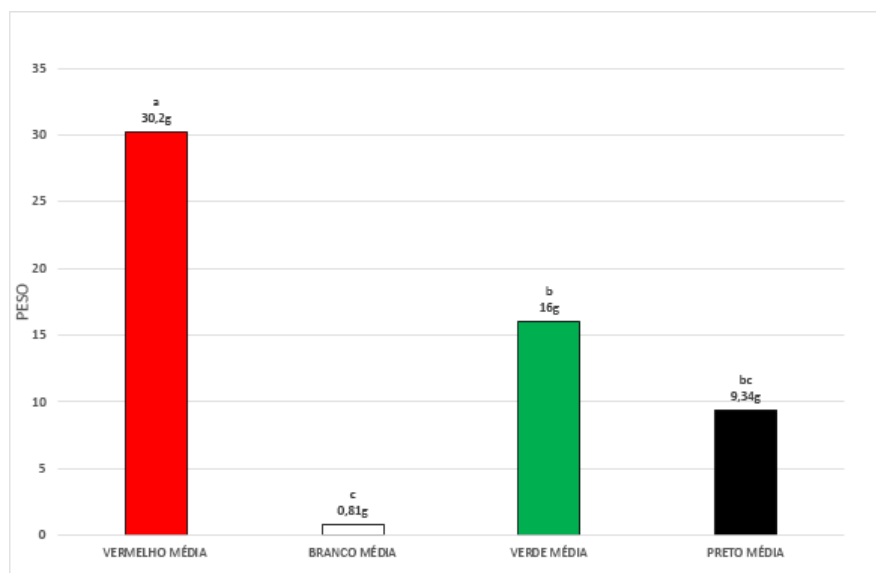
No comprimento sem a raiz (Gráfico 2), o sombrite vermelho apresenta diferenças estatisticamente significativas em relação aos sombrites preto e branco, destacando que o tratamento nesse grupo tem um efeito distinto. O sombrite verde, por sua vez, ocupa uma posição interessante, pois não apresenta diferenças significativas em relação aos grupos vermelho e preto. Assim, os efeitos dos tratamentos com sombrite vermelho e preto podem ser considerados semelhantes às contribuições no tratamento. Os números diferentes representam o efeito ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

Peso

A colheita foi feita a colheita dia 20 de novembro de 2024, 32 dias após a semeadura, foi pesado com uma balança digital, pesando todo o corpo da alface, desde a raiz até a folha.

No volume das alfaces (Gráfico 3), o tratamento com sombrite vermelho (a) é estatisticamente diferente dos tratamentos com sombrite branco (c) e preto (bc), diminuindo um efeito distinto. O sombrite verde (b) apresenta um comportamento intermediário, sem diferenças significativas em relação ao sombrite vermelho (a) ou ao sombrite preto (bc). Assim, os efeitos dos tratamentos com sombrite vermelho (a) e preto (bc) podem ser considerados semelhantes ao tratamento com sombrite verde (b).

Gráfico 3 – Volume das alfaces



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O experimento realizado para avaliar o impacto de diferentes tipos de sombrite no desenvolvimento de alfaces crespas demonstrou que o tipo de cobertura influencia significativamente os parâmetros avaliados, como o comprimento das folhas (com e sem raiz) e o peso das plantas. Esses resultados foram obtidos após análise de variância

(Anova) com o teste F, complementado pelo teste de comparações múltiplas de Tukey a um nível de significância de $P \leq 0,05$, permitindo identificar diferenças estatísticas entre os tratamentos. A hipótese alternativa (H1), que afirma que o tipo de sombreamento afeta significativamente o desenvolvimento das plantas, foi confirmado.

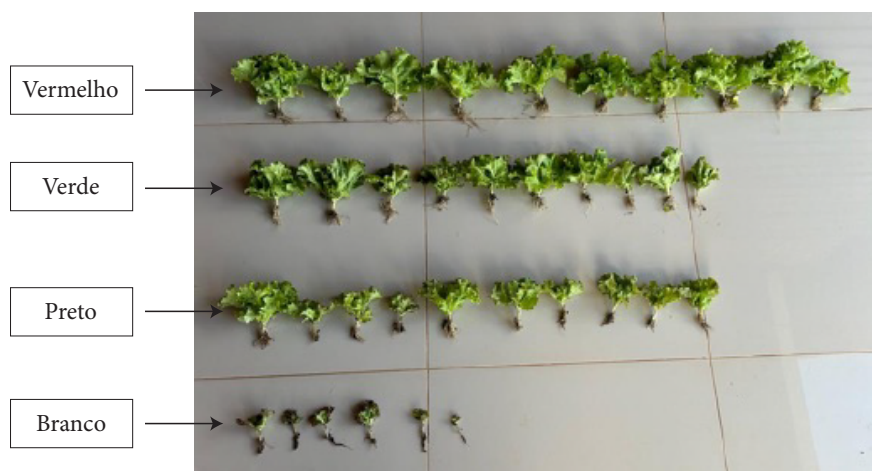
Os resultados para o comprimento da folha com a raiz mostraram que os tratamentos com sombrites vermelho, verde e preto não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si. Contudo, o sombrite branco destacou-se como o tratamento menos eficiente, com resultados significativamente inferiores em relação aos demais.

Para o comprimento da folha sem a raiz, o sombrite vermelho apresentou diferenças estatisticamente significativas em relação aos tratamentos com sombrites preto e branco, indicando que ele promoveu condições ambientais mais desenvolvidas ao desenvolvimento das folhas. O sombrite verde, por outro lado, mostrou-se intermediário, não apresentando diferenças significativas em relação aos tratamentos com sombrite vermelho e preto. Esses resultados sugerem que o sombrite vermelho oferece maior benefício em termos de crescimento, enquanto o sombrite verde atua como uma opção equilibrada.

No peso das plantas, o sombrite vermelho obteve o maior valor médio, diferenciando significativamente dos tratamentos com sombrite branco e preto. O sombrite verde, novamente, apresentou um comportamento intermediário, não sendo estatisticamente diferente do sombrite vermelho nem do sombrite preto. Esses dados reforçam que o sombrite vermelho promove um ambiente mais adequado para o aumento do volume das alfaces, possivelmente pelo fato de oferecer um melhor controle sobre a luz solar.

Os dados indicam que o sombrite vermelho é o tratamento mais eficiente, promovendo maior peso e comprimento das folhas. Essa eficiência pode ser atribuída à modificação da qualidade da luz que incide sobre as plantas. O sombrite verde foi demonstrado, ocorrendo como um tratamento intermediário que combina características dos sombrites vermelho e preto. Porém, o sombrite branco mostrou-se menos eficaz.

Figura 5 – Comparação



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Considerações finais

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família Asteraceae e é amplamente cultivada no Brasil, destacando-se pela sua relevância econômica e nutricional. O cultivo dessa hortaliça é diretamente influenciado por fatores ambientais, como temperatura, luminosidade e disponibilidade hídrica, sendo necessário adotar práticas que

otimizem as condições para o seu desenvolvimento (Resende *et al.*, 2005).

O presente estudo avaliou o impacto de diferentes cores de sombrite na produtividade da alface. O experimento foi realizado no município de Palmitos, em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (sombrites vermelho, verde, branco e preto) e cinco repetições. As variáveis analisadas incluíram o comprimento das folhas (com raiz e sem raiz) e o peso das plantas.

Os resultados obtidos indicam que o sombrite vermelho proporcionou o melhor desempenho em termos de comprimento das folhas e peso, destacando-se como a cobertura mais eficiente para o cultivo da alface. O sombrite verde apresentou comportamento intermediário, enquanto o sombrite branco foi o menos eficiente.

Esses resultados reforçam a importância do manejo adequado de técnicas de sombreamento na agricultura, buscando a otimização da produtividade e a sustentabilidade do cultivo. O sombrite vermelho, devido à sua eficiência, é uma estratégia promissora para produtores de alface, especialmente em regiões com alta incidência de radiação solar. Contudo, é fundamental considerar as condições edafoclimáticas e o custo-benefício ao implementar essas tecnologias, garantindo a viabilidade econômica do sistema de produção.

Referências

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. 2024. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/br/>. Acesso em: 6 out. 2024.

ALENCAR, T. A. *et al.* Efeito de intervalos de aplicação de urina bovina na produção de alface em cultivo protegido. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 3, p. 53-67, jul./set. 2012.

AQUINO, L. A. *et al.* Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 381-386, set. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000300012>.

COSTA, C. P. da; SALA, F. C. A evolução da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 118-120, 2005.

DANTAS, A. M. **Materiais orgânicos e produção de alface americana**. 2011. 38 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

ECHER, R. *et al.* Alface à mesa: implicações socioeconômicas e ambientais da semente ao prato. **Revista Thema**, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 17-29, nov. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15536/thema.13.2016.17-29.361>.

FERNANDES, A. A. *et al.* Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, jun. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000200016>.

FERREIRA, S. *et al.* Amplitude de variação quanto ao número de dias para florescimento em diferentes genótipos de alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 48., 2008, Maringá. **Resumos** [...]. Maringá, PR: ABH, 2008.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2008.

JACKSON, L. E. *et al.* **Iceberg lettuce production in California**. Berkeley, CA: University of California, 2011. (Vegetable Research and Information Center, n. 7215).

MARSCHER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London, England: Academic Press, 1995.

RESENDE, G. M. *et al.* Resposta da alface americana (*Lactuca sativa* L.) a doses e épocas de aplicação de cobre. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1209-1214, dez. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000600015>.

SENTELHAS, P. C. *et al.* Zoneamento climático da época de maturação do abacateiro no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 133-140, 1995.

SOUSA, T. P. de *et al.* Produção de alface (*Lactuca sativa* L.), em função de diferentes concentrações e tipos de biofertilizantes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 168-172, dez. 2014.

VILELA, N. J.; LUENGO, R. F. A. Produção de Hortaliças Folhosas no Brasil. **Campo & Negócios**, Uberlândia, ano 12, n. 146, ago. 2017.

YURI, J. E. *et al.* Competição de cultivares de alface-americana no sul de Minas Gerais. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 98-102, jan./mar. 2006.

Aplicação de boro no tratamento de sementes de soja

Vinícius Rovani

Fábio José Busnello

Kauane Xavier do Carmo Volpato

Natália Girardi

Éttore Guilherme Poletto Diel

Aline Vanessa Sauer

Cristiano Reschke Lajús

Introdução

A agricultura sustentável tem ganhado destaque no cenário global diante da crescente necessidade de garantir a segurança alimentar sem comprometer o equilíbrio ambiental. Nesse contexto, o uso eficiente de micronutrientes, como o boro, tem se mostrado uma estratégia promissora, despertando o interesse de pesquisadores, produtores e profissionais do setor agrícola.

O boro é um micronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, atuando em funções fisiológicas fundamentais, como a formação de flores, frutos e sementes. Nos últimos anos, a aplicação do boro por meio do tratamento de sementes tem sido explorada como uma alternativa para promover ganhos de produtividade desde as fases iniciais de desenvolvimento das culturas.

Considerando a relevância do boro na agricultura e a necessidade crescente por práticas mais sustentáveis, torna-se fundamental avaliar de forma crítica os efeitos do tratamento de sementes com diferentes doses desse micronutriente. Este estudo visa preencher essa lacuna, oferecendo uma análise detalhada sobre os impactos de diferentes doses de boro no tratamento de sementes, com ênfase na produtividade agrícola.

A principal problemática reside na ausência de um consenso sobre a dosagem ideal de boro que maximize os rendimentos das culturas, sem comprometer a sustentabilidade ambiental e econômica. Além disso, persiste uma carência de informações sobre os efeitos específicos de distintas concentrações do nutriente nas diferentes fases do desenvolvimento vegetal, bem como sobre o impacto direto desses efeitos na rentabilidade da produção agrícola.

Dessa forma, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar os efeitos de diferentes doses de boro no tratamento de sementes, considerando os aspectos produtivos das culturas, o custo relacionado à aplicação do nutriente e sua viabilidade econômica.

A relevância da pesquisa proposta é ampla, tanto para o setor agrícola como para a sociedade em geral. A agricultura representa um pilar fundamental da segurança alimentar global e da economia de inúmeros países. Assim, avanços que promovam maior eficiência e sustentabilidade nas práticas agrícolas são essenciais para enfrentar desafios futuros, como o aumento da demanda por alimentos e a escassez de recursos naturais.

Além de contribuir para o avanço científico na área de manejo de micronutrientes em culturas agrícolas, este estudo oferece subsídios importantes para agricultores, engenheiros agrônomos e demais inte-

ressados em otimizar a produtividade de forma sustentável. A escolha por conduzir o trabalho por meio de experimentos comparativos foi motivada também pela intenção de compartilhar os resultados obtidos com outros profissionais da área, produtores rurais e interessados, ampliando o alcance e a aplicabilidade das informações geradas.

Procedimentos metodológicos

Nesta seção, apresentam-se os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento desta pesquisa. O estudo foi conduzido com base em uma abordagem quantitativa, utilizando-se de técnicas experimentais para avaliar os efeitos de diferentes doses de boro no tratamento de sementes e suas implicações na produtividade das culturas agrícolas.

A pesquisa caracteriza-se como experimental, realizada em condições controladas em uma estação experimental agrícola. A escolha por esse tipo de estudo justifica-se pela necessidade de isolar variáveis e observar de forma precisa os efeitos específicos das diferentes doses de boro no crescimento e desenvolvimento das plantas (Prado, 2021; Souza; Fernandes, 2020).

Neste contexto, a pesquisa é compreendida como um processo sistemático e organizado de investigação científica, cujo propósito é explorar os efeitos do boro aplicado via tratamento de sementes e sua influência direta sobre a produtividade das culturas. Conforme Gil (2010), trata-se de um procedimento racional e sistemático voltado à obtenção de respostas para problemas específicos.

Neste estudo, o foco está na avaliação crítica das doses de boro aplicadas, com ênfase na produtividade e eficiência agrônômica. De

acordo com Lakatos e Marconi (2017), a pesquisa científica é essencial para a construção do conhecimento, permitindo a exploração, descrição, explicação e previsão de fenômenos. Diante disso, este trabalho adota uma abordagem metodológica rigorosa e fundamentada, com o objetivo de contribuir para o avanço do conhecimento na área da agricultura sustentável.

Delineamento experimental

Para atender ao primeiro objetivo deste estudo – comparar os efeitos de diferentes doses de boro no tratamento de sementes e suas implicações na produtividade – foi adotado um delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. As doses de boro testadas foram: 0, 1, 2, 4 e 8 mg/kg de solo. As sementes foram previamente tratadas com soluções de boro em diferentes concentrações, antes do processo de semeadura (Malavolta, 2018).

Para responder aos objetivos, foram empregados os seguintes procedimentos de coleta de dados:

- a. Número de vagens formadas: as plantas foram monitoradas durante todo o ciclo de crescimento para registrar o número de vagens formadas em cada tratamento. A coleta dos dados foi realizada semanalmente, a partir da fase de floração até a maturação das culturas (Souza; Fernandes, 2020).
- b. Peso Médio de mil grãos: após a colheita, as vagens foram secas, e os grãos resultantes foram contados e pesados. Com base nesses dados, foi determinado o peso médio de 1000 grãos para cada tratamento (Prado, 2021).

- c. Análise econômica: a análise econômica considerou os custos de aplicação das diferentes doses de boro e a produtividade obtida em cada tratamento. Os dados de produtividade foram convertidos em valores financeiros, com base nos preços de mercado dos grãos (Altieri, 2021).
- d. Retorno sobre o Investimento (ROI): o retorno sobre o investimento foi calculado com base na comparação entre os custos adicionais da aplicação de boro e os ganhos obtidos em produtividade e qualidade dos grãos (Gliessman, 2020).

A seguir, descrevem-se os procedimentos realizados em campo para a coleta de dados relevantes ao desenvolvimento da pesquisa:

- a. Seleção das Sementes: foi utilizada a cultivar 57K58RSF CE Vênus, da empresa BRASMAX. A semeadura foi realizada com uma semeadora-adubadora de 7 linhas, com espaçamento de 45 cm entre linhas e uma população estimada de 230 mil plantas por hectare.
- b. Preparação das Doses de Boro: foram preparadas soluções de boro em diferentes concentrações para o tratamento das sementes. As doses utilizadas foram: 0 mL/ha, 500 mL/ha, 1000 mL/ha e 1500 mL/ha (Figura 1).

Figura 1 – Preparação da diluição das doses. Chapecó (SC), 2024



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

- c. Preparação do Solo: o cultivo antecessor foi de milho, que foi dessecado com herbicidas à base de glifosato de amônio (2,5 L/ha), cletodim, 2,4-D (1,25 L/ha) e a mistura de sulfentrazone + diuron (1 L/ha), além de óleo vegetal (500 mL/ha). O volume de calda utilizado foi de 180 L/ha. Foi respeitado um período de carência de 10 dias para o plantio, devido à presença do 2,4-D. A adubação de base foi feita com o formulado 03-21-21.

- d. Manejo de Pragas e Doenças: o manejo fitossanitário seguiu um cronograma com diferentes aplicações ao longo do ciclo da cultura:
- Limpeza inicial da soja (07/11/2024): Emulzol 70 mL; Fusão 800 mL; Zapp 2,0 L; Cyprtrin 100 mL; Stimulate 500 mL; Elyticel; Mess 400 mL;
 - Tratamento 1 (24/11/2024): Emultec 70 mL; Mitrion 500 mL; Ampligo 120 mL; Stimulate 500 mL; Hold 500 mL; Oxima 250 mL;
 - Tratamento 2 (12/12/2024): Emultec 70 mL; Mitrion 500 mL; Bravonil 1,5 L; Ampligo 125 mL; Engeo Pleno 250 mL; Hold 500 mL; Oxima 250 mL;
 - Tratamento 3 (27/12/2024): Aquasix 70 mL; Bravonil 1,5 L; Ativum 900 mL; Talisman 630 mL; Mover 2,2 L; Mees 200 mL;
 - Tratamento 4 (16/01/2025): Emultec 80 mL; Cypress 300 mL; Sphere Max 250 mL; Talisman 600 mL; Áureo 300 mL.
- e. Tratamento das Sementes: as sementes foram tratadas com ácido bórico (134 g/L) nas seguintes concentrações:
- 0.500 L/ha;
 - 1L/ha;
 - 1.5L/há;
 - Testemunha (sem aplicação de boro).

Quadro 1 – Croqui da área experimental

Bloco 1	T1R1	T2R2	T3R3	T1R4	T4R5
Bloco 2	T2R1	T3R2	T4R3	T2R4	T3R5
Bloco 3	T3R1	T4R2	T1R3	T3R4	T2R5

Bloco 4	T4R1	T1R2	T2R3	T4R4	T1R5
Bloco 5	T1R1	T4R2	T3R3	T5R4	T2R5

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

- f. Monitoramento do Crescimento: durante o ciclo da cultura, foi realizado o monitoramento do desenvolvimento das plantas, com registro dos seguintes parâmetros: altura das plantas, número de folhas, número de flores e número de vagens (Figura 2).

Figura 2 – Monitoramento do experimento. Chapecó (SC), 2024



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

- g. Colheita e Avaliação da Produtividade: ao final do ciclo de cultivo, foi realizada a colheita das plantas. Foram coletados dados sobre peso fresco e peso seco das partes vegetativas e reprodutivas, com o objetivo de avaliar a produtividade (Figura 3).

Figura 3 – Experimento em maturação fisiológica. Chapecó (SC), 2024



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Técnicas de análise de dados

Os dados coletados foram analisados utilizando técnicas estatísticas apropriadas:

1. **Análise de Variância (Anova):** utilizada para verificar a significância das diferenças entre os tratamentos em termos de número de flores, número de vagens e peso de mil grãos (Malavolta, 2018);
2. **Teste de Tukey:** aplicado para comparações múltiplas entre as médias dos tratamentos, identificando quais doses de boro apresentaram resultados significativamente diferentes (Souza; Fernandes, 2020);
3. **Análise Econômica:** realizada com base em planilhas de custos e receitas, considerando os preços médios de mercado e os custos dos insumos (Prado, 2021).

Avaliação de rendimento

Com base na análise de variância apresentada a seguir (Tabela 1), observou-se efeito significativo entre os diferentes tratamentos aplicados para as variáveis morfológicas como diâmetro do colmo (DC) e distância entre nós (DN). No entanto, na variável altura de planta (H), não houve diferença estatística significativa.

Foram avaliadas três variáveis morfológicas das plantas: altura das plantas, diâmetro do caule e distância entre nós (Tabela 1). Para a altura, não se observaram diferenças significativas, com valores médios variando entre 98 e 99 cm para todas as doses. O diâmetro do caule também não apresentou diferenças significativas, com médias

variando entre 83 e 97 cm. A distância entre nós igualmente não foi afetada de forma estatisticamente significativa.

Conclui-se que as doses de boro não influenciaram as características morfológicas das plantas, ou seja, o boro não teve impacto no crescimento vegetativo – altura, diâmetro do caule e distância entre nós.

Tabela 1 – Medidas morfológicas de plantas de soja (*Glycine max* L.) sob diferentes doses de ácido bórico no plantio. Ipuçu (SC), safra 2023/2024

Doses de ácido bórico	Altura da planta (H)	Diâmetro do caule (DR)	Distância entre nós (DN)
(L/ha)		cm	
0,500	98 ^{ns}	0,83 ^{ns}	6,83 ^{ns}
1,0	99	0,97	6,53
1,5	99	0,87	6,40
Testemunha	98	0,87	6,32

*NS: não significativo pelo teste Tukey (P>0,05).

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Estudos realizados por Brito *et al.* (2020) demonstraram que a aplicação de boro pode aumentar significativamente a produtividade da soja, especialmente em solos com baixa disponibilidade desse micronutriente. Em experimentos com diferentes doses de boro, observou-se melhora no número de vagens por planta, no número de grãos e no peso dos grãos, resultando em um aumento expressivo no rendimento final da cultura.

De acordo com os dados apresentados a seguir (Tabela 2), para o número de nós por planta (NNP), não houve diferença significativa entre os tratamentos, indicando que o boro não afeta essa característica. No entanto, para as demais variáveis analisadas – número

de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e número de grãos por vagem (NGV) – houve efeito significativo dos tratamentos aplicados.

A dose de 1 L/ha de ácido bórico destacou-se como a mais eficiente entre as testadas:

- Número de vagens por planta (NVP): as plantas tratadas com 1 L/ha apresentaram em média 42 vagens, enquanto a testemunha teve apenas 33 vagens;
- Número de grãos por planta (NGP): também foi maior na dose de 1 L/ha, com 92 grãos, em comparação com 84 grãos na testemunha;
- Número de grãos por vagem (NGV): observou-se 2,8 grãos por vagem na dose de 1 L/ha, superando as demais doses e a testemunha (com médias de 2,2 e 2,4 grãos, respectivamente).

Esses resultados indicam que o boro exerce um efeito benéfico sobre a fase reprodutiva da soja, promovendo o aumento de vagens, grãos por planta e grãos por vagem, com impacto direto na produtividade.

Por outro lado, Oliveira *et al.* (2022) alertam para os riscos do excesso de boro, especialmente em solos com alta concentração de fósforo, pois isso pode interferir negativamente na absorção de outros micronutrientes, como o zinco, comprometendo o desenvolvimento da planta. Esses dados reforçam a importância do manejo equilibrado de micronutrientes no solo, considerando possíveis interações entre eles.

Além disso, Rodrigues *et al.* (2019) compararam os métodos de aplicação de boro via solo e via foliar. Enquanto a aplicação via solo

mostrou-se eficaz para estimular o crescimento radicular, a aplicação foliar foi mais eficiente em promover a produtividade da soja. Assim, a escolha do método de aplicação deve levar em consideração as características do solo e a demanda nutricional da planta em cada fase do seu desenvolvimento.

Em resumo, a aplicação de 1 L/ha de boro mostrou-se altamente eficaz para maximizar a produção da soja, especialmente em ambientes com deficiência do micronutriente. No entanto, é essencial um manejo nutricional balanceado, evitando excessos e respeitando as interações entre os elementos.

Tabela 2 – Atributos reprodutivos de plantas de soja (*Glycine max* L.) sob diferentes doses de ácido bórico no plantio. Ipuaçu (SC), safra 2023/2024

Doses de ácido bórico	Número de nós por planta (NNP)	Número de Vagens por planta (NVP)	Número de Grãos por planta (NGP)	Número de grãos por vagem (NGV)
L/ha	Num			
0,500	12 ^{ns}	35 b	87 b	2,4 b
1,0	14	42 a	92 a	2,8 a
1,5	13	40 ab	90 a	2,6 b
Testemunha	11	33 c	84 c	2,2 c

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).

* NS: não significativo pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Carvalho *et al.* (2018), em seu estudo sobre a aplicação foliar de boro, constataram que a fertilização com esse micronutriente aumentou o número de grãos por vagem e a massa de mil grãos, indicando que o boro tem impacto direto na formação de sementes. No entanto, os autores alertam que o uso excessivo pode causar efeitos tóxicos,

especialmente em solos alcalinos, ressaltando a importância da dose adequada.

A interação do boro com outros nutrientes tem sido amplamente estudada nas pesquisas sobre a cultura da soja. Silva *et al.* (2017) observaram que a aplicação de boro aumentou a eficiência de absorção de cálcio e magnésio, principalmente em solos com alta acidez. Nessa condição, a adição de boro contribuiu para o equilíbrio nutricional da planta, favorecendo o transporte de nutrientes até os tecidos vegetais.

Observa-se, a seguir (Tabela 3), que não houve interação significativa entre as fontes de ácido bórico e as doses aplicadas. Assim, todas as variáveis foram analisadas individualmente. Verificou-se que o melhor desempenho ocorreu com a dose de 1 L/ha, que resultou no maior peso de mil grãos (740 g) e no maior rendimento (77 sc/ha), representando um incremento de 13 sacas por hectare em relação à testemunha (64 sc/ha).

A dose de 0,5 L/ha apresentou desempenho superior à testemunha em todas as variáveis reprodutivas avaliadas: número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e número de grãos por vagem (NGV). Apesar de inferior à dose de 1 L/ha, a aplicação de 0,5 L/ha demonstrou impacto positivo na produtividade da soja, mesmo em quantidade reduzida.

Na comparação entre 0,5 L/ha e 1 L/ha, a dose de 1 L/ha foi mais eficaz, promovendo maiores valores em todas as variáveis reprodutivas. Quanto à comparação entre 0,5 L/ha e 1,5 L/ha, a dose de 1,5 L/ha resultou em maior número de vagens e grãos por vagem, porém apresentou menor número de grãos por planta (90), em comparação com a dose de 1 L/ha (92).

Embora a dose de 1,5 L/ha tenha promovido alguns incrementos, também houve efeitos adversos perceptíveis, o que torna a dose de 0,5 L/ha mais equilibrada em termos de custo-benefício. Além disso, a dose de 1,5 L/ha resultou em grãos mais leves e rendimento inferior ao da dose de 1 L/ha, com uma diferença de 3 sc/ha, sugerindo que o excesso de boro pode comprometer a formação e a qualidade dos grãos.

A comparação entre as doses reforça que a aplicação de 1 L/ha de boro proporciona os melhores resultados, tanto em peso de mil grãos quanto em produtividade. A dose de 0,5 L/ha, embora menos eficiente, ainda representa uma alternativa viável e econômica, superando significativamente a testemunha. Por outro lado, a dose de 1,5 L/ha mostrou-se excessiva, com efeitos negativos sobre o rendimento e a qualidade dos grãos.

Conclui-se que a aplicação de 1 L/ha de boro promoveu um impacto positivo e significativo tanto no rendimento quanto na qualidade dos grãos de soja, sendo a dose mais eficiente dentre as avaliadas.

Tabela 3 – Atributos de rendimento de plantas de soja (*Glycine max* L.) submetidas a diferentes doses de ácido bórico no plantio. Ipuacu (SC), safra 2023/2024

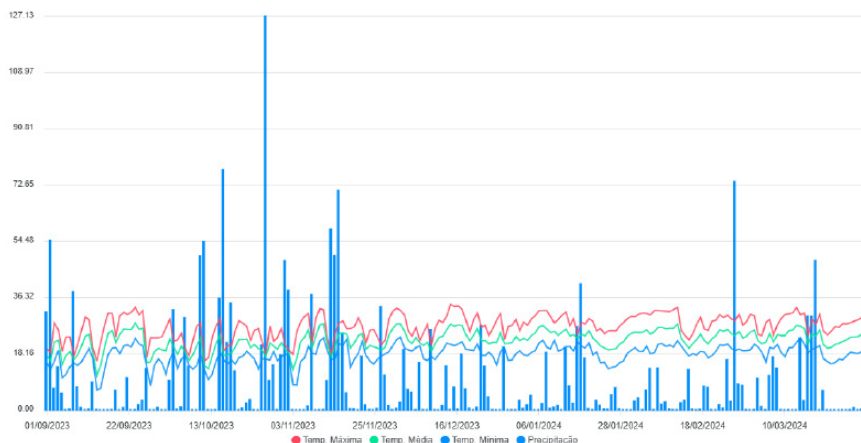
Doses de ácido bórico	Massa de mil grãos (M100)	Rendimento (Sacas/ha)
L/ha	g	
0,500	651	72 b
1,0	740	77 a
1,5	674	74 a
Testemunha	628	64 c

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Apresentam-se, a seguir (Gráfico 1), as médias de temperatura e precipitação durante o ciclo da cultura da soja na safra 2023/2024.

Gráfico 1 – Médias de precipitação e temperaturas durante a safra 2023/2024, na microrregião de Xanxerê (SC)



Fonte: Agritempo (2024).

Nota-se que o mês de outubro – início do ciclo de plantio – foi marcado por altos volumes de precipitação, o que pode ter influenciado diretamente nas fases iniciais de germinação e estabelecimento da lavoura. Condições climáticas excessivamente úmidas nessa etapa podem afetar o desenvolvimento radicular, a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, o rendimento final da cultura. Portanto, a análise climática se mostra essencial para interpretar os resultados obtidos com as diferentes doses de boro.

Avaliação econômica

A rentabilidade agrícola está intimamente ligada à etapa de semeadura, a qual depende diretamente da qualidade da operação. Uma

distribuição longitudinal adequada das sementes e sua deposição em profundidade correta são fatores cruciais para o estabelecimento da cultura e, conseqüentemente, para a maximização da produtividade. Além disso, o uso de tecnologias voltadas ao aumento de rendimento tem se mostrado essencial para alcançar melhores resultados econômicos (Almeida *et al.*, 2010).

Neste contexto, foi realizada uma análise econômica para avaliar o impacto da aplicação de diferentes doses de ácido bórico na cultura da soja. A avaliação baseou-se no rendimento obtido (em sacas por hectare) e no preço de mercado da soja no momento do estudo (R\$ 125,00 por saca), calculando-se a receita bruta por hectare.

Dessa forma, a receita bruta e o rendimento por dose aplicada podem ser apresentados conforme segue:

- a) Testemunha (sem aplicação de boro)
 - Rendimento: 64 sacas/ha
 - Receita bruta: R\$ 8.500,00/ha
- b) Dose de 0,500 L/ha de ácido bórico
 - Rendimento: 72 sacas/ha
 - Receita bruta: R\$ 9.000,00/ha
 - Diferença em relação à testemunha: + R\$ 500,00/ha
- c) Dose de 1,0 L/ha de ácido bórico
 - Rendimento: 77 sacas/ha
 - Receita bruta: R\$ 9.625,00/ha
 - Diferença em relação à testemunha: + R\$ 1.125,00/ha
 - Diferença em relação à dose de 0,500 L/ha: + R\$ 625,00/ha
- d) Dose de 1,5 L/ha de ácido bórico
 - Rendimento: 74 sacas/ha

- Receita bruta: R\$ 9.250,00/ha
- Diferença em relação à testemunha: + R\$ 750,00/ha
- Diferença em relação à dose de 0,500 L/ha: + R\$ 250,00/ha
- Diferença em relação à dose de 1,0 L/ha: – R\$ 375,00/ha

Portanto, conforme apresentado a seguir (Tabela 4), tem-se a síntese da análise econômica realizada com base no rendimento (sacas por hectare), no preço médio da soja (R\$ 125,00/sc) e na consequente receita bruta (R\$/ha) para cada dose de ácido bórico aplicada, durante a safra 2023/2024.

Tabela 4 – Análise econômica dos tratamentos experimentais sobre o rendimento de plantas de soja (*Glycine max* L.) em diferentes doses de ácido bórico. Ipuaçu (SC), safra 2023/2024

Doses de ácido bórico	Rendimento	Preço soja	Receita bruta
L/ha	sc ha ⁻¹	R\$ sc ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
0,500	72	125,00	9.000,00
1,0	77	125,00	9.625,00
1,5	74	125,00	9.250,00
Testemunha	68	125,00	8.500,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Portanto, os dados demonstram que a dose de 1,0 L/ha foi a mais eficiente do ponto de vista econômico, apresentando o maior rendimento e, consequentemente, a maior receita bruta. Essa dose proporcionou um ganho de R\$ 1.125,00 por hectare em comparação com a testemunha, superando inclusive as doses de 0,500 L/ha e 1,5 L/ha. O retorno financeiro obtido justifica plenamente o custo adicional com o insumo, tornando essa dose a mais recomendada para produtores que buscam maximizar produtividade e rentabilidade.

A dose de 0,500 L/ha, por sua vez, embora apresente rendimento inferior à de 1,0 L/ha, ainda se mostra vantajosa em relação à testemunha, com um acréscimo de R\$ 500,00/ha na receita bruta. Trata-se, portanto, de uma opção de menor investimento inicial, ideal para produtores que desejam um equilíbrio entre custo e retorno.

Já a dose de 1,5 L/ha, apesar de ter proporcionado um aumento de receita em relação à testemunha, revelou-se menos eficiente quando comparada às demais doses aplicadas. Com rendimento inferior ao da dose de 1,0 L/ha (–3 sacas/ha), seu ganho marginal não compensa o maior custo com insumo, sugerindo que o excesso de boro pode ser contraproducente, afetando negativamente o desempenho da lavoura.

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que a aplicação de ácido bórico em doses moderadas, especialmente 1,0 L/ha, é economicamente viável e agronomicamente eficiente. A escolha da dose ideal deve considerar, além do custo do insumo, o potencial de resposta da cultura e os objetivos econômicos do produtor. Doses excessivas, como a de 1,5 L/ha, não proporcionam ganhos proporcionais e podem, inclusive, prejudicar o desempenho produtivo da soja.

Resultados e discussão

Uma das dificuldades enfrentadas neste estudo foi a escassez de pesquisas que abordem especificamente o uso do boro no tratamento de sementes, uma vez que a maioria dos trabalhos se concentra na aplicação do micronutriente via adubação, associada ao NPK. No entanto, é possível observar que a aplicação de boro contribui para o aumento da produtividade da soja, independentemente da forma

como é realizada – no tratamento de sementes, no sulco de plantio ou via foliar.

Em alguns estudos, a aplicação foliar de boro tem se mostrado vantajosa, especialmente quando combinada com fungicidas, pois contribui para a redução dos custos de produção. O boro (B) influencia diversos processos metabólicos durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, atuando desde aspectos celulares, como diferenciação e divisão celular, metabolismo de carbono e nitrogênio, até fatores reprodutivos, como a retenção de vagens recém-formadas (Prado, 2008). Assim, este micronutriente, independentemente da forma de aplicação, é essencial para o cultivo da soja.

Durante a fase reprodutiva da cultura, o boro exerce papel importante na germinação do grão de pólen, no desenvolvimento do tubo polínico e, conseqüentemente, no aumento do número de flores fecundadas, redução da quantidade de grãos chochos e melhoria na granação dos grãos (Fernandes; Souza; Santos, 2018).

Com relação aos resultados obtidos neste experimento, embora não tenha havido diferença estatística significativa entre as dosagens de boro, observou-se que a dose de 1,0 L/ha proporcionou maior rendimento, com 77 sc/ha. Esses resultados estão alinhados com os achados de Silva *et al.* (2017), que também não observaram diferenças significativas na maioria dos componentes agrônômicos da soja em resposta à aplicação de ácido bórico.

Estudo conduzido por Oliveira Júnior *et al.* (2018), utilizando doses de boro (1, 2, 4, 8 e 16 kg/ha) com a fonte ácido bórico, também não apontou diferenças significativas na produtividade. A discussão sobre a eficácia da aplicação via solo ou via foliar permanece relevante, considerando o comportamento do nutriente no solo e sua mobi-

lidade na planta. Ainda são escassos os estudos que avaliam a eficácia do tratamento de sementes com boro.

Comparando-se com outros trabalhos, verifica-se que a aplicação de boro contribui para o aumento da densidade dos grãos, especialmente quando realizada na base e por pulverização foliar durante as fases reprodutivas (R1 a R3), como demonstrado por Seidel e Basso (2012), Raimundi, Moreira e Turri (2013) e Silva *et al.* (2017).

Dessa forma, constata-se que o uso do boro pode contribuir positivamente para a produtividade da soja. Apesar de ainda ser um nutriente subutilizado, sua deficiência pode impactar negativamente o rendimento da cultura, refletindo também em prejuízos econômicos.

Segundo Ceretta *et al.* (2005), a busca por maiores produtividades na cultura da soja está associada ao uso adequado de micronutrientes, como molibdênio, cobalto e boro, que estão presentes em diversos insumos e contribuem para a fixação biológica de nitrogênio, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

Além disso, de acordo com Farias, Nepomuleno e Neumaier (2007), a necessidade hídrica da soja aumenta conforme o seu desenvolvimento, sendo mais elevada nas fases de floração e enchimento de grãos, em que a cultura demanda, em média, de 7 a 8 mm de água por dia.

Conclusão

A aplicação de boro no tratamento de sementes de soja, na dosagem de 1,0 L/ha, resultou em maior produtividade e rendimento econômico, conforme demonstrado neste estudo. Entre as doses

avaliadas, essa concentração se destacou por proporcionar o maior número de vagens por planta (NVP) e o maior número de grãos por planta (NGP), indicando resposta positiva da cultura à suplementação com esse micronutriente.

Tais resultados reforçam a importância do boro no desenvolvimento e na produtividade da soja, especialmente quando aplicado de forma adequada, mesmo diante da escassez de estudos focados especificamente no tratamento de sementes. Portanto, o uso do boro, em especial na dosagem de 1,0 L/ha, mostra-se como uma prática promissora para o aumento da eficiência produtiva na cultura da soja.

Referências

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. 2024. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/br/>. Acesso em: 6 out. 2024.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Expressão Popular, 2021.

BRITO, A. M. *et al.* Efeitos do boro na produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 44, n. 4, p. 1187-1195, 2020.

CARVALHO, P. L. *et al.* Aplicação foliar de boro na soja: efeitos na formação de sementes e produtividade. **Agronomia Brasileira**, Jaboticabal, v. 39, n. 3, p. 245-253, 2018.

CERETTA, C. A. *et al.* E. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 576-581, jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000300013>.

FARIAS, R. J.; NEPOMULENO, L. A.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina, PR: Embrapa, 2007. (Circular Técnica, n. 48).

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição mineral de plantas**. 2. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology**: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. 2. ed. Boca Raton, USA: CRC Press, 2020.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 2. ed. São Paulo, SP: Agronômica Ceres, 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2017.

LOPES, S. S. *et al.* Deficiência de boro na soja e suas implicações para a produtividade. **Revista de Agricultura Sustentável**, v. 16, n. 1, p. 40-48, 2020.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. *et al.* Produtividade da soja, do trigo e do girassol em resposta à aplicação de boro: resultados sumarizados. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia, GO: Embrapa Soja, 2018.

OLIVEIRA, A. T. *et al.* Interação entre boro e outros micronutrientes na soja. **Jornal de Nutrição de Plantas**, Nova York, v. 19, n. 5, p. 367-375, 2022.

PEREIRA, L. F. *et al.* Efeitos da deficiência de boro na soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 25, n. 2, p. 102-109, 2018.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 3. ed. São Paulo, SP: Editora UFV, 2021.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**: diagnose foliar em grandes culturas. Jaboticabal, SP: Capes; Fundes, 2008.

RAIMUNDI, D. L.; MOREIRA, G. C.; TURRI, L. T. Modos de aplicação de boro na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 2, p. 112-121, 2013.

RODRIGUES, R. P. *et al.* Métodos de aplicação de boro na soja. **Revista de Fertilidade do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 504-512, 2019.

SEIDEL, E. P.; BASSO, W. L. Adubação foliar a base de cálcio e boro no cultivo da soja (*Glycine max*). **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 11, n. 2, p. 75-81, jan. 2012. DOI: <https://doi.org/10.18188/sap.v11i2.7303>.

SILVA, R. C. D. *et al.* Nutrição com boro na soja em função da disponibilidade de água no solo. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 155-165, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v18i4.52762>.

SOUZA, G. B.; FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. 4. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2020.

SOUZA, J. A. *et al.* Importância do boro para o crescimento e produtividade da soja. **Revista de Produção Vegetal**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 178-185, 2017.

TAVARES, L. R. *et al.* A influência do boro no desenvolvimento das plantas de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 43, n. 2, p. 122-130, 2019.

Sobre os autores e as autoras

Aline Vanessa Sauer

Profa. Dra., pesquisadora, Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Bandeirantes (PR).

E-mail: aline.sauer@uenp.edu.br.

Andrei Fernando Grigolo Wertphalen

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: andreiwestphalen@gmail.com.

Bianca Mello Machado

Acadêmica de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: biademelllo@gmail.com.

Cristiano Reschke Lajús

Prof. Dr., pesquisador, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: clajus@unochapeco.edu.br.

Ederson Rodrigo Pavoski Gaida

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: edersongaida007@gmail.com.

Elismar Baggio

Graduado em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: elismar.baggio@unochapeco.edu.br.

Éttore Guilherme Poletto Diel

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: ettorepoletto77@gmail.com.

Fábio José Busnello

Prof. Dr., pesquisador, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: fbusnello@yahoo.com.br.

Fabio Luiz Dalla Rosa

Graduado em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: Fabio.dalla.r@gmail.com.

Felipe Fiorentin

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: felintin0473@gmail.com.

Felipe Mella

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: felipemellamj@gmail.com.

Gabriela Rita Ratkiewicz

Acadêmica de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: gabrielarita@outlook.com.

Gelso Marchioro

Prof. Me., pesquisador, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: gelso@unochapeco.edu.br.

Giovani Basso

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: giovanibasso48@gmail.com.

Guilherme Brixner Zagonel

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: guilhermezagonel2019@gmail.com.

Guilherme Henrique Puhl

Acadêmico de Sistemas da Informação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: guilherme.puhl@outlook.com.

Gustavo Covatti Brustolin

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: gustavocovatti2@gmail.com.

Izadora Schussler

Acadêmica de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: izadoraschussler@hotmail.com.

Jeová Pereira da Fonseca Junior

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: junior.pfonseca@gmail.com.

João Nicolau M. Diel

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: joaonmdiel@gmail.com.

João Victor B. Caumo

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: joaocaumo@unochapeco.edu.br.

João Vitor Dal Piva Francisco da Silva

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: joaodalpivasilva@gmail.com.

João Vitor Milan

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: j.milan@unochapeco.edu.br.

Karen Doering Brustolin

Profa. Dra., pesquisadora, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC)

E-mail: karen.db@unochapeco.edu.br.

Kauane Xavier do Carmo Volpato

Gran Centro Universitário-Curitiba, Maravilha (SC).

E-mail: kxavier.v@gmail.com.

Leonardo Trentin Ferrão

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: leonardotferrao@unochapeco.edu.br.

Lucas Alberto Hofmann

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: hoffmannlucasalberto@gmail.com.

Lucas M. Braganholi

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: lbraganholi16@gmail.com.

Mateus Saretto Demartini

Graduado em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: mateussarettodemartini@gmail.com.

Mathias Galli de Oliveira

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: mathiasgo04@gmail.com.

Mauricio Nicareta Rosina

Graduado em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: mauricio_rosina11@hotmail.com.

Natália Girardi

Acadêmica de Ciências Econômicas, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: girardinatalia@unochapeco.edu.br.

Renan Bergamim

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: renan.e.bergamim@gmail.com.

Ronivan Verdi Biasus

Graduado em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: ronibiasus@unochapeco.edu.br.

Vinicius Locateli

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: viniciuslocateli6@gmail.com.

Vinicius Rovani

Graduado em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: rovanivini@icloud.com.

Vinicius Sirtuli

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: viniciussirtuli@hotmail.com.

Vitor P. Listoni

Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC).

E-mail: vitorplisoni@gmail.com.

Argos Editora da Unochapecó
www.unochapeco.edu.br/argos

Título: Tecnologia e gestão da inovação em sistemas de produção
sustentáveis - Vol. 3

Organizadores: Cristiano Reschke Lajús, Fábio José Busnello,
Aline Vanessa Sauer, Magdalena Reschke Lajús Travi e Francieli Dalcanton

Coleção: Perspectivas, n. 93

Coordenadora: Vanessa da Silva Corralo

Assistente Editorial e Comercial: Caroline Kirschner

Revisão: Carlos Pace Dori

Projeto gráfico: Caroline Kirschner

Capa: Caroline Kirschner

Diagramação: Caroline Kirschner

Formato: PDF

Publicação: 2025

