

ISSN 2178-7662

# CERRADO AGROCIÊNCIAS

REVISTA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PATOS DE MINAS

VOLUME 12 / 2021



---

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas

**UNIPAM | Centro Universitário de Patos de Minas**

**Reitor**

*Henrique Carivaldo de Miranda Neto*

**Pró-reitora de Ensino, Pesquisa e Extensão**

*Maria Marta do Couto Pereira Rodrigues*

**Pró-reitor de Planejamento, Administração e Finanças**

*Pablo Fonseca da Cunha*

**Coordenadora de Extensão**

*Adriana de Lanna Malta Tredezini*

**Diretora de Graduação**

*Mônica Soares de Araújo Guimarães*

**Coordenador do Núcleo de Editoria e Publicações**

*Geovane Fernandes Caixeta*

A revista **Cerrado Agrociências** é um periódico anual do Centro Universitário de Patos de Minas que visa publicar artigos científicos, revisões bibliográficas e notas científicas referentes às áreas de Ciências Agrárias, Meio Ambiente e áreas correlatas.

Catálogo na Fonte  
Biblioteca Central do UNIPAM

---

C417 Cerrado Agrociências [recurso eletrônico] / Centro Universitário de Patos de Minas. – Dados eletrônicos. – N. 1 (2010)-. – Patos de Minas : UNIPAM, 2010-

Anual

Disponível em: <<https://revistas.unipam.edu.br>>

ISSN 2178-7662

1. Ciências agrárias – periódicos. 2. Meio ambiente. I. Centro Universitário de Patos Minas. II. Título.

CDD 630.5

---

**Centro Universitário de Patos de Minas**

Rua Major Gote, 808 - Caiçaras

38702-054 Patos de Minas - MG Brasil

Telefax: (34) 3823-0300 web: [www.unipam.edu.br](http://www.unipam.edu.br)

**NEP | Núcleo de Editoria e Publicações**

Telefone: (34) 3823-0341

<http://nep.unipam.edu.br>

# CERRADO AGROCIÊNCIAS

---

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas

ISSN 2178-7662

Volume 12, 2021

Patos de Minas: Cerrado Agrociências, UNIPAM, v. 12: 1-127



Centro Universitário de Patos de Minas



Núcleo de Editoria e Publicações

**Editor**

Walter Vieira da Cunha (UNIPAM)

**Conselho Editorial Interno**

Alice Pratas Glycério de Freitas (UNIPAM)  
Carlos Henrique Eiterer de Souza (UNIPAM)  
Rossana Pierangeli Godinho Silva (UNIPAM)  
Vanessa Junia Machado (UNIPAM)

**Conselho Consultivo**

Alfredo Júnior Paiola Albrecht (UFPR)  
Ana Paula Schwantes (ESALQ/USP)  
André Santana Andrade (UNIPAM)  
Aquiles Júnior da Cunha (UNICERP)  
Arthur Arrobas Martins Barroso (UNESP)  
Bruno Bernardes de Andrade (UNIPAM)  
Bruno Sérgio Vieira (UFU)  
Daiane Aparecida Fausto (ESALQ/USP)  
Daniel Oliveira e Silva (UNIPAM)  
Danielle Otte Carrara Castan (ESALQ/USP)  
Denis Santiago da Costa (UEL)  
Derblai Casaroli (UFG)  
Diego Henrique da Mota (UNIPAM)  
Durval Dourado Neto (ESALQ/USP)  
Elisa Queiroz Garcia (UNIPAM)  
Evandro Binotto Fagan (UNIPAM)  
Everaldo Antônio Lopes (UFV-CRP)  
Fábio Oliveira Diniz (ESALQ/USP)  
Fernando Dias da Silva (UNIPAM)  
Flávio Henrique Silveira Rabêlo (CENA/USP)  
Francisco Guilhien Gomes Júnior (ESALQ/USP)  
Gilson Passos de Moraes (UNIPAM)  
Gleize Leviski de Brito (UNESP)  
Guilherme Nascimento Cunha (UNIPAM)  
Gustavo Rodrigues Barbosa (UNIPAM)  
Jackeline de Siqueira Castro (UFV)  
Jackelline Bruna Sousa (ESALQ/USP)  
Jair Fernando de Oliveira (UNIPAM)  
Janaina Oliveira da Silva (UNESP)  
Janaine Myrna Rodrigues Reis (UNIPAM)  
Jérssica Nogueira Soares (ESALQ/USP)

José Laércio Favarin (ESALQ/USP)  
José Maurício da Rocha Junior (UNIPAM)  
José Rodolfo de Oliveira (UNIPAM)  
Juliana Borges Pereira (UNIPAM)  
Klaus Reichardt (ESALQ/USP)  
Lara Caroline Borges Moreira Mota (UFU)  
Leandro Paiola Albrecht (UFPR)  
Lucas da Silva Mendes (UNIPAM)  
Luis Oliveira Lopes (UNIPAM)  
Marcela Cristina Brunelli (UNESP)  
Marco Aurélio Guerra Pimentel (CNPMS-EMBRAPA)  
Marcos Altomani Neves Dias (ESALQ/USP)  
Marília Caixeta Sousa (UNESP)  
Maurício Antônio de Oliveira Coelho (UNIPAM)  
Nádia Grandi Bombonato (UNIPAM)  
Natália Arruda (ESALQ/USP)  
Nívea Maria Borges Pereira (UNIPAM)  
Norma Aparecida Borges Bitar (UNIPAM)  
Paulo César Tavares de Melo (ESALQ/USP)  
Pedro Jacob Christofolletti (ESALQ/USP)  
Rafaela Alenbrant Migliavacca (ESALQ/USP)  
Renan Fonseca Nascentes (UNESP)  
Ronan Magalhães de Souza (UFRA)  
Tatiane Beloni (UFSCAR)  
Victor Gustavo Soares Ribeiro (UFV)  
Vinícius José Ribeiro (UFV)  
Walquíria Fernanda Teixeira (ESALQ/USP)  
Welder Ângelo Baldassini (ESALQ/USP)

#### **Revisão**

Geovane Fernandes Caixeta  
Gisele Carvalho Araújo Caixeta  
Rejane Maria Magalhães Melo

#### **Diagramação e Formatação**

Lorrany Lima Silva

## SUMÁRIO

<b>Influência de traça-do-tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>) e genótipos de tomateiro na atração de <i>Podisus nigrispinus</i>.....</b>	<b>09</b>
Daline Benites Bottega	
Nara Elisa L. Rodrigues	
Camila A. Rodrigues	
Kaique Moreira Dias	
Arlindo L. Boiça Júnior	
<b>Aplicação foliar de potássio, fósforo e magnésio na fase reprodutiva da cultura de soja.....</b>	<b>19</b>
Gustavo Cearence Moraes	
Luís Henrique Soares	
Dulcélio Henrique Lana	
Ana Gabriela Nunes Pereira	
Matheus da Silva Cardoso	
<b>Avaliação do potencial fisiológico e crescimento inicial de diferentes sementes de milho.....</b>	<b>36</b>
Maria Ivoneide Silva Martins	
Natalia Oliveira Silva	
<b>Qualidade de silagem de trigo em função do tempo de fermentação.....</b>	<b>43</b>
Mauricio Antônio de Oliveira Coelho	
Eduardo Corrêa de Araújo	
<b>Tendência natural à erosão dos solos da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata, no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES).....</b>	<b>55</b>
Caio Henrique Ungarato Fiorese	
<b>Controle biológico de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> e promoção de crescimento em feijoeiro.....</b>	<b>67</b>
Luis Carlos Ferreira Rodrigues	
Walter Vieira da Cunha	
<b>Produção e qualidade de alho nobre submetido a diferentes períodos de pré-câmara.....</b>	<b>86</b>
Ana Paula Cristina de Oliveira	
Karla Vilaça Martins	
<b>Influência da tela fotoconversora vermelha e dos tipos de cobertura morta no cultivo de alface crespa em sistema orgânico.....</b>	<b>94</b>
Vinícius Ferreira Silvério	
Elisa Queiroz Garcia	

**Influência de fontes e parcelamentos de adubação na disponibilidade de nutrientes no solo..... 108**

Antonio Augusto Costa Carneiro

Flavia Marina Sousa Correia

Diego Henrique da Mota

**Inoculação antecipada e adubação nitrogenada na cultura da soja..... 118**

Laiane Pereira de Oliveira

Vanessa Júnia Machado



# Influência de traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) e genótipos de tomateiro na atração de *Podisus nigrispinus*

*Influence of tomato pinworm (Tuta absoluta) and tomato  
genotypes in attracting Podisus nigrispinus*

DALINE BENITES BOTTEGA

Departamento de Fitossanidade - IF Goiano  
E-mail: [daline.bottega@ifgoiano.edu.br](mailto:daline.bottega@ifgoiano.edu.br)

NARA ELISA L. RODRIGUES

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP)  
E-mail: [naraelr@gmail.com](mailto:naraelr@gmail.com)

CAMILA A. RODRIGUES

Departamento de Fitossanidade - IF Goiano  
E-mail: [camilaalvesrodrigues@hotmail.com](mailto:camilaalvesrodrigues@hotmail.com)

KAIQUE MOREIRA DIAS

Mestrando em Bioenergia e Grãos - IF Goiano  
E-mail: [kaique18dias@gmail.com](mailto:kaique18dias@gmail.com)

ARLINDO L. BOIÇA JÚNIOR

Departamento de Fitossanidade (UNESP)  
E-mail: [aboicajr@fcav.unesp.br](mailto:aboicajr@fcav.unesp.br)

---

**Resumo:** Com a possibilidade de associar a resistência de plantas e controle biológico, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de *Tuta absoluta* e genótipos de tomateiro na atração de *Podisus nigrispinus*. Os experimentos foram desenvolvidos na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP), no laboratório de Resistência de Plantas a Insetos. Foram utilizados dois genótipos, sendo um resistente (*Solanum habrochaites*: PI 134417) e um suscetível (*Solanum lycopersicum* cv. Santa Clara), para avaliação da atratividade de ninfas de 3º instar e adultos de *P. nigrispinus*. Os tratamentos foram quatro: um folíolo do genótipo PI134417 + cinco lagartas de *T. absoluta*; um folíolo de Santa clara + cinco lagartas de *T. absoluta*; somente um folíolo do genótipo PI134417; somente um folíolo do genótipo Santa Clara. Foram realizadas dez repetições. Foram feitos testes com e sem chance de escolha. O genótipo PI134417 possui um efeito repelente sobre *P. nigrispinus*, e a provável causa desse efeito está relacionada aos tricomas glandulares presentes nesse genótipo.

**Palavras-chave:** Interação tritrófica. Resistência extrínseca. Manejo integrado de pragas.

**Abstract:** With the possibility of associating plant resistance and biological control, the aim of this study was to evaluate the influence of *Tuta absoluta* and tomato genotypes in attracting *Podisus*

*nigrispinus*. The experiments were performed at the Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP) in the Plant Resistance to Insects laboratory. We used two genotypes, one resistant (*Solanum habrochaites*: PI 134417) and susceptible (*Solanum lycopersicum* cv. Santa Clara), to assess the attractiveness of third instar nymphs and adults of *P. nigrispinus*. The four treatments were: one leaflet of the genotype PI134417 + five larvae of *T. absoluta*, a leaflet of Santa clara + five larvae of *T. absoluta*, only one leaflet of the genotype PI134417, only one leaflet of the genotype Santa Clara. Ten repetitions were performed. Tests were conducted with and without choice. The genotype PI134417 has a repellent effect on *P. nigrispinus*, and the probable cause of this effect is related to glandular trichomes present in this genotype.

**Keywords:** Interaction tritrophic. Extrinsic resistance. Integrated pest management.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicon* L.) favorece o desenvolvimento de várias pragas que afetam consideravelmente sua produção, entre as quais a traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (MEYRICK, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) é classificada como praga-chave da cultura.

Com o objetivo de diminuir os prejuízos ocasionados por essa praga, têm sido utilizados inseticidas de forma indiscriminada, ocasionando falhas no controle desse inseto, como a resistência de *T. absoluta* a inseticidas (LIETTI *et al.*, 2005).

Para reduzir esses problemas, diversos estudos têm examinado as possibilidades de integração entre diferentes táticas de controle de pragas, como as interações plantas resistentes e os seus inimigos naturais, parasitoides (SOGLIA *et al.*, 2006) ou predadores (DE JESUS *et al.*, 2014), de modo que o conhecimento do comportamento do inimigo natural nessas interações é de extrema importância para maximizar sua ação no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Essas relações podem ocorrer por intermédio de substâncias químicas denominadas de semioquímicos. Esses em especial nas plantas apresentam-se como substâncias do metabolismo secundário que podem relacionam-se a defesa, podendo estar envolvidas na interação entre as plantas e o segundo ou terceiro níveis tróficos.

Ainda hoje, pouco se conhece sobre a relação de predadores e resistência de plantas. De acordo com Silva *et al.* (2012), o estudo das relações existentes em uma comunidade deveria estar entre as primeiras etapas de programas de controle de pragas. A compreensão das interações tritróficas permite o favorecimento de parasitoides e predadores em estratégias de manejo integrado de pragas.

No Brasil, o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (DALLAS, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) tem sido encontrado predando diferentes pragas em diversas culturas (CAVALCANTI *et al.*, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2008; ANGELINI; BOIÇA JÚNIOR, 2009).

Com a possibilidade de associar a resistência de plantas encontradas em genótipos de tomateiro e controle biológico, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de *T. absoluta* e genótipos de tomateiro na atração de *P. nigrispinus*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP), Jaboticabal (SP), no laboratório de Resistência de Plantas a Insetos (temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , UR de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12h).

No experimento, foram utilizados dois genótipos, sendo um resistente (*S. habrochaites*: PI 134417) e um suscetível (*S. lycopersicum* cv. Santa Clara) (BOIÇA JÚNIOR *et al.*, 2012; BOTTEGA *et al.*, 2015). As plantas foram semeadas em bandeja de poliestireno expandido contendo substrato agrícola e transplantados para vasos plásticos com três litros de capacidade, contendo três partes de solo, uma de areia e uma parte de composto orgânico.

O ensaio de atratividade de *P. nigrispinus* foi realizado, separadamente, com adultos (fêmeas) e ninfas de 3º instar. As lagartas de *T. absoluta* utilizadas se encontravam com 12 dias de idade, utilizando-se de dois genótipos (Santa Clara e PI134417). Os tratamentos foram quatro: um folíolo do genótipo PI134417 + cinco lagartas de *T. absoluta*; um folíolo de Santa Clara + cinco lagartas de *T. absoluta*; somente um folíolo do genótipo PI134417; somente um folíolo do genótipo Santa Clara. Foram realizadas dez repetições. Para os tratamentos contendo lagartas, elas foram liberadas 1 hora antes do início do experimento para que pudessem penetrar no parênquima foliar do genótipo.

O delineamento utilizado foram blocos ao acaso para o teste com chance e inteiramente casualizado para o teste sem chance de escolha.

O teste com chance de escolha foi conduzido em placas de Petri de 14 cm de diâmetro, forradas ao fundo com papel filtro levemente umedecido com água destilada, em que foi disposto equidistante cada um dos quatro tratamentos citados acima. Foi liberado um predador para cada tratamento, totalizando quatro por repetição.

O teste sem chance de escolha foi conduzido em placa de Petri de 8 cm de diâmetro, forrando-se o fundo das placas com papel-filtro umedecido, colocando-se em cada placa um tratamento. Foi liberado um predador para cada tratamento. Em ambos os testes, foram avaliadas as atratividades dos predadores com 1; 3; 5; 10; 15 e 30 minutos, e 1; 2; 3; 6; 12; 18 e 24 horas após a liberação.

Para identificação dos tricomas, foram coletados folíolos da parte mediana e apical das plantas de cada genótipo. Os folíolos foram lavados em água corrente e em seguida cortaram-se quadrados de  $0,5 \times 0,5$  cm. O material para realização de fotografia de microscopia eletrônica de varredura foi realizado segundo metodologia de Luckwill (1943).

Foram identificados os tipos de tricomas e realizou-se a contagem na parte abaxial e adaxial dos folíolos. Para isso, utilizou-se de microscópio eletrônico de varredura com aproximação de 50x, área real de contagem  $0,038\text{cm}^2$ . Foram realizadas 15 repetições para cada tratamento.

Para análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste Fisher e, no caso de efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se a análise de tricomas, pode-se constatar que o genótipo PI134417 apresenta a maior quantidade de tricomas glandulares na parte abaxial e adaxial dos folíolos, diferenciando-se significativamente de Santa Clara. Os tipos de tricomas glandulares encontrados para esse genótipo foram I, IV, VI e VII (Tabela 1).

**Tabela 1:** Tipos e quantidade de tricomas glandulares na parte abaxial e adaxial dos folíolos de genótipos, suscetível e resistente, de tomateiro

Genótipos	Tricomas Glandulares <sup>1,2</sup>		
	Tipos	Abaxial	Adaxial
Santa Clara	VI e VII	15,50 ± 3,36 a	9,70 ± 2,34 a
PI 134417	I, IV, VI e VII	31,80 ± 6,82 b	20,50 ± 3,69 b
F (G)	—	4,55*	7,38*
C.V. (%)	—	36,28	33,06

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Dados transformados em  $(x + 0,5)^{1/2}$ . NS = não significativo, \* = significativo a 5%. <sup>2</sup> Tricomas encontrados em 0,038 cm<sup>2</sup> de folíolo, aproximado 50x em microscópio eletrônico de varredura.

Alba *et al.* (2009) e Maciel *et al.* (2011) relatam que tricomas glandulares podem apresentar influência negativa sobre o desenvolvimento de muitos artrópodes-praga. Isso se deve aos açúcares presentes nos tricomas glandulares.

Já em relação aos inimigos naturais, Toscano *et al.* (2003) estudaram o comportamento de *Chrysoperla externa* (HAGEN, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em genótipos de tomateiro infestados com ovos de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em laboratório e constataram grande dificuldade de as larvas de 1º instar explorarem plantas dos genótipos selvagens (*S. habrochaites*: PI 127826, PI 127827 e PI 134417) em busca da presa, sendo muitas vezes interrompidas por tricomas. Os dados de tricomas obtidos nesta pesquisa serão correlacionados com o teste de influência de *T. absoluta* e genótipos de tomateiro na atração de *P. nigrispinus*.

Observando o número médio de *P. nigrispinus* atraídos pelos tratamentos (genótipo PI134417 + lagartas de *T. absoluta*; Santa clara + lagartas de *T. absoluta*; genótipo PI134417; genótipo Santa Clara) constata-se que houve influência na atratividade do predador (Tabelas 2 e 3).

No teste de atratividade com chance de escolha de ninfas de *P. nigrispinus*, obtiveram-se diferenças significativas nas avaliações realizadas com 6; 12; 18 e 24 horas após a liberação dos predadores. O tratamento, genótipo suscetível Santa Clara + lagartas de *T. absoluta*, foi o mais atrativo, diferenciando-se dos demais tratamentos, nas avaliações de 6 e 24 horas. Nas avaliações de 12 e 18 horas, esse tratamento só não se diferenciou do tratamento contendo apenas o folíolo de Santa Clara (suscetível), porém diferenciando-se do tratamento contendo o genótipo resistente PI134417 (com e sem lagarta) (Tabela 2).

**Tabela 2:** Número médio ( $\pm$ EP) de ninfas de *Podisus nigrispinus* atraídos pelos diferentes tratamentos em intervalos de tempo após a liberação, em teste com e sem chance de escolha

Com Chance de Escolha							
Genótipos	Minutos						
	1	3	5	1	15	30	
Santa Clara	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,1 a	0,1 a	0,0 a	
PI134417	0,0 a	0,0 a	0,2 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	
Santa C. + lagartas	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,2 a	0,2 a	0,4 a	
PI134417 + lagartas	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	
F (G)	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	3,51 <sup>ns</sup>	
C.V. (%)	11,37	11,37	21,65	20,96	18,29	21,35	
Genótipos	Horas						
	1	2	3	6	12	18	24
Santa Clara	0,0 a	0,3 a	0,3 a	0,3 a	0,7 ab	0,5 ab	0,3 a
PI134417	0,0 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Santa C. + lagartas	0,7 b	0,6 a	0,7 a	1,1 b	0,9 b	0,9 b	1,8 b
PI134417 + lagartas	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,2 a
F (G)	6,08*	2,60 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>	10,27*	7,46*	4,22*	19,85*
C.V. (%)	25,29	29,10	31,62	25,78	28,69	34,26	25,59
Sem Chance de Escolha							
Genótipos	Minutos						
	1	3	5	1	15	30	
Santa Clara	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	
PI134417	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	
Santa C. + lagartas	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,1 a	0,0 a	
PI134417 + lagartas	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	
F (G)	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	2,25 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	2,25 <sup>ns</sup>	
C.V. (%)	11,37	11,37	11,37	14,89	18,29	14,89	
Genótipos	Horas						
	1	2	3	6	12	18	24
Santa Clara	0,2 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	0,1 a	0,1 a
PI134417	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Santa C. + lagartas	0,0 a	0,0 a	0,2 a	0,8 b	0,4 a	0,5 b	0,6 b
PI134417 + lagartas	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
F (G)	2,25 <sup>ns</sup>	2,25 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	6,12*	,30 <sup>ns</sup>	6,00*	9,00*
C.V. (%)	14,89	14,89	20,34	18,45	21,99	20,27	19,65

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Para análise estatística, os dados foram transformados em  $(x + 0,5)^{1/2}$ .

No teste sem chance de escolha para o número médio de ninfas de *P. nigrispinus* atraídos pelos tratamentos, pode-se observar que houve diferença significativa na atratividade com 6; 18 e 24 horas após o início do experimento. O tratamento genótipo suscetível Santa Clara + lagartas de *T. absoluta* foi o mais atrativo, diferenciando-se significativamente dos demais tratamentos (Tabela 2).

**Tabela 3:** Número médio ( $\pm$ EP) de adultos de *Podisus nigrispinus* atraídos pelos diferentes tratamentos em intervalos de tempo após a liberação, em teste com e sem chance de escolha

Com Chance de Escolha							
Genótipos	Minutos						
	1	3	5	10	15	30	
Santa Clara	0,0 a	0,0 a	0,2 a	0,1 a	0,1 a	0,0 a	
PI134417	0,0 a	0,2 a	0,0 a	0,0 a	0,1 a	0,0 a	
Santa C. + lagartas	0,0 a	0,1 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	0,7 b	
PI134417 + lagartas	0,1 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	
F (G)	1,00 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	7,89*	
C.V. (%)	11,37	19,00	23,33	18,29	20,96	23,52	
Genótipos	Horas						
	1	2	3	6	12	18	24
Santa Clara	0,3 ab	0,4 a	0,5 ab	0,5 a	0,2 ab	0,2 a	0,2 ab
PI134417	0,0 a	0,0 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,1 a
Santa C. + lagartas	0,9 b	0,6 a	0,8 b	0,5 a	0,5 b	0,5 a	0,7 b
PI134417 + lagartas	0,1 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
F (G)	4,56*	2,81 <sup>ns</sup>	5,59*	4,28 <sup>ns</sup>	4,90*	2,83 <sup>ns</sup>	5,36*
C.V. (%)	30,77	29,20	27,13	25,71	21,90	27,25	25,12
Sem Chance de Escolha							
Genótipos	Minutos						
	1	3	5	10	15	30	
Santa Clara	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	
PI134417	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	
Santa C. + lagartas	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,1 a	0,1 a	
PI134417 + lagartas	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	
F (G)	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	
C.V. (%)	11,37	11,37	11,37	11,37	15,79	15,79	
Genótipos	Horas						
	1	2	3	6	12	18	24
Santa Clara	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
PI134417	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Santa C. + lagartas	0,1 a	0,2 a	0,1 a	0,2 a	0,3 b	0,2 a	0,1 a
PI134417 + lagartas	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,1 a
F (G)	0,67 <sup>ns</sup>	2,25 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	3,86*	2,25 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	15,79	14,89	11,37	18,29	16,76	14,89	15,79

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Para análise estatística, os dados foram transformados em  $(x + 0,5)^{1/2}$ .

Analisando-se os resultados obtidos no experimento de adultos de *P. nigrispinus* atraídos pelos tratamentos em teste com chance de escolha, pode-se constatar que houve diferenças significativas aos 30 minutos, 1; 2; 3; 12 e 24 horas, em que o tratamento do genótipo Santa Clara + lagartas de *T. absoluta* diferenciou-se dos tratamentos contendo o genótipo resistente PI134417 (com e sem lagarta), sendo que o

número médio de insetos atraídos no genótipo resistente foi zero, na maioria das avaliações (Tabela 3).

No teste sem chance de escolha para o número médio de adultos de *P. nigrispinus* atraídos pelos tratamentos, pode-se observar que houve diferença significativa na atratividade na avaliação de 12 horas após o início do experimento, destacando-se novamente o tratamento genótipo suscetível Santa Clara + lagartas de *T. absoluta* como mais atrativo (Tabela 3).

Coelho *et al.* (2008) estudaram o comportamento de *P. nigrispinus* e observaram preferência dos predadores por plantas de algodoeiro infestadas com *Alabama argillacea* (HÜBNER, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) em detrimento às plantas sem infestação. Os resultados foram semelhantes ao desta pesquisa, que mostraram a preferência de *P. nigrispinus* pelo material suscetível de tomateiro (Santa Clara) contendo lagartas em relação ao folíolo sem lagartas.

Segundo Pfannestiel *et al.* (1994), percevejos predadores, em geral, podem localizar as presas através de suas fezes, por sinais visuais a pequenas distâncias ou por estímulos vibratórios, emitidos durante o processo de alimentação da lagarta na superfície foliar.

Cavalcanti *et al.* (2000) constataram que o predador *P. nigrispinus* pode localizar lagartas de *Thyriniteina arnobia* (STOLL, 1972) (Lepidoptera: Geometridae) combinando sinomônio da planta hospedeira e cairomônios das fezes e do corpo da presa.

Os dados apresentados neste experimento mostraram a preferência de *P. nigrispinus* por folíolos do genótipo suscetível com a presença de lagartas de *T. absoluta* que se alimentavam desse material. Sendo assim as lagartas emitiam odores do corpo e das fezes e estímulos vibratórios, porém esses sinais também foram emitidos pelas lagartas que estavam no material resistente, mas, como observado nos dados, os folíolos do genótipo suscetível foram preferidos pelo predador. Bottega *et al.* (2017) relatam que *P. nigrispinus* alimentados com larvas de *T. absoluta* que foram alimentadas no genótipo de tomate resistente (PI134417) não tiveram o desenvolvimento afetado quando não entraram em contato com a planta; na presença da planta resistente, a sobrevivência, a longevidade do adulto, o número de presas larvais consumidas e o comportamento de forrageamento foram impactados negativamente.

Bartlett (2008), estudando a interação entre genótipos resistentes e suscetíveis de soja, o herbívoro *Epilachna varivestis* (MULSANT, 1850) (Coleoptera: Coccinellidae) e o predador *Podisus maculiventris* (SAY, 1832) (Hemiptera: Pentatomidae), verificou que o inimigo natural preferiu se alimentar do besouro mexicano que se alimentou do genótipo suscetível Cobb em comparação ao resistente PI 229358.

Angelini e Boiça Júnior (2009), em experimento avaliando atratividade de *P. nigrispinus* por lagartas de *Dione juno juno* (CRAMER, 1779) (Lepidoptera: Nymphalidae) criadas em folhas de genótipos de maracujazeiros constataram que as lagartas criadas em folhas dos genótipos *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e *Passiflora edulis* foram mais atrativas em relação à cultivar Sul Brasil (*P. edulis* f. *flavicarpa*). Sugeriram que ocorre a presença de cairomônios em lagartas criadas em *P. edulis* e *P. edulis* f. *flavicarpa*, que promovem maior atratividade ao predador.

Dessa forma, pelo teste de atratividade, constatou-se que o genótipo resistente (PI134417) possui um efeito repelente em *P. nigrispinus*, levando-o a locomover-se

contrariamente a esse genótipo. Isso foi constatado tanto pelos dados obtidos (Tabela 2 e 3) quanto pelas observações visuais durante as avaliações. Esse fato pode estar diretamente relacionado aos exsudados presentes nos tricomas glandulares desse genótipo (Tabela 1), também observados por Fancelli *et al.* (2005) e Oliveira *et al.* (2012).

Toscano *et al.* (2003) estudaram o comportamento de *Chrysoperla externa* (HAGEN, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em genótipos de tomateiro infestados com ovos de *Bemisia tabaci* (GENNADIUS, 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em laboratório e constataram grande dificuldade de as larvas de 1º instar explorarem plantas dos genótipos selvagens (*S. habrochaites*: PI 127826, PI 127827 e PI 134417) em busca da presa, sendo muitas vezes interrompidas por tricomas.

Estudos de atratividade são importantes para entender a relação entre a planta, a praga e os inimigos naturais e o efeito que a planta pode causar no inimigo natural, como observou-se neste experimento.

#### 4 CONCLUSÕES

O genótipo PI134417 propicia repelência em ninfas e adultos de *P. nigrispinus*.

Os tricomas glandulares presentes em PI134417 são provavelmente a causa da repelência de *P. nigrispinus* por esse genótipo.

#### REFERÊNCIAS

ALBA, J. M.; MONTSERRAT, M.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R. Resistance to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) by acylsucroses of wild tomato (*Solanum pimpinellifolium*) trichomes studied in a recombinant inbred line population. **Exp Appl Acarol.**, [S. l.], v. 47, n. 1, p. 35-47, 2009.

ANGELINI, M. R.; BOIÇA JÚNIOR, A. L. Capacidade predatória e atratividade de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) por lagartas de *Dione juno juno* (Cramer, 1779) (Lepidoptera: Nymphalidae) criadas em folhas de genótipos de maracujazeiros. **Ceres**, [S. l.], v. 56, n. 1, p. 25-30, 2009.

BARTLETT, R. Negative interactions between chemical resistance and predators affect fitness in soybeans. **Ecological Entomology**, [S. l.], v. 33, n. 5, p. 673-678, 2008.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; BOTTEGA, D. B.; LOURENCAO, A. L.; RODRIGUES, N. E. L. Não preferência para oviposição e alimentação por *Tuta absoluta* (Meyrick) em genótipos de tomateiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, [S. l.], v. 79, n. 4, p. 541-548, 2012.

BOTTEGA, D. B.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; SOUZA, B. H. S.; LOURENCAO, A. L. Aspectos biológicos de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) criada em folhas de diferentes genótipos de tomate. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 139-148, 2015.



BOTTEGA, D. B.; SOUZA, B. H. S.; LOBATO, N. E.; EDUARDO, W. I.; BARBOSA, J. C. Os genótipos de tomate resistentes e susceptíveis têm efeitos diretos e indiretos sobre *Podisus nigrispinus* que se projeta em larvas de *Tuta absoluta*. **Biological Control**, [S. l.], v. 106, p. 27-37, 2017.

CAVALCANTI, M. G.; VILETA, E. F.; EIRAS, A. E.; ZANUNCIO, J. C.; PIKANÇO, M. C. Interação tritrófica entre *Podisus nigrispinus* (Dallas) Heteroptera: Pentatomidae), *Eucaplytus* e lagartas de *Trypintea arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae): I visitação. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 697-703, 2000.

COELHO, R. R.; ARAÚJO JÚNIOR, J. M.; TORRES, J. B. Comportamento de predação de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) em função da disponibilidade de alimento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 4, p. 463-470, 2008.

DE JESUS, F. G.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; ALVES, G. C. S.; ZANUNCIO, J. C. Behavior, Development, and Predation of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Fed Transgenic and Conventional Cotton Cultivars. **Annals of the Entomological Society of America**, [S. l.], v. 107, p. 601-606, 2014.

FANCELLI, M.; VENDRAMIM, J. D.; FRIGHETTO, R. T. S.; LORENÇÃO, A. L. Exsudado glandular de genótipos de tomateiro e desenvolvimento de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Sternorrhyncha: Aleyrodidae) biótipo B. **Neotropical Entomology**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 659-665, 2005.

LIETTI, M. M. M. *et al.* Resistência a inseticidas em populações argentinas de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 113-119, 2005.

LUCKWILL, L. C. **The genus *Lycopersicon***: an historical, biological, and taxonomical survey of the wild and cultivated tomatoes. Aberdeen, University Press, 1943. 44 p.

MACIEL, G. M.; MALUF, W. R.; SILVA, V. F.; GONÇALVES NETO, A. C.; GOMES, L. A. A. Híbridos pré-comerciais resistentes a *Tuta absoluta* obtidos de linhagem de tomateiro rica em acilglicóis. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 333-339, 2011.

OLIVEIRA, J. E. M.; DE BORTOLI, S. A.; MIRANDA, J. E.; TORRES, J. B.; ZANUNCIO, J. C. Predação por *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: pentatomidae) sob efeito da densidade de *Alabama argillacea* (Lepidoptera: noctuidae) e idades do algodoeiro. **Científica**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 1-9, 2008.

OLIVEIRA, C. M.; ANDRADE JUNIOR, V. C.; MALUF, W. R.; NEIVA, I. P.; MACIEL, G. M. Resistência de linhagens de tomateiro à *Tuta absoluta* traça transmitido por aleloquímicos e densidade de tricomas. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 45-52, 2012.

PFANNESTIEL, R. S.; HUNT, R. E.; YEARGAN, K. V. Orientation of a hemipteran predator to vibrations produced by feeding caterpillars. **Journal of Insect Behavior**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 1-9, 1994.

SILVA, A. G.; SOUZA, B. H. S.; RODRIGUES, N. E. L.; BOTTEGA, D. B.; BOIÇA JÚNIOR, A. L. Interação Tritrófica: aspectos gerais e suas implicações no manejo integrado de pragas. **Nucleus**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 35-48, 2012.

SOGLIA, M. C. M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V.; RODRIGUES, S. M. M.; LEDO, C. A. S. Desenvolvimento e parasitismo de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) e *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) em *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em duas cultivares de crisântemo. **Neotropical Entomology**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 364-370, 2006.

TOSCANO, L. C.; AUDAD, A. M.; FIGUEIRA, L. K. Comportamento de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) em genótipos de tomateiro infestados com ovos de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo b em laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, [S. l.], v. 70, n. 1, p. 117-121, 2003.

# Aplicação foliar de potássio, fósforo e magnésio na fase reprodutiva da cultura de soja

*Foliar application of potassium, phosphorus,  
and magnesium in the reproductive phase of soy crop*

GUSTAVO CEARENCE MORAES

Discente de Agronomia (UNIPAM)  
E-mail: gustavocearence123@gmail.com

LUÍS HENRIQUE SOARES

Engenheiro Agrônomo e Doutor em Fitotecnia  
E-mail: luishs@unipam.edu.br

DULCÉLIO HENRIQUE LANA

Engenheiro Agrônomo (UFV)  
E-mail: dulcelioufv@gmail.com

ANA GABRIELA NUNES PEREIRA

Discente de Agronomia (UNIPAM)  
E-mail: annagabnunesp@gmail.com

MATHEUS DA SILVA CARDOSO

Discente de Agronomia (UNIPAM)  
E-mail: matheusddscardoso@gmail.com

---

**Resumo:** A fase decisiva para alta produtividade compreende o enchimento de grãos (R<sub>5</sub>) por ser um período de rápido acúmulo de matéria seca e nutrientes nos grãos. Objetivou-se no trabalho avaliar o efeito da aplicação foliar de fósforo (P), magnésio (Mg) e potássio (K) na fase reprodutiva em parâmetros bioquímicos, fenométricos e produtividade da cultura da soja. O experimento foi realizado no campus da COOPADAP no Rio Paranaíba (MG), juntamente com Laboratório NUFEP em Patos de Minas (MG), entre outubro de 2018 e fevereiro de 2019. Os tratamentos foram: T<sub>1</sub>: controle; T<sub>2</sub>: P (3,0 kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>3</sub>: K (3,0 kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>4</sub>: Mg (2,5 kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>5</sub>: P+K (3,0+2,5kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>6</sub>: P+Mg (3,0+2,5kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>7</sub>: K+Mg (3,0+2,5 kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>8</sub>: P+K+Mg (3,0+3,0+2,5 kg ha<sup>-1</sup>). O delineamento foi DBC, em esquema fatorial 8x2, com duas cultivares: C<sub>1</sub>: M6210 IPRO e C<sub>2</sub>: TMG 7063 IPRO com quatro repetições. Foram realizadas avaliações 15 dias após as aplicações de peroxidação lipídica (PL), invertase ácida (IA), °brix, massa seca de vagens (MSV), número de vagens (NV), massa de grãos e produtividade (PROD). Observando-se os resultados de (PL) na cultivar (C<sub>1</sub>), a maior redução foi visto no T<sub>6</sub>, já (C<sub>2</sub>) o T<sub>6</sub> teve a maior redução. Analisando-se a atividade (IA) na (C<sub>1</sub>), o T<sub>4</sub> foi superior aos demais tratamentos, enquanto na (C<sub>2</sub>) o T<sub>6</sub> teve o maior acréscimo em relação ao controle. O °brix não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e entre as cultivares. Em (NV) no estrato inferior, o T<sub>4</sub> foi superior na (C<sub>1</sub>), embora na (C<sub>2</sub>) não houve diferença estatística, embora, avaliando estrato médio e superior nas duas cultivares, não houve diferença estatística. Finalmente, avaliando (MSV) no estrato médio, o T<sub>4</sub>

na (C<sub>1</sub>) proporcionou aumento, enquanto, na (C<sub>2</sub>) no T<sub>3</sub> maior resposta, no estrato médio o T<sub>4</sub> na (C<sub>1</sub>) teve maior incremento, já na (C<sub>2</sub>) o T<sub>8</sub> teve maior respondível, por fim no estrato superior na (C<sub>1</sub>) o T<sub>6</sub> apresentou aumento, na (C<sub>2</sub>) o T<sub>4</sub> obteve o maior incremento. Em relação à produtividade, na (C<sub>1</sub>) o T<sub>8</sub> sobressaiu, já na (C<sub>2</sub>) o T<sub>6</sub> apresentou o maior ganho.

**Palavras-chave:** Sinalizadores. Translocação de sacarose. Nutrientes via folha.

**Abstract:** The decisive phase for high yields comprises grain filling (R5) because it is a period of rapid accumulation of dry matter and nutrients in the grains. This study aimed to evaluate the effect of foliar application of phosphorus (P), magnesium (Mg), and potassium (K) during the reproductive phase on the biochemical, phenometric, and yield parameters of soy. The experiment was conducted at the COOPADAP campus in Rio Paranaíba (MG), with NUFEP Laboratory in Patos de Minas (MG), between October 2018 and February 2019. The treatments were: T<sub>1</sub>: control; T<sub>2</sub>: P (3,0 kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>3</sub>: K (3,0 kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>4</sub>: Mg (2,5 kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>5</sub>: P + K (3,0 + 2,5 kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>6</sub>: P + Mg (3,0 + 2,5 kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>7</sub>: K + Mg (3,0 + 2,5 kg ha<sup>-1</sup>); T<sub>8</sub>: P + K + Mg (3,0 + 3,0 + 2,5 kg ha<sup>-1</sup>). The design was a DBC, in an 8x2 factorial scheme, with two cultivars: C<sub>1</sub>; M6210 IPRO and C<sub>2</sub>; TMG 7063 IPRO with four repetitions. After 15 days, were performed evaluations of lipid peroxidation (LP), acid invertase (AI), °brix, pod dry mass (MSV), pod number (NV), grain mass, and yield (PROD). For results of (PL) in cultivars (C<sub>1</sub>) and (C<sub>2</sub>) the largest reduction to control was seen in T<sub>6</sub>. Analyzing the activity (AI) in (C<sub>1</sub>), T<sub>4</sub> was superior to the others, while in (C<sub>2</sub>) T<sub>6</sub> had the increase in relation to the control. °brix showed no significant difference between treatments and cultivars. In (NV), T<sub>4</sub> was superior in the lower stratum (C<sub>1</sub>), and there was no statistical difference in (C<sub>2</sub>), although there was no statistical difference in the evaluation of the middle and upper strata in either variety. In the evaluation (MSV) in the middle layer, T<sub>4</sub> in (C<sub>1</sub>) provided an increase, while T<sub>3</sub> in (C<sub>2</sub>) showed the largest response, in the middle layer T<sub>4</sub> in (C<sub>1</sub>) had the greatest increment, already in (C<sub>2</sub>) T<sub>8</sub> had the largest response, and finally in the upper stratum in (C<sub>1</sub>) T<sub>6</sub> showed an increase, in (C<sub>2</sub>) T<sub>4</sub> received the largest increase. As for productivity, in (C<sub>1</sub>) T<sub>8</sub> stood out, while in (C<sub>2</sub>) T<sub>6</sub> showed the greatest increase.

**Keywords:** Flags. Sucrose translocation. Nutrients via leaf.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a integrante da família *fabaceae* mais cultivada em todo o mundo, sendo o Brasil um dos maiores produtores dessa oleaginosa. Apesar disso, a média nacional de produtividade dessa cultura é relativamente baixa, chegando a valores de 3.206 kg ha<sup>-1</sup> na safra 18/19, segundo dados da CONAB (2018). Diante disso, podendo alcançar 4.200 kg ha<sup>-1</sup> amenizando fatores como as condições do ambiente de cultivo, temperatura, regime hídrico, fotoperíodo, fatores químicos e físicos do solo, competição com outras plantas e estresses bióticos e abióticos contribuem para essa depleção da produtividade (SOARES, 2013).

Dessa forma, tem sido observada no campo a aplicação de nutrientes via folha, com o objetivo de minimizar os problemas recorrentes no campo e já citados anteriormente. Normalmente, as aplicações foliares são utilizadas quando o fornecimento via solo é ineficiente ou, em alguns casos, busca-se o enriquecimento nutricional dos frutos produzidos. Ademais, tem sido observado que a aplicação de nutrientes via folha pode causar estímulos fisiológicos nas plantas que podem contribuir para o incremento da produtividade.

Em relação à absorção foliar, os íons são classificados em móveis, imóveis e pouco móveis. Móveis são rapidamente absorvidos e são transportados para outras áreas da folha e para demais parte do vegetal. Em relação ao fósforo (P), ao potássio (K) e ao magnésio (Mg), suas funções fisiológicas se relacionam ao fornecimento de energia, ativação e sinalização de diversas células. O P constitui a moeda universal ATP (adenosina trifosfato), que está contida nas ligações químicas entre os fosfatos. Quando há quebra dessas ligações, ocorre o fornecimento de energia, ativação e sinalização de partículas. Sua aplicação está diretamente ligada à sinalização e não na atenuação da deficiência que a planta expressou. Eventualmente, seu efeito está ligado de forma expressiva na ativação enzimática e na potencialização de sinais em proteínas quinases que, em situações de estresse por temperatura, nutrientes e patógenos, são ativadas. Além disso, seu efeito no transporte de açúcares durante o enchimento de grãos é observado após a aplicação foliar (FAGAN *et al.*, 2016).

Além disso, o potássio (K) tem sido bastante utilizado, visto as suas funções durante o armazenamento de reservas nos grãos. O K atua na ativação da ATPase devido ao seu efeito no balanço de carga. Dessa forma, a síntese de ATP está diretamente ligada à disponibilidade de potássio. Portanto, o transporte de energia da fonte para o dreno durante o enchimento dos grãos depende do potássio, o que pode influenciar a produtividade e a qualidade dos frutos colhidos (MARSCHNER, 2012). Já o magnésio é um elemento essencial para as plantas, sendo um constituinte da molécula de clorofila e atuando na fosforilação, translocação de fotoassimilados e na ativação de múltiplas enzimas, como glutatona sintetase e fosfoenolpiruvato (PEP), carboxilase. Atua ainda no controle do pH nas células e no balanço de cargas, além de ser um constituinte dos ribossomos e cromossomos (CAMMARANO *et al.*, 1972).

Como a soja é um item básico na economia, tecnologias que visam obter melhores resultados para o desenvolvimento da planta são imprescindíveis. Assim sendo, o desenvolvimento do estudo da aplicação de fertilizantes foliares relacionando a potencialização de fatores fenológicos e fisiológicos testa essa busca por melhores resultados.

Diante disso, os fertilizantes foliares à base de macronutrientes têm a capacidade de potencializar os estádios fenológicos da planta, como a época de enchimento de grãos (R<sub>5</sub>). Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da aplicação foliar de fósforo, magnésio e potássio na fase reprodutiva em parâmetros bioquímicos, fenométricos e produtividade da cultura de soja.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 LOCAL

O ensaio foi conduzido na área experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), localizada no estado de Minas Gerais, na região do Alto Paranaíba, município de São Gotardo, no período de outubro de 2018 até fevereiro de 2019. O local, segundo a classificação de Köppen e Geiger, apresenta um clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1540 mm, sendo a temperatura média anual igual a 20 °C (PEEL *et al.*, 2007).

As avaliações fisiológicas, fenométricas e produtivas foram realizadas no Laboratório do Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) em Patos de Minas (MG).

## 2.2 CULTURA, INSTALAÇÕES E TRATOS CULTURAIS

A cultura selecionada foi a soja [*Glycine max* (L.) Merrill], semeada durante o mês de outubro de 2018. Foram realizadas adubações com cloreto de potássio e fosfato monoamônico de acordo com as necessidades da cultura. Os manejos de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizados de acordo com as necessidades determinadas durante o monitoramento da cultura.

## 2.3 TRATAMENTOS UTILIZADOS

O delineamento experimental foi feito por meio de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 8x2 composto por duas cultivares (M6210 IPRO e TMG 7063 IPRO) e oito tratamentos (Tabela 1) com quatro repetições, totalizando 64 unidades experimentais. Cada parcela experimental foi composta por seis linhas de sete metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,5 m, totalizando 21 m<sup>2</sup>. A área útil de cada parcela foi constituída pelas linhas centrais, descartando 0,5 m em cada extremidade da parcela. A área total do experimento foi de 1344 m<sup>2</sup>.

**Tabela 1:** Descrição dos tratamentos utilizados no ensaio após aplicação foliar de potássio, fósforo e magnésio na fase reprodutiva da cultura de soja. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG). Safra: 2018/19

Tratamentos	Produto	Épocas de aplicação	Dose (kg ha <sup>-1</sup> )
T <sub>1</sub>	Controle	-	-
T <sub>2</sub>	Fósforo* (P)	R <sub>5.1</sub>	3,0
T <sub>3</sub>	Potássio** (K)	R <sub>5.1</sub>	3,0
T <sub>4</sub>	Magnésio*** (Mg)	R <sub>5.1</sub>	2,5
T <sub>5</sub>	P + K	R <sub>5.1</sub>	3,0 + 2,5
T <sub>6</sub>	P + Mg	R <sub>5.1</sub>	3,0 + 2,5
T <sub>7</sub>	K + Mg	R <sub>5.1</sub>	3,0 + 2,5
T <sub>8</sub>	P + K + Mg	R <sub>5.1</sub>	3,0 + 3,0 + 2,5

\*MAP purificado. \*\* KNO<sub>3</sub>. \*\*\* MgSO<sub>4</sub>.

As aplicações foliares foram realizadas no estágio R<sub>5.1</sub> com pulverizador costal propelido a CO<sub>2</sub>. A barra utilizada contém seis bicos tipo leque, perfazendo 3,25 m de comprimento e com pressão de 2 bar. Para todas as aplicações, foi utilizado volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Após aplicação foliar de potássio, fósforo e magnésio na fase reprodutiva, foram realizadas as respectivas avaliações após 21 dias de seu uso.

## 2.4 PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDIOS

Foi determinada de acordo com a técnica de Heath e Packer (1968), citada por Rama Devi e Prasad (1998). Material vegetal (200 mg) liofilizado em nitrogênio líquido foi homogeneizado em 5 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) 10%. Em seguida, o conteúdo foi transferido para tubos de ensaio com rosca e papel filme e incubado em banho Maria a 90°C por 1 h. Após resfriamento, o homogeneizado foi centrifugado a 10.000 x g por 15 minutos à temperatura ambiente e, em seguida, o sobrenadante coletado de cada amostra foi submetido a leituras de absorvância em espectrofotômetro na faixa de 560 e 600 nm. Os resultados foram expressos em nmol de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) por grama de matéria fresca. A peroxidação lipídica foi realizada aos 15 dias após a aplicação dos tratamentos.

## 2.5 ATIVIDADE DE INVERTASE ÁCIDA

A atividade da invertase ácida foi realizada seguindo a metodologia descrita por Cairo *et al.* (2005). As folhas foram maceradas com nitrogênio líquido e pesados 100 mg em balança analítica e colocados em tubos falcon de 10 mL contendo 2 mL de tampão para extração. O tampão de extração foi composto por 200 µL de tampão de acetato de sódio pH 4,7 (1,0 M), 100 µL de MgCl<sub>2</sub> (0,1 M) e 400 µL de sacarose (1,0 M); o restante do volume foi completado para 2 mL, com água destilada. As amostras foram colocadas em banho-maria a 37° C, durante 70 minutos. Foram retirados 100 µL de cada amostra, aos 10 e 70 minutos (intervalo de 1 hora), e colocados em tubos falcon contendo 200 µL de uma solução obtida pelo método dinitrosalicílico (DNS) e 100 µL de água, imediatamente submetidos à fervura (100° C), por 10 minutos. Posteriormente, o volume foi completado com água até 2 mL. Por fim, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 540 nm. A atividade da enzima foi calculada por meio da curva padrão obtida com glicose. A avaliação de atividade de invertase foi realizada aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos.

## 2.6 °BRIX

Para o teor de sólidos solúveis totais (SST), foram maceradas cerca de 5,0 g de folhas frescas homogeneizadas em álcool, e 50 µL do macerado foram transferidos para o prisma do refratômetro digital (Instrutherm, RT-30ATC, São Paulo, Brasil).

## 2.7 MASSA DE MATÉRIA SECA DE VAGENS

A determinação de massa de matéria seca de vagens foi realizada no estádio R<sub>6</sub>. As determinações de massa de matéria seca foram realizadas utilizando quatro para cada repetição. As partes foram acondicionadas, separadamente, em sacos de papel, e a secagem das diferentes partes da planta foi realizada utilizando-se do método padrão de secagem em estufa com circulação de ar forçada e com temperatura de 65°C, até peso constante.

## 2.8 PRODUTIVIDADE

A produtividade foi quantificada por meio da colheita manual das plantas considerando as três fileiras centrais. Foi descartado 0,5 m em cada extremidade. Foi determinado o teor de água dos grãos e efetuado o cálculo da produtividade (produção por unidade de área) com o teor de água corrigido para 13% ( $0,13 \text{ g g}^{-1}$ ). Para pesagem dos grãos, foi utilizada uma balança digital com precisão de 0,01 gramas.

## 2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR® (FERREIRA, 1998). Foi realizada análise de variância em fatorial. As comparações entre as médias foram realizadas por meio do desvio padrão e teste de Tukey a 5% significância.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDIOS (PL)

Avaliando-se a peroxidação de lipídios nos tratamentos na variedade cultivada M6210 IPRO, não houve diferença estatística, mas nota-se que todos os tratamentos reduziram PL em relação ao controle, sendo a maior redução de 32,73% no tratamento com uso de fósforo (P) + magnésio (Mg) em relação ao controle. Entretanto, na variedade TMG 7063 IPRO, houve diferença estatística entre os tratamentos, com destaque para uso de (P)+(Mg) com redução de 28,78% em comparação ao controle. Ao se avaliar o efeito entre as variedades cultivadas, nas médias, a M6210 IPRO (grupo de maturação 6.2) apresentou redução de 29,11% na peroxidação de lipídios em relação à TMG 7063 IPRO (grupo de maturação 7.0) (Tabela 2).



**Tabela 2:** Peroxidação lipídica (PL, nmol [TBARS] g<sup>-1</sup> MF]) após (20 DAA) a aplicação foliar de potássio, fósforo e magnésio na fase reprodutiva da cultura de soja. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG). Safra: 2018/19

Tratamentos	Peroxidação lipídica (nmol [TBARS] g <sup>-1</sup> [MF])		
	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média
Controle	99,97aA	121,75abA	110,86
Fósforo (P) (MAP)	84,82aB	117,10abA	100,96
Potássio (K) (KNO <sub>3</sub> )	75,67aB	136,08aA	105,88
Magnésio (Mg) (MgSO <sub>4</sub> )	76,08aB	105,03abA	90,56
P + K	93,55aB	125,63aA	109,59
P + Mg	67,24aA	86,71bA	76,98
K + Mg	84,23aB	138,82aA	111,53
P + K + Mg	89,53aB	115,65abA	102,59
Média	83,89	118,34	-
cv (%)	15,71		
Dms:	35,69*; 22,62**		

\* Letras maiúsculas se referem à comparação entre as variedades cultivadas, dentro de cada tratamento, individualmente, enquanto letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos, dentro de cada variedade cultivada, pelo teste de Tukey a 5% significância. ns: não significativo. Dms para tratamentos \*, para os fatores \*\*

Segundo Fagan *et al.* (2016), a elevada taxa de lipoperoxidação pode induzir efeitos deletérios para as células vegetais, isso porque as espécies reativas que induzem esse processo atuam em ácidos graxos de membrana, resultando na perda de rigidez, integridade e permeabilidade. Esse processo produz compostos carbonílicos como o malondialdeído.

No trabalho realizado por Soares (2016), foi observado que uma cultivar com grupo de maturação 7.1 obteve menor nível de peroxidação lipídica. Diante disso, os resultados observados na variedade TMG 7063 IPRO apresentaram comportamento similar, mesmo sendo do grupo de maturação 7.0 (Tabela 2).

### 3.2 ATIVIDADE DE INVERTASE ÁCIDA

Analisando-se a atividade da invertase ácida na variedade M6210 IPRO, houve diferença estatística, porém todos os tratamentos foram inferiores ao controle. No entanto, as menores reduções foram proporcionadas pelos tratamentos com uso de (P) e (Mg) isolados, P + Mg e P + K + Mg. Na variedade TMG 7063 IPRO, constou-se diferença estatística, sendo que se sobressaíram em relação ao controle os tratamentos que utilizaram (Mg) e (P) + (Mg) com incremento de 205,93 e 227,96% em relação ao controle, respectivamente. Quanto ao efeito nas variedades cultivadas analisadas, na média, todos os tratamentos na TMG 7063 IPRO (grupo de maturação 7.0) foram superiores a M6210 IPRO (grupo de maturação 6.2), com incremento médio de 93,93 % na atividade de invertase, exceto para o controle. Nesse tratamento, a variedade cultivada TMG 7063 IPRO foi 41,0% inferior à variedade cultivada M6210 IPRO (Tabela 3).

APLICAÇÃO FOLIAR DE POTÁSSIO, FÓSFORO E MAGNÉSIO  
NA FASE REPRODUTIVA DA CULTURA DE SOJA

**Tabela 3:** Atividade de invertase ácida após aplicação foliar de potássio, fósforo e magnésio na fase reprodutiva da cultura de soja. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG). Safra: 2018/19

Tratamentos	Invertase ácida (mg g <sup>-1</sup> MF)		
	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média
Controle	4,0 aA	2,36 cB	3,18
Fósforo (P) (MAP)	3,27 abB	4,64 bA	3,96
Potássio (K) (KNO <sub>3</sub> )	1,64 bcdA	2,38 cA	2,01
Magnésio (Mg) (MgSO <sub>4</sub> )	3,02 abB	7,22 aA	5,12
P + K	0,64 dB	3,56 bcA	2,10
P + Mg	2,32 abcdB	7,74 aA	5,03
K + Mg	0,94 cdB	4,52 bA	2,73
P + K + Mg	2,58 abcA	3,43bA	3,01
Média	2,31	4,48	-
Cv (%)	25,02		
Dms:	1,91*;1,21**		

\* Letras maiúsculas se referem à comparação entre as variedades cultivadas, dentro de cada tratamento, individualmente, enquanto, letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos, dentro de cada variedade cultivada, pelo teste de Tukey a 5% significância. ns: não significativo. Dms para tratamentos \*, para os fatores \*\*.

Diante disso, o comportamento da atividade de invertase ácida pode estar relacionado ao material genético e grupo de maturação das variedades utilizadas. Na variedade M6210 IPRO, a menor atividade de invertase ácida pode estar relacionada com sua arquitetura. Por ser uma variedade de alto engalhamento, porte semiereto e menor grupo de maturação, além do maior número de vagens, pode contribuir para menor atividade da enzima em relação à cultivar TMG 7063 IPRO (Tabela 2). Diante dos resultados utilizando as aplicações foliares de (P), (Mg) e (P)+(Mg), os dois nutrientes acarretaram maior translocação de sacarose, sinalização e ativação de várias enzimas melhorando a eficiência de sacarose para fruto.

Em muitas plantas, a sacarose é o principal açúcar transportado. A utilização da sacarose como fonte de carbono e energia depende da sua quebra em hexoses, seja pela sacarose sintase ou pelas invertases. As invertases ácidas estão diretamente relacionadas com a partição e armazenamento de carbono em órgãos dreno. As invertases da parede celular são consideradas enzimas chave no descarregamento de sacarose e balanço da relação fonte/dreno nas plantas, por fornecer carboidratos para os órgãos dreno pela via apoplástica. No entanto, as invertases neutras estão mais relacionadas à regulação dos níveis de glicose e frutos intracelular em tecidos maduros, em que a atividade da sacarose sintase é baixa, fornecendo energia para os processos metabólicos celulares (FOTOPOULOS, 2005). Dessa forma, os tratamentos que apresentaram maior atividade de invertases possivelmente continham maior nível de carboidratos sendo direcionados para os frutos, o que pode repercutir na produtividade.

### 3.3 °BRIX

Quanto ao teor de sólidos solúveis totais (SST), verificou-se que não houve interação e diferença entre os tratamentos dentro de cada cultivar. Para as cultivares, em média, a M6210 IPRO foi 1,4% superior a TMG 7063 IPRO (Tabela 4). O °brix é uma medida indireta que está relacionada ao teor de sólidos solúveis dissolvidos em água, baseando-se nas mudanças de índice de refração da solução. É uma medida amplamente utilizada na qualificação tecnológica do caldo de cana (CONSECANA, 2006) não especificando qual açúcar está presente.

**Tabela 4:** Teor de sólidos solúveis totais (°brix) após aplicação foliar de potássio, fósforo e magnésio na fase reprodutiva da cultura de soja. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG). Safra: 2018/19

Tratamentos	Sólidos solúveis totais (°brix)		
	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média
Controle	17,31aA	17,98aA	17,65
Fósforo (P) (MAP)	17,68aA	18,06aA	17,87
Potássio (K) (KNO <sub>3</sub> )	17,67aA	17,93aA	17,80
Magnésio (Mg) (MgSO <sub>4</sub> )	17,91aA	17,95aA	17,93
P + K	17,77aA	17,88aA	17,83
P + Mg	17,80aA	17,91aA	17,86
K + Mg	17,55aA	17,43aA	17,49
P + K + Mg	17,55aA	18,05aA	17,80
Média	17,66	17,90	-
Cv (%)	1,62		
Dms:	0,64*,0,40**		

\* Letras maiúsculas se referem à comparação entre as variedades cultivadas, dentro de cada tratamento, individualmente, enquanto letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos, dentro de cada variedade cultivada, pelo teste de Tukey a 5% significância. ns: não significativo. Dms para tratamentos \*, para os fatores \*\*.

### 3.4 MASSA DE MATÉRIA SECA DE VAGENS

Em relação à massa de matéria seca de vagens no estrato inferior, houve diferença estatística na variedade cultivada M6210 IPRO. Nesse caso, constatou-se que na aplicação de (Mg) isolado, causou incremento de 144,44 % em relação ao controle (Tabela 5), enquanto na variedade TMG 7063 IPRO, a utilização de (K) isolado teve um acréscimo de 161,90 % em comparação ao controle. Em relação ao efeito entre as variedades cultivadas, na média de todos os tratamentos, a M6210 IPRO (grupo de maturação 6.2) apresentou aumento de 66,66% na massa de matéria seca de vagens em relação a TMG 7063 IPRO (grupo de maturação 7.0). Entretanto o mesmo desempenho não foi observado nos tratamentos (K), (P+K) e controle, onde a variedade cultivada M6210 IPRO apresentou 43,24;40,00 e 16,66% inferior à variedade cultivada TMG 7063 IPRO (Tabela 5).

Avaliando-se o estrato médio na planta, houve diferença estatística. Na variedade cultivada M6210 IPRO, notou-se que o tratamento com uso de (Mg) isolado

obteve o maior incremento de 6,13 % em relação ao controle. Já na variedade cultivada TMG 7063 IPRO, houve diferença estatística, tendo como destaque para uso de (P+K+Mg) um acréscimo de 23,18%. Ao se avaliar o efeito entre as variedades cultivadas, na média de todos os tratamentos, a variedade M6210 IPRO (grupo de maturação 6.2) apresentou aumento de 76,17 % na massa de matéria seca de vagens em relação a TMG 7063 IPRO (grupo de maturação 7.0). Mesmo desempenho foi observado no controle, onde a variedade cultivada M6210 IPRO apresentou 100,0% superior à variedade cultivada TMG 7063 IPRO (Tabela 5).

Finalmente, verificando-se a massa de matéria seca de vagens no estrato superior, foi constatado que houve diferença estatística entre os tratamentos na variedade M6210 IPRO, com destaque com uso de (P+Mg) o maior acréscimo de 28,98 % em comparação ao controle. Na variedade TMG 7063 IPRO, houve diferença estatística, sendo que o maior acréscimo de 4,62 % foi com uso de (Mg) em relação ao controle (Tabela 4).

O fósforo (P) tem sido um dos nutrientes mais limitantes da produtividade das culturas; representa várias funções na planta, desde a respiração, fotossíntese, redução na altura da planta, brotação e desenvolvimento de raízes secundárias, atraso na emergência das folhas, na produção de matéria seca e de sementes. O potássio (K) tem um papel fundamental no estágio fenológico da planta, atuando como regulador osmótico e principalmente na fase R<sub>5.1</sub>, onde faz a translocação de açúcares para os grãos. Já o magnésio (Mg) possui a característica de promover o melhoramento no fluxo de sacarose das folhas para o órgão dreno (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em relação ao grupo de maturação nas variedades cultivadas M6210 IPRO (6.2) e TMG 7063 IPRO (7.0), recentemente, Soares (2016) observou que uma cultivar de grupo de maturação 6.7 foi superior em relação à do grupo de maturação 7.1. Outros autores relatam que houve maior taxa de absorção de nitrogênio entre os estádios R<sub>1</sub> e R<sub>5</sub> em cultivares do grupo de maturação III em relação ao V. Sendo assim, podemos afirmar uma resposta significativa às aplicações foliares com uso de macronutrientes para melhorar a eficiência na sinalização de sacarose da folha para a vagem repercutindo em massa de grãos (Tabela 5).

Portanto, os processos que determinam o número de vagens e sementes por área desempenham papel importante na produtividade da cultura (EGLI, 2013). No entanto, o número de sementes e vagens por área tem sido associado com a atividade fotossintética ou a taxa de crescimento da cultura entre os estádios de florescimento (R<sub>1</sub>) e enchimento de grãos (R<sub>5</sub>) (SCHOU; JEFFERS; STREETER, 1978; JIANG; EGLI, 1993; BOARD; TAN, 1995; EGLI, 2010). Dessa forma, sistemas que buscam aumento da produtividade através do aumento do número de nós e vagens, necessariamente, precisam estar associados a condições que potencializem a atividade fisiológica das plantas durante essas fases.

**Tabela 5:** Massa de matéria seca de vagens por estrato (g planta<sup>-1</sup>) após aplicação foliar de potássio, fósforo e magnésio na fase reprodutiva da cultura de soja. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG). Safra: 2018/19

Tratamento	Massa de matéria seca de vagens (g planta <sup>-1</sup> )								
	Estrato inferior			Estrato médio			Estrato superior		
	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média
Controle	0,18 dA	0,21bA	0,20	6,04abA	3,02abcB	4,53	3,66bcdA	3,25abA	3,46
Fósforo (P) (MAP)	0,22 cdA	0,20bcA	0,21	5,28bcA	2,26cB	3,77	3,45cdA	2,50abB	2,98
Potássio (K) (KNO <sub>3</sub> )	0,37abB	0,55aA	0,46	5,66abcA	2,39bcB	4,03	3,99abcdA	2,67abB	3,33
Magnésio (Mg-MgSO <sub>4</sub> )	0,44aA	0,25bB	0,35	6,41aA	3,37abB	4,89	4,15abcA	3,40a	3,78
P + K	0,15dB	0,25bA	0,20	4,59cdA	3,35abcB	3,97	3,20dA	2,83abA	3,02
P + Mg	0,35bA	0,24bB	0,30	3,88dA	2,50cdB	3,19	4,72aA	2,34bB	3,53
K + Mg	0,31bcA	0,11cB	0,21	5,51abcA	3,23abcB	4,27	4,49abA	2,98abB	3,74
P + K + Mg	0,35bA	0,11cB	0,23	4,66cdA	3,72aB	4,19	3,66bcdA	2,97abB	3,32
Média	0,35	0,21	-	5,25	2,98	-	3,92	2,87	-
Cv		14,54			11,83			12,23	
dms	0,87*	0,05**		1,09*	0,69**		0,93*	0,59**	

\* Letras maiúsculas se referem à comparação entre as variedades cultivadas, dentro de cada tratamento, individualmente, enquanto, letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos, dentro de cada variedade cultivada, pelo teste de Tukey a 5% significância. ns: não significativo. Dms para tratamentos\*, para os fatores \*\*.

### 3.5 NÚMERO DE VAGENS

Em relação à avaliação de número de vagens no estrato inferior na variedade cultivada M6210 IPRO, verificou-se que houve diferença estatística. O tratamento com o maior incremento de 24,97% foi (Mg) em relação ao controle, mas, quando é aplicado (K+Mg), verificou-se um acréscimo de 7,66 % diante do controle. No estrato inferior à variedade TMG 7063 IPRO, não houve diferença estatística, apesar de todos os tratamentos serem inferiores ao controle. Quando se observa o efeito entre as duas variedades cultivadas, a M6210 IPRO se mostrou superior à variedade TMG 7063 IPRO na média de todos os tratamentos; a variedade M6210 IPRO apresentou 343,48% de incremento em relação à variedade TMG 7063 IPRO. Embora, avaliando-se o estrato médio na variedade cultivada M6210 IPRO, não houve diferença estatística, mas nota-se um acréscimo de 6,30 % ao aplicar (K+Mg) com relação ao controle. Enquanto, na variedade cultivada TMG 7063 IPRO, não houve diferença estaticamente, mas quando faz o uso de (Mg), apresentou numericamente de 14,11 % em comparação ao controle. Ao avaliar o efeito entre as variedades cultivadas na média de todos os tratamentos, a M6210 IPRO (grupo de maturação 6.2) apresentou aumento de 92,83 % em número de vagens em relação a TMG 7063 IPRO (grupo de maturação 7.0) (Tabela 6).

Finalmente, avaliando-se estrato superior na variedade cultivada M6210 IPRO, verificou-se que não houve diferença estatística, mas o tratamento (P+Mg) foi superior ao controle, apresentando um acréscimo de 6,71 %. Na variedade TMG 7063 IPRO com relação ao estrato superior, não houve diferença estatística, mas foi verificado com uso (P+K+Mg) nas aplicações foliares um incremento de 13,73% em relação ao controle (Tabela 4). Diante disso, os efeitos entre as variedades cultivadas, na média de todos os tratamentos, a variedade TMG 7063 IPRO (7.0) apresentou superioridade de 17,19% em relação à variedade M6210 IPRO (Tabela 6).

Plantas de soja produzem flores em abundância, no entanto, uma grande proporção destas são abortadas antes de se tornarem vagens. Tem sido relatado que entre 40 e 80% das flores e vagens em desenvolvimento inicial produzidas pela soja são abortadas (OHYAMA *et al.*, 2013). Diante disso, em termos nutricionais, a cultura da soja é bastante exigente em nitrogênio (N) sendo fornecido pela fixação biológica (FBN); outros nutrientes como fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) tem sua importância, principalmente nos enchimentos de grãos que são elementos chave para obter uma alta produtividade. A aplicação foliar de (P), segundo Fagan *et al.* (2016), promove estímulos na planta que, ao passar por um período de estresse em que absorção radicular é reduzida, promove a ativação enzimática, além disso promove efeitos no transporte de açúcar durante o enchimento; o (K) para a soja promove o aumento da nodulação, do número de vagens por planta, da porcentagem de vagens com grãos, do tamanho da semente, do teor de óleo da semente e a diminuição do número de grãos enrugados (FAGAN *et al.*, 2016).

**Tabela 6:** Número de vagens por estrato (vagens planta<sup>-1</sup>) após aplicação foliar de potássio, fósforo e magnésio na fase reprodutiva da cultura de soja. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG). Safra: 2018/19

Tratamento	Número de vagens (vagens planta <sup>-1</sup> )								
	Estrato inferior			Estrato médio			Estrato superior		
	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média
Controle	25,31abcA	7,88aB	16,60	40,81aA	19,06aB	29,94	14,00aA	13,63aA	13,82
Fósforo (P) (MAP)	19,56A	4,81B	12,19	34,31aA	15,69aB	25,00	9,50aA	11,19aA	10,35
Potássio (K) (KNO <sub>3</sub> )	26,19abcA	4,31B	15,25	38,38aA	15,94aB	27,16	10,31aA	13,25aA	11,78
Magnésio (Mg-MgSO <sub>4</sub> )	31,63aA	6,94B	19,29	39,94aA	21,75aB	30,85	11,00aA	13,31aA	24,31
P + K	21,75bcA	4,81B	13,28	35,19aA	19,75aB	27,47	10,88aB	14,56aA	12,72
P + Mg	19,31cA	4,25B	11,78	35,75aA	19,75aB	27,75	14,94aA	14,06aA	14,50
K + Mg	27,25abA	5,50B	16,38	43,38aA	19,44aB	31,41	10,88aA	13,44aA	12,16
P + K + Mg	24,88abcA	5,69B	15,29	40,00aA	20,25aB	30,13	10,69aB	15,50aA	13,10
Média	24,48	5,52	-	38,47	18,95	-	11,52	13,62	-
Cv (%)	20,59				16,46			19,51	
Dms:	6,94*	4,39**		10,61*	6,72**		5,51*	3,49**	

\* Letras maiúsculas se referem à comparação entre as variedades cultivadas, dentro de cada tratamento, individualmente, enquanto letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos, dentro de cada variedade cultivada, pelo teste de Tukey a 5% significância. ns: não significativo. Dms para tratamentos\* e entre os fatores\*\*.

### 3.6 PRODUTIVIDADE

A maior duração da fase reprodutiva proporcionou maior massa de 1000 grãos na variedade cultivada TMG 7063 IPRO (7.0) em relação a M6210 IPRO (6.2) com incremento de 49,18%. Dentro de cada cultivar, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Esses dados mostram que o grupo de maturação pode repercutir em massa, melhorando a eficiência das aplicações em relação ao transporte de sacarose para os grãos (Tabela 6). Tal comportamento pode repercutir em maior produtividade nessa variedade cultivada, visto que essa característica é um dos componentes de produção da soja (OHYAMA *et al.*, 2013).

**Tabela 7:** Massa de 1000 grãos (M1000, g) e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) após aplicação foliar de potássio, fósforo e magnésio na fase reprodutiva da cultura de soja. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG). Safra: 2018/19

Tratamentos	M1000 (g)			Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		
	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média	M6210 IPRO	TMG 7063 IPRO	Média
Controle	142,99aB	220,33aA	181,66	92,78dA	81,77bcB	87,28
Fósforo (P) (MAP)	145,20aB	216,82aA	181,01	102,10abA	73,67dB	87,98
Potássio (K) (KNO <sub>3</sub> )	145,80aB	216,76aA	181,28	101,36abcA	76,85cdB	90,11
Magnésio (Mg) (MgSO <sub>4</sub> )	145,64aB	213,08aA	179,36	95,27cdA	82,14abcB	88,71
P + K	145,04aB	204,23aA	174,64	99,71abcA	78,43bcdB	89,07
P + Mg	144,43aB	214,38aA	179,41	96,10bcdA	88,52aB	92,31
K + Mg	145,12aB	218,27aA	181,70	97,68abcdA	83,65abB	90,67
P + K + Mg	145,36aB	226,04aA	185,70	103,90aA	82,14abcB	93,02
Média	144,95	216,24		98,61	80,90	
Cv (%)	6,23			3,19		
Dms:	25,27*;16,01**			6,43*; 4,08**		

\* Letras maiúsculas se referem à comparação entre as variedades cultivadas, dentro de cada tratamento, individualmente, enquanto letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos, dentro de cada variedade cultivada, pelo teste de Tukey a 5% significância. ns: não significativo. Dms para tratamentos \*, para os fatores \*.

Enquanto foi avaliada a produtividade, observou-se que as variedades cultivadas M6210 IPRO e TMG 7063 IPRO tiveram comportamento contrário quando comparada a massa de 1000 grãos. Sendo assim, na variedade cultivada M6210 IPRO, o tratamento que se sobressaiu entre os demais foi P + K + Mg tendo um incremento de 11,99 % em relação ao controle. Já na variedade TMG 7063 IPRO, o incremento foi de 8,25% em relação ao controle, quando se utilizou P + Mg (Tabela 7). Ao avaliar o efeito entre as variedades cultivadas na média de todos os tratamentos, verificou-se que a variedade M6210 IPRO foi superior à variedade TMG7063 IPRO (Tabela 7).

Segundo Soares (2016), a produtividade de uma cultura é resultado de uma interação entre fatores ambientais (intensidade luminosa, fotoperíodo, temperatura, disponibilidade de água, entre outros), genéticos (potencial produtivo da variedade cultivada, adaptabilidade e capacidade de exploração dos fatores ambientais e de manejo, entre outros) e de manejo (adubação, uso de estimulantes, controle de pragas,



doenças e plantas daninhas, entre outros). Dessa forma, os tratamentos que receberam as aplicações foliares utilizados alteraram a produtividade das plantas por atuarem de forma direta ou indireta em um ou mais fatores.

#### 4 CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos e do que foi discutido, pôde-se concluir que:

- a aplicação de (P+Mg) proporcionou a menor peroxidação de lipídios nas duas variedades cultivadas;
- a atividade da invertase na variedade M6210 IPRO com a aplicação de (Mg) foi superior; na variedade TMG 7063 a aplicação de (P+Mg) apresentou maior aumento;
- a massa de matéria seca de vagens aumentou com aplicação de (Mg) na cultivar M6210 IPRO, enquanto na variedade TMG 7063 IPRO ao aplicar (K) foi superior;
- a aplicação de (Mg) proporcionou o maior número de vagens no estrato inferior nas variedades cultivadas M6210 IPRO e TMG 7063 IPRO. Para o estrato inferior, a aplicação de (K+Mg) na cultivar M6210 IPRO apresentou maior incremento, enquanto na cultivar TMG 7063 IPRO a aplicação de (Mg) obteve maior resposta. No estrato superior entre as duas variedades cultivadas M6210 IPRO e TMG 7063 IPRO, quando aplicado (P+Mg) e (P+K+Mg), houve maior aumento respectivamente;
- a aplicação de (P+K+Mg) na variedade M6210 IPRO aumentou a produtividade, enquanto na variedade TMG 7063 IPRO a aplicação de (P+Mg) proporcionou aumento na produtividade.

#### REFERÊNCIAS

BOARD, J. E.; TAN, Q. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 846-851, 1995.

CAIRO, P. A. R.; MESQUITA, A. C.; ASHAN, A. Y. K. V.; OLIVEIRA, L. E. M. Análise comparativa das metodologias "in vitro" e "in vivo" para avaliação de atividade das enzimas invertases e sacarose sintase em seringueira [*Hevea brasiliensis* (Wild. ex. Adr. de Juss.) Muell. Arg.]. In: CONGRESO ANUAL DA SOCIEDAD COLOMBIANA DE CONTROL DE MALEZAS Y FISILOGÍA VEGETAL, 35., 2005, Medellín, Colombia. **Anais...** Medellín, 2005. p. 24.

CAMMARANO, P.; FELSANI, A.; GENTILE, M.; GUALERZI, C.; ROMEO, C.; WOLF, G. Formation of active hybrid 80-S particles from subunits of pea seedlings and mammalian liver ribosomes. **Biochemistry Biophysics Acta**, [S. l.], v. 281; p. 625-642, 1972.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. 2018. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/22459\\_07172d10b7104ce2765c1734d0f7e857](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/22459_07172d10b7104ce2765c1734d0f7e857). Acesso em: 28 fev. 2019.

CONSECANA-SP. **Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo-SP**. Normas operacionais de avaliação da qualidade da cana-de-açúcar. 5. ed. Piracicaba, 2006. Disponível em: [http://www.orplana.com.br/manual\\_2006.pdf](http://www.orplana.com.br/manual_2006.pdf). Acesso em 28 agosto de 2019.

DAS, K.; ROYCHOUDHURY, A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 2, p. 1-13, 2014.

EGLI, D. B. Soybean reproductive sink size and short-term reductions in photosynthesis during flowering and pod set. **Crop Science**, Madison, v. 50, p. 1971-1977, 2010.

EGLI, D. B. The relationship between the number of nodes and pods in soybean communities. **Crop Science**, Madison, v. 53, p. 1668-1676, 2013.

FAGAN, E. B.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; SOARES, L. H.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral**. São Paulo: Andrei, 2016.

FERREIRA, D. F. **Sisvar** - sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1998.

FOTOPOULOS, V. Plant invertases: structure, function and regulation of a diverse enzyme family. **Journal of Biological Research**, v. 4, p. 127-137, 2005.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Dorchester, v. 48, p. 909-930, 2010.

JIANG, H.; EGLI, D. B. Shade induced changes in flower and pod number and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 221-225, 1993.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Elsevier, 2012. 643 p.

OHYAMA, T.; MINAGAWA, R.; ISHIKAWA, S.; YAMAMOTO, M.; VAN PHI HUAN, N.; OHTAKE, N.; SUEYOSHI, K.; SATO, T.; NAGUMO, Y.; TAKAHASHI, Y. Soybean seed production and nitrogen nutrition. In: BOARD, J. E. A comprehensive survey of international soybean research: genetics, physiology, agronomy and nitrogen relationships. **Rijeka: InTech**, p. 115-157, 2013.

PEEL, M. C. *et al.* Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Australia, **Hydrology and Earth System Sciences**, [S. l.], v. 11, p. 1633-1644, 2007.

RAMA DEVI, S.; PRASAD, M. N. V. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free-floating macrophyte: response of antioxidant enzymes and antioxidants. **Plant Science**, Amsterdam, v. 138, p. 157-165, 1998.

SCHOU, J. B.; JEFFERS, D. L.; STREETER, J. G. Effects of reflectors, black boards, or shades applied at different stages of plant development on yield of soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 18, p. 29-34, 1978.

SOARES, L. H. **Alterações fisiológicas e fenométricas na cultura de soja devido ao uso de lactofen, cinetina, ácido salicílico e boro**. 2016. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SOARES, L. H. **Manejo fisiológico com base em tratamento de sementes e aplicação de organominerais via foliar para sistemas de alto potencial produtivo de soja**. 2013. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Editora Artmed. Porto Alegre. 5. ed., p. 918, 2013.

# Avaliação do potencial fisiológico e crescimento inicial de diferentes sementes de milho

*Assessment of biological potential and initial growth of different maize seeds*

MARIA IVONEIDE SILVA MARTINS

Discente de Agronomia (CESG)  
E-mail: mariaivoneide.11@hotmail.com

NATALIA OLIVEIRA SILVA

Professora orientadora (CESG)  
E-mail: nataliasilva.13@hotmail.com

---

**Resumo:** A qualidade fisiológica das sementes é o somatório dos atributos genéticos, físicos e sanitários, refletindo no resultado da cultura e garantindo uniformidade da população. Com muita frequência, ultimamente, os testes de vigor e germinação são utilizados pelas empresas produtoras de sementes. O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial fisiológico de diferentes sementes de milho. O experimento foi conduzido em março de 2022. Foi dividido a partir das variedades de sementes, T1 (SHS8010 VIP3), T2 (SHS7940 PRO3), T3 (SHS5570 RR), e T4 (BM270 PRO3). O teste de germinação foi realizado em papel *germitest*; depois de colocadas as 50 sementes por repetição, os rolos de papéis foram acondicionados em germinador com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Depois de 7 dias, foram observados os resultados. A determinação do índice de velocidade de emergência (teste de vigor) foi conduzida em bandejas de plástico. O teste de frio foi conduzido seguindo a mesma metodologia do teste de germinação, porém com uso da câmara fria a 10°C. A partir dos testes, concluiu-se que as sementes da variedade BM270 PRO3 (T4) apresentaram melhores parâmetros de qualidade fisiológica, quando se avaliou germinação em condições adversas (teste de frio) e índice de velocidade de emergência.

**Palavras-chave:** Germinação. Frio. Emergência. Vigor.

**Abstract:** The physiological quality of the seeds is the sum of the genetic, physical, and sanitary attributes, reflecting on the crop's results and guaranteeing the uniformity of the population. Recently, vigor and germination tests have been used very frequently by seed-producing companies. The present study aimed to evaluate the physiological potential of different maize seeds. The experiment, conducted in March 2022, was divided into the seed varieties T1 (SHS8010 VIP3), T2 (SHS7940 PRO3), T3 (SHS5570 RR), and T4 (BM270 PRO3). The germination test was performed on *germitest* paper; after placing the 50 seeds per repetition. In a germinator, were conditioned the paper rolls at 25°C and 12 hours of photoperiod. After seven days, we observed the results. The speed of emergence index (vigor test) determination was in plastic trays. A cold test, by the same methodology as the germination test, was performed using a cold chamber at 10°C. Based on the tests, we concluded that the variety of seed BM270 PRO3 (T4) presented better physiological quality parameters when germination under adverse conditions (cold test) and emergence speed index.

**Keywords:** Germination. Cold. Emergence. Vigor.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é uma cultura de relevância socioeconômica, devido à sua importância para todas as classes da agricultura, do maior ao menor produtor (LIMA, 2018). A multifuncionalidade de aplicações justifica seu valor econômico e social. Ela está presente na alimentação animal, humana em geral e nos processos das agroindústrias de energia. A cultura do milho perfaz 190 milhões de hectares (ha) cultivados, o que, de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, produz 1,123 milhão de toneladas (USDA, 2020).

A qualidade fisiológica das sementes é o somatório de atributos genéticos, físicos e sanitários, refletindo no resultado da cultura e garantindo a uniformidade da população. A qualidade das sementes pode sofrer interferência das marcas de seus antecessores, ou seja, traços dos seus progenitores, além das condições em que foram manuseadas, como colheita, armazenamento, tratamento e processamento.

Em contradição apresentada pela literatura, sem uma resposta clara e objetiva, muitos produtores ainda têm um favoritismo pelas sementes grandes e achatadas, em relação às pequenas e arredondadas, tomando como linha de pensamento, o vigor e a produção que essas sementes podem apresentar (COIMBRA *et. al.*, 2009).

Com muita frequência, os testes de vigor e germinação são utilizados pelas empresas produtoras de sementes, com o intuito de avaliar de forma controlada e observar o desempenho do potencial no campo, tanto em condições favoráveis como em condições desfavoráveis. (GRZYBOWSKI; VIEIRA; PANOBIANCO, 2015).

A agricultura moderna é bastante exigente no que se diz respeito às taxas de germinação, índices de vigor e qualidade fisiológica de sementes. Sabe-se que a agricultura atual exige sementes com máxima eficiência. É de suma importância que sementes cultivadas a campo apresentem o máximo de seu potencial fisiológico, tanto em caráter germinativo, quanto em relação ao seu vigor.

Diante disso, o presente estudo se justifica pela extrema necessidade de definir esses parâmetros para que se tenha uma boa plantabilidade, um bom rendimento fisiológico e genético de sementes de milho a campo. Dito isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial fisiológico de diferentes sementes de milho.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em março de 2022, no Laboratório de Análise de Sementes na região de São Gotardo (MG). O experimento teve como objetivo avaliar a qualidade e o potencial fisiológico das sementes SHS8010 VIP3, SHS7940 PRO3, SHS5570 RR e BM270 PRO3. O tratamento químico das sementes foi realizado na unidade beneficiadora da Hélix Sementes; todas as sementes foram tratadas com os mesmos produtos e mesmas dosagens, sendo eles: Deltametrina (0,08 ml/kg), Pirimifós metílico (0,016 ml/kg), Metalaxil M 2%, Tiabendazol 15%, Fludioxinil 2,5% (1,5 ml/kg) e Carbendazim 15% e Tiram 35% (60ml/60.000 sementes), Clotianidina (80ml/60.000 sementes) e Clorantraniliprole (50ml/60.000 sementes).

As avaliações foram realizadas mediante o teste de germinação, teste de frio e teste do índice de velocidade de emergência. Foram divididas a partir das variedades de sementes: T1 (SHS8010 VIP3), T2 (SHS7940 PRO3), T3 (SHS5570 RR) e T4 (BM270 PRO3). Assim foram trabalhados 04 (quatro) tratamentos (diferentes variedades) e 05 (cinco) repetições para cada tratamento em cada um dos testes que foram realizados.

O teste de germinação padrão foi realizado em papel *germitest* (três folhas), que é um material padrão para avaliar germinação de sementes. Os papéis foram previamente umedecidos com quantidade de água destilada correspondente a duas vezes e meia o seu peso total. Após colocadas as 50 (cinquenta) sementes por repetição, os rolos de papéis foram acondicionados em germinador com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Aos 07 (sete) dias foram realizadas as contagens do número de plântulas normais, seguindo os critérios das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

A determinação do índice de velocidade de emergência (teste de vigor) foi conduzida em bandejas de plástico com os recipientes próprios para cada semente; cada bandeja com 200 slots, em que foram semeadas oito repetições com 50 (cinquenta) sementes por tratamento, a uma profundidade de aproximadamente 2 (dois) cm.

O umedecimento do substrato foi realizado por intermédio do ajuste da disponibilidade de água para 60% da capacidade máxima de retenção de água contra ação da gravidade (“capacidade de campo”), realizando, assim, contagens diárias até o estabelecimento dos dados, ao 15º dia, utilizando-se, para cálculo, a fórmula apresentada por Maguire (1962):

**Figura 1:** Teste de vigor

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$$

Fonte: Maguire, 1962.

O teste de frio, em sua íntegra, foi conduzido seguindo a mesma metodologia do teste de germinação, porém, em um primeiro momento, levou-se a câmara fria ou Biochemical Oxygen Demand (BOD) a 10°C, durante um período de sete dias; em seguida, transferiu-se para o germinador a 25°C por mais sete dias. Ao final do teste, foram computadas, em porcentagem, as plântulas normais (COIMBRA *et al.*, 2009).

As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA); posteriormente, as médias dos tratamentos foram submetidas à análise de comparação múltipla pelo teste Tukey e diferenças em  $p < 0,05$  foram consideradas significativas. Para as análises dos dados, foi utilizado o software estatístico SISVAR.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a porcentagem de germinação das sementes de milho aos 5 (cinco) e 8 (oito) dias após a implantação do experimento. Ela nos mostra que não houve diferença estatística ao teste de Tukey a 5% frente às sementes avaliadas. A Tabela 2 exemplifica a porcentagem de germinação das sementes de milho aos 5 (cinco) e 8 (oito)

dias após a implantação do teste de frio. Também, ela nos mostra que apenas uma média se diferenciou estatisticamente frente às demais, que foi o Tratamento 4 (quatro) na contagem final (8 dias). A Tabela 3 mostra a porcentagem das sementes emergidas frente ao teste de emergência; nela foi possível constatar que o Tratamento 4 (quatro) se sobressaiu frente aos demais.

**Tabela 1:** Porcentagem de germinação das sementes de milho aos 5 e 8 dias após a implantação, avaliação realizada em laboratório, 2022

Germinação (%)		
Tratamento	5 Dias	8 Dias
T1 – SHS8010 VIP3	91,000 a	92,000 a
T2 – SHS7940 PRO3	93,000 a	95,000 a
T3 – SHS5570 RR	91,000 a	95,000 a
T4 – BM270 PRO3	92,000 a	95,000 a
CV (%)	1,04	1,59

\* Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si estatisticamente. Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A análise de variância não apresentou efeito significativo nos testes de germinação em nenhuma das avaliações dos períodos observados (Tabela 1). Tais resultados mostram que as diferentes sementes estudadas não apresentaram diferença na germinação, isso indica que todas as sementes apresentam o mesmo percentual médio de germinação quando trabalhadas nas condições do presente estudo e quando comparadas estatisticamente. O ambiente em que foi realizado o teste de germinação foi o ideal para que a semente pudesse expressar seu potencial germinativo, com umidade e temperaturas adequadas – fato demonstrado pelo baixo coeficiente de variação, mostrando que o ambiente não causou uma interferência notável. Pelos resultados obtidos, as sementes podem ser comercializadas, pois atingiu a porcentagem mínima de germinação de 80%, padrão disponibilizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2009).

**Tabela 2:** Porcentagem de germinação das sementes de milho aos 5 e 8 dias após a implantação do teste de frio, avaliação realizada em laboratório, 2022

Germinação (%)		
Tratamento	5 dias	8 dias
T1 – SHS8010 VIP3	88,000 a	90,000 a
T2 – SHS7940 PRO3	86,000 a	88,000 a
T3 – SHS5570 RR	89,000 a	92,000 a
T4 – BM270 PRO3	90,000 a	95,000 b
CV (%)	1,94	3,27

\* Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si estatisticamente. Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando se avaliou o teste de germinação frente ao teste de frio, a análise de variância não apresentou efeito significativo em grande parte das análises dos testes; entretanto, quando se avaliou a semente BM270 (Tratamento 4) na contagem final de 8

(oito) dias, observou-se diferença significativa frente às demais – isso se explica pois mostra que a capacidade germinativa dessa semente se mostrou mais eficiente que as demais (Tabela 2). Tais resultados mostram que as diferentes sementes estudadas não apresentaram diferença na germinação; entretanto, quando se observou uma condição desfavorável para germinarem, o T4 (BM270 PRO 3) apresentou uma melhor eficiência frente às demais. No ambiente em que foi realizado o teste de frio, ele avalia o potencial germinativo em uma condição não tão ideal para que a semente pudesse expressar seu potencial germinativo, como umidade e temperaturas amenas. Igualmente discutido na Tabela 1 e pelos resultados obtidos, as sementes podem ser comercializadas, pois atingiu a porcentagem mínima de germinação de 80%, padrão disponibilizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2009).

**Tabela 3:** Porcentagem de emergência das sementes de milho após a implantação do teste de IVE

Emergência (%)	
Tratamento	8 dias
T1 – SHS8010 VIP3	69,00 a
T2 – SHS7940 PRO3	69,00 a
T3 – SHS5570 RR	73,00 a
T4 - BM270 PRO3	82,00 b
CV (%)	8,37

\* Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si estatisticamente. Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando se avaliou o teste de emergência frente aos tratamentos descritos, a análise de variância e o teste de Tukey apresentaram resultados significativos frente ao Tratamento 4 (quatro) em relação aos demais, mostrando que o vigor da semente BM270 PRO 3 se sobressaiu em relação às demais. Pelo IVE, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), quanto maior o valor obtido pode subentender, maior a velocidade de emergência das plântulas e, conseqüentemente, maior vigor das sementes, pois o índice calculado estima o número médio de plântulas emergidas por dia. Esses altos valores de germinação e vigor das sementes das cultivares avaliadas, encontrados ao longo do trabalho, mostraram que mesmo o Tratamento 4 (quatro) apresentou melhor desempenho. Isso indica que os outros tratamentos apresentaram resultados eficientes e satisfatórios quanto à legislação de germinação, segundo a literatura o desempenho alto em relação ao vigor, o qual foi avaliado indiretamente através do teste de emergência.

#### 4 CONCLUSÃO

As sementes da variedade BM270 PRO3 (T4) apresentaram melhores parâmetros de qualidade fisiológica, quando se avaliou germinação em condições adversas (teste de frio) e índice de velocidade de emergência.



## REFERÊNCIAS

- BAUDET, L.; VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. *In: PESKE, S. T. et al. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. 2. ed. Pelotas: UFPel, 2006. p. 427-470.
- BERTASELLO, L. E. T.; COELHO, A. P.; MÔRO, G. V. Divergência genética de genótipos de milho cultivados sob adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Agroecossistemas**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 69-89, fev. 2021.. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/8598>. Acesso em: 16 jun. 2022.
- BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_\\_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf). Acesso em: 10 maio 2022.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- COIMBRA, Rogério Andrade *et al.* Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (sh2). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2402-2408, dez. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000900004>. Acesso em: 10 maio 2022.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkpozje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2339915](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkpozje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2339915). Acesso em: 12 maio 2022.
- GRZYBOWSKI, C. R. de S.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. Testes de estresse na germinação do vigor de sementes de milho. **Revista Ciências Agrônômica**, [S. l.], v. 46, n. 3, p. 590-596, jul./set. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150042>. Acesso em: 15 maio 2022.
- HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. N. Controlled deterioration test. *In: Handbook of vigour tests methods*. Zurich: ISTA, 1995. p. 70-78.
- JANZEN, A. *et al.* **Silício na qualidade fisiológica de sementes de trigo**. 2019. 34 f. Monografia (TCC apresentado no curso de Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia (MG), 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26599>. Acesso em: 5 maio 2022.

LIMA, Y.; M. de O. **Atividade de inseticidas em tratamento de sementes sobre o manejo da cigarrinha *Dalbulus maidis* (Delong e Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) e do pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) em milho.** 2018. 29 f. Monografia (TCC apresentado no curso de Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG), 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/22192>. Acesso em: 20 maio 2022.

LOPES, J. R. F.; DANTAS, M. P.; FERREIRA, F. E. P. Identificação da influência da pluviometria no rendimento do milho no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, [S. l.], v. 13, p. 3610-3618, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.7127/RBAI.V13N5001119>. Acesso em: 1 maio 2022.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: dimensão e perspectivas. **Seed News**, Pelotas, v. 15, n. 1, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 176-77, 1962.

OLIVEIRA, H. do V. de; MOURA FILHO, E. R. Influência do tamanho da semente na germinação do milho. **Repositório Digital Unicesumar**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 1-3, out. 2007. Disponível em: <https://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/6554>. Acesso em: 3 maio 2022.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos.** Editora Universitária: UFPel, Pelotas (RS), 2012.

PHANEENDRANATH, B. R. Influence of amount of water in the paper towel on standard germination tests. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 5, n. 2, p. 82-87, 1980. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/23432827>. Acesso em: 05 jun. 2022.

USDA. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. 12º levantamento USDA da safra 2019/20 - abril/20. Informativo abril de 2020. **FIESP**, 2020. Disponível em: <file-2520200312195652-boletimsojamarco2020.pdf>. Acesso em 11 maio 2022.

VAZ-DE-MELO, Aurélio *et al.* Germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico. **Biosci. j.(Online)**, p. 687-695, 2012. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-914306>. Acesso em: 13 maio 2022.

# Qualidade de silagem de trigo em função do tempo de fermentação

*Wheat silage quality due to the fermentation time*

MAURICIO ANTÔNIO DE OLIVEIRA COELHO

Engenheiro Agrônomo (UNIPAM)  
E-mail: mauricioac@unipam.edu.br

EDUARDO CORRÊA DE ARAÚJO

Discente de Agronomia (UNIPAM)  
E-mail: eduardo.agroaraujo@gmail.com

---

**Resumo:** A cultura do trigo pode ser uma alternativa para produção de silagem na entressafra, com possibilidades de melhoria na qualidade da forragem e de redução nos custos de produção do leite. A Região do Alto Paranaíba não dispõe de informações técnicas qualitativas sobre a silagem de trigo. Este estudo objetivou avaliar a qualidade de silagem de trigo em função do tempo de fermentação. O experimento foi realizado na EPAMIG Patos de Minas (MG), em 2018. Amostras de milho e trigo foram armazenadas em silos confeccionados com tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 40 cm de altura, hermeticamente vedados, possuindo válvula na extremidade superior. Utilizou-se de delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram compostos de silagem de milho fermentada por 60 dias, silagem de trigo fermentada por 30 dias, silagem de trigo fermentada por 60 dias e silagem de trigo fermentada por 90 dias. Após os tempos de fermentação, foram analisadas a matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e extrato etéreo, no Laboratório de Bromatologia do UNIPAM. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. A silagem de trigo cultivar MGS-Brilhante fermentada por 60 dias apresentou teores de proteína bruta, matéria seca, matéria mineral e extrato etéreo superior à silagem de milho em 87,6%, 87,9%, 44,2% e 48,6%, respectivamente. Nos três tempos de fermentação, a silagem de trigo apresentou teores de proteína bruta, matéria seca e matéria mineral superiores à silagem de milho.

**Palavras-chave:** Qualidade bromatológica. Forrageira. *Triticum aestivum* L.

**Abstract:** The wheat crop can be an alternative for silage production in the off-season, with the possibility of improving forage quality and reducing milk production costs. The Alto Paranaíba Region lacks qualitative technical information on wheat silage. This study aimed to evaluate the quality of wheat silage as a function of fermentation time. The experiment was at EPAMIG Patos de Minas (MG) in 2018. Corn and wheat samples were stored in silos made with PVC tubes of 100 mm diameter and 40 cm high, hermetically sealed, having a valve at the upper end. An entirely randomized design was used, with four treatments and five repetitions. The treatments were composed of corn silage fermented for 60 days, wheat silage fermented for 30 days, wheat silage fermented for 60 days, and wheat silage fermented for 90 days. After the fermentation, the dry matter, mineral matter, crude protein, neutral detergent fiber, and ether extract were analyzed in the Bromatology Laboratory of UNIPAM. The data were subjected to variance

analysis; the means were compared using the Tukey test. The wheat silage cultivar MGS-Brilliant fermented for 60 days showed higher contents of crude protein, dry matter, mineral matter, and ether extract than corn silage in 87.6%, 87.9%, 44.2%, and 48.6%, respectively. In the three fermentation times, wheat silage showed higher crude protein, dry matter, and mineral matter contents than corn silage.

**Keywords:** Bromatological quality. Forage. *Triticum aestivum* L.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de carne e leite no Brasil é dependente da utilização das pastagens naturais e/ou cultivadas como fonte básica de forragens aos animais. Esse fator pode reduzir os custos de produção dessas atividades, desde que tenhamos chuvas suficientes para manter o crescimento e desenvolvimento das pastagens. Entretanto, já é conhecida a sazonalidade da produção forrageira no nosso país, caracterizado por um período com abundância de forragem com bom valor nutritivo e outro período com escassez do alimento associado à redução do seu valor nutritivo agregado (ANDRADE *et al.*, 2010). Prejuízos causados pela sazonalidade promovem atraso no crescimento de animais jovens, perda de peso nos machos e adultos, aumento na idade de abate, atraso na idade da primeira parição e baixa fertilidade do rebanho (SILVA; QUEIROZ, 2010).

A principal alternativa adotada para oferta de volumoso suplementar no período seco do ano tem sido a produção de silagem. Com essa técnica, conserva-se parte e/ou o excesso da forragem produzida no período de maior abundância de chuvas, otimizando a produção de leite e carne o ano todo, fornecendo forragem de alta qualidade (ANDRADE *et al.*, 2010).

A cultura do milho (*Zea mays*) tornou-se a principal opção para produção de silagem no Brasil. A cultura está amplamente adaptada em todo território Brasileiro, onde se consegue alta produção, apresentando uma boa produção de MS por hectare e elevado valor nutritivo (ASSIS *et al.*, 2014), o que lhe confere ótimas condições para sua conservação na forma de silagem. Entretanto, paralelamente à elevação do nível tecnológico embutido na grande maioria dos híbridos disponíveis no mercado, ocorreu elevação acentuada no custo do insumo sementes de milho. Esse fator tem chamado atenção dos produtores de leite, fazendo com que haja procura por alternativas na produção de forragens com qualidade similar e custos mais inferiores.

O cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) aparece como opção para a confecção de silagem, não sendo convencional no Brasil. Na busca por alternativas mais econômicas, alguns produtores na região Sul do Brasil têm optado por fazer silagem utilizando cereais de inverno, principalmente devido ao clima favorável. De acordo com Coelho (2013), a cultura do trigo aparece como alternativa de cultivo no outono/inverno em Minas Gerais e outras regiões tropicais do Brasil. Especificamente em Minas Gerais, além das regiões tradicionalmente produtoras de trigo como o Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Noroeste de Minas, aparecem novas regiões tritícolas como o Campo das Vertentes, Sul de Minas e a Região Central do Estado. Entre outras vantagens, o cultivo do trigo permitirá ao produtor de leite utilizar as terras da propriedade em um período do ano que, normalmente, elas ficam ociosas.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de silagem de trigo comparada à silagem de milho em função do tempo de fermentação, em Patos de Minas, Região do Alto Paranaíba, Minas Gerais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Campo Experimental de Sertãozinho pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), no distrito de Sertãozinho, município de Patos de Minas (MG), em 2018.

Inicialmente a área experimental foi dessecada com glifosato, na dosagem de 3,0 L ha<sup>-1</sup>. A semeadura do trigo foi efetuada em sistema de plantio direto, com adubação de 250 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-30-10. A cultivar de trigo utilizada no estudo foi a MGS-Brilhante, ideal para o processo de ensilagem devido à ausência de arista na espiga. A semeadura foi realizada no dia 29 de julho de 2018 e colhida para ensilagem no dia 29 de outubro de 2018 no estádio de grão massa mole. O híbrido de milho utilizado como testemunha (DKB 290 PRO3, ciclo precoce) foi semeado em 20 de junho de 2018 com adubação de 450 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-30-10 e colhido e ensilado no dia 25 de outubro de 2018. Amostras de milho e trigo foram armazenadas em silos experimentais confeccionados com tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 40 cm de altura, hermeticamente vedados, possuindo válvula na extremidade superior. As unidades experimentais foram compostas individualmente por um silo experimental. Utilizou-se de delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram compostos de silagem de milho fermentada por 60 dias, silagem de trigo fermentada por 30 dias, silagem de trigo fermentada por 60 dias e silagem de trigo fermentada por 90 dias. Após o período de fermentação de cada tratamento, as amostras da silagem de milho e trigo foram encaminhadas para o laboratório de Bromatologia do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), onde foram avaliados os seguintes parâmetros: proteína bruta (PB), matéria seca (MS), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), matéria mineral (MM) e gordura bruta (GB), segundo procedimentos descritos em Detmann *et al.* (2012).

Para a determinação da matéria seca (MS), foram utilizados 200 gramas de silagem para cada amostra; as amostras foram colocadas em sacos de papel previamente numerados com as respectivas parcelas, que ficaram armazenados em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Após a secagem na estufa, as amostras ficaram descansando por 40 minutos e, em seguida, pesadas. Posteriormente foi calculada a porcentagem de MS parcial utilizando a fórmula descrita em Detmann *et al.* (2012).

$$\% \text{ MS parcial} = \text{peso seco/peso natural} \times 100 \quad (1)$$

Após o cálculo da % de MS parcial, as amostras foram trituradas em moinho tipo Willey, malha de 1,0 mm. Posteriormente as amostras trituradas foram armazenadas em cadinhos de porcelana previamente pesados e esterilizados. Em seguida os cadinhos com as amostras ficaram armazenados em estufa sem circulação de ar por doze horas, a 105 °C. Em seguida, as amostras foram retiradas da estufa e ficaram

em um dessecador por trinta minutos. Na sequência, foi realizada a pesagem e calculada a porcentagem de MS 105 °C pela fórmula descrita em Detmann *et al.* (2012):

$$\% MS 105^{\circ}C = (\text{cadinho com amostra} - \text{cadinho vazio}) / \text{amostra} \times 100 \quad (2)$$

A MS definitiva foi calculada pela fórmula descrita em Detmann *et al.*, (2012):

$$\% MS = \text{matéria seca parcial} \times \text{matéria seca } 105^{\circ}C / 100 \quad (3)$$

Para a determinação da matéria mineral (MM), após a determinação da MS, os cadinhos com as amostras foram adicionados em mufla a 600°C por 3 horas. Após a queima, as amostras ficaram no dessecador por trinta minutos; em seguida os cadinhos foram pesados e a porcentagem de MM foi calculada com a seguinte fórmula descrita em Detmann *et al.* (2012).

$$\% MM = (MM) \times 100 / MS \quad (4)$$

Para a determinação de proteína bruta (PB), foi preparada uma solução em balão volumétrico de 2000 mL, contendo 1000 mL de água destilada e 8,28 mL de ácido clorídrico. Em seguida, a solução foi padronizada a 0,05 N. Em um balão volumétrico de 1000 mL, foram dissolvidos 2,65 gramas de carbonato de sódio, e o restante foi completado com água destilada. Na sequência, a solução foi homogeneizada; em um erlenmeyer de 250 mL, foram adicionados 20 mL da solução de carbonato de sódio e cinco gotas de solução alcoólica de bromocresol (1g L<sup>-1</sup>). Posteriormente, foi feita a titulação com ácido clorídrico a 0,05 N até viragem (de azul para amarelo). CO<sub>2</sub> foi eliminado, aquecendo em chapa até a ebulição, deixando esfriar e retornando com a titulação. A operação foi repetida até a coloração ficar com a cor amarela permanentemente. Posteriormente, foi calculada a concentração de verdadeira de ácido clorídrico pela fórmula descrita em Detmann *et al.* (2012).

$$Nv = (Vc \times Nc) / Va \quad (5)$$

$$F = Ne / Nv \quad (6)$$

Em que:

- Nv: normalidade verdadeira do ácido clorídrico;
- Vc: volume da solução de carbonato de sódio;
- Nc: normalidade da solução de carbonato de sódio;
- Va: volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da solução de carbonato de sódio (mL);
- F: fator de correção da normalidade do ácido clorídrico;
- Ne: normalidade esperada da solução de ácido clorídrico.

Posteriormente, foi preparada uma solução utilizando 500 g L<sup>-1</sup> hidróxido de sódio dissolvido em 500 mL de água destilada. Em seguida, foi preparada uma solução de 1000 mL de ácido bórico. Em um balão de 100 mL com cerca de 60 mL de álcool etílico absoluto, foi dissolvido 0,1 gramas de vermelho de metila, e o volume foi completado e

a solução homogeneizada. Em um balão de 100 mL, foram adicionados 60 mL de álcool etílico, posteriormente dissolveu-se 0,1 gramas de verde de bromocresol, em a solução foi completada e homogeneizada. Em um balão de 1000 mL, foram adicionadas cerca de 500 mL de água destilada, 40 gramas de ácido bórico. Posteriormente, foram adicionados 25 mL da solução alcoólica de vermelho de metila e 12 mL da solução alcoólica de verde de bromocresol.

Para a mistura digestora, foi pesado 0,3 gramas de amostra seca ao ar, colocando em tubo seco e devidamente identificado. A massa de amostra utilizada variou em função do teor de nitrogênio do material. Amostras com alto teor de nitrogênio foram avaliadas com menor massa e amostras com baixo teor de nitrogênio avaliadas com maior massa. Foram adicionados 2 gramas de mistura digestora e 5 mL de ácido sulfúrico, colocados em bloco digestor e aquecidos lentamente até atingir a temperatura de 400°C. A solução foi mantida nessa temperatura até que a solução ficasse translúcida. Após deixar os tubos esfriar em capela, quando atingiram temperatura abaixo de 100°C, adicionou-se uma pequena porção de água destilada (15 mL) e homogeneizou-se. Em erlenmeyer de 250 mL, foram adicionados 10 mL da solução de ácido bórico, e adaptou-se o erlenmeyer ao conjunto de destilação para receber toda a amostra destilada. Transferiu-se o tubo digestor com a amostra digerida para o conjunto de destilação e foram adicionados 25 mL da solução de hidróxido de sódio. Destilou-se por arraste, mantendo o terminal do condensador mergulhado na solução receptora, até que toda a amônia fosse liberada. O volume total do destilado foi de 100 mL. O erlenmeyer foi retirado, em seguida foi feita a titulação com HCl até a mudança de cor do indicador (verde para rosa claro). Posteriormente, a porcentagem de proteína bruta (PB) foi calculada com a seguinte fórmula:

$$\% \text{ Proteína Bruta} = (V-B) \times N \times f \times 0,014 \times 6,25 \times 100 / (ASA \times \% ASE / 100) \quad (7)$$

Em que:

- V: volume de ácido clorídrico utilizado na titulação na titulação (mL);
- B: volume de ácido clorídrico utilizado na titulação em branco (mL);
- Ne: normalidade esperada da solução de ácido clorídrico;
- F: fator de correção da normalidade do ácido clorídrico;
- ASA: massa de amostra seca em estufa de circulação forçada de ar (g);
- % ASE: percentual de amostra seca em estufa sem circulação de ar.

Para a determinação da fibra em detergente neutro (FDN), foi preparada uma solução de detergente neutro (2000mL) dissolvida e armazenada em balão volumétrico contendo 37,22 gramas de EDTA sal dissódico, 13,62 gramas de tetraborato de sódio, 60 gramas de Sulfato Láurico de Sódio, 20 mL de metoxietanol, 9,12 gramas de fosfato ácido de sódio. Em seguida, foram preparados sacos de TNT previamente numerados, homogeneizados, esterilizados e pesados; na sequência, foi pesado 0,5 gramas de amostra pré seca. As amostras foram colocadas nos sacos e, em seguida, os sacos foram lacrados. Posteriormente, os sacos de TNT com as respectivas amostras foram colocados no determinador de fibras e foi adicionada a solução de detergente neutro respeitando a relação de 100 mL g<sup>-1</sup> para cada amostra. Em seguida, foi adicionada a enzima de alfa amilase na proporção de 0,5 mL g<sup>-1</sup> de amostra, calibrou-se o aparelho determinador de

fibras em 100°C mantendo a agitação por uma hora. Ao final do processo, os sacos foram retirados e lavados com água destilada duas vezes cada por 30 minutos, posteriormente foram colocados em um Becker de 500 mL e lavados com acetone. Por fim, foram colocados em estufa de circulação forçada de ar por 24 horas e, em seguida, em estufa não ventilada por duas horas. Após as duas horas, os sacos ficaram no dessecador por 20 minutos. Em seguida, os sacos foram retirados e pesados, e seus pesos foram anotados. A porcentagem de fibra foi calculada com a seguinte fórmula descrita em Detmann *et al.* (2012).

$$\% FDN = (tara + resíduo) - tara / (ASA \times \% ASE / 100) \times 100 \quad (8)$$

Em que:

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

Para a determinação de gordura bruta (extrato etéreo), foram utilizados copos para a extração de gordura que foram numerados e secados em estufa sem circulação de ar por 16 horas. Em seguida, foram retirados da estufa e ficaram no dessecador por 30 minutos, e com o auxílio de uma pinça foram pesados e anotados os pesos. Em seguida, foram pesados 2 gramas de amostra em papel filtro qualitativo, usando uma folha para receber a amostra e outra como envoltório, formando um cartucho. Posteriormente, os cartuchos foram adicionados em seus respectivos copos, e foram acoplados no extrator de gordura. Em seguida, foi adicionado 100 mL de éter de petróleo em cada copo, de forma que o éter não entrasse em contato direto com o cartucho. O extrator de gordura foi regulado na velocidade de cinco a seis gotas por segundo por um período de quatro horas.

Após a extração, os copos foram adicionados em dessecador por 30 minutos, pesados e tiveram seus respectivos pesos anotados. Para a determinação da porcentagem de gordura, os resultados foram calculados pela seguinte fórmula descrita em Detmann *et al.* (2012).

$$\% Extrato Etéreo = (copo com EE) - copo / (ASA \times \% ASE / 100) * 100 \quad (9)$$

Em que:

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

Os dados obtidos das análises das amostras da silagem de trigo e da silagem de milho foram submetidos à análise de variância, em que ocorreu efeito significativo para tratamentos; as médias dos mesmos foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

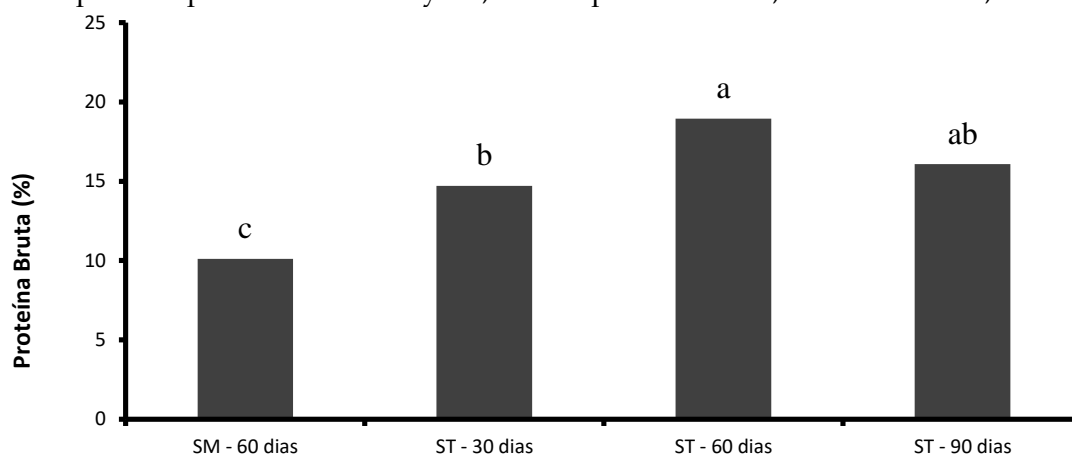
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para o teor de proteína bruta, teor de matéria seca, teor de matéria mineral e teor de extrato etéreo, pelo teste F.



O teor de proteína bruta na silagem de trigo foi estatisticamente superior ao teor de proteína bruta da silagem de milho, independentemente do tempo de fermentação da silagem de trigo (Figura 1).

**Figura 1:** Médias do teor de proteína bruta na silagem de milho fermentada 60 dias (SM - 60 dias), silagem de trigo fermentada 30 dias (ST - 30 dias), silagem de trigo fermentada 60 dias (ST - 60 dias) e silagem de trigo fermentada 90 dias (ST - 90 dias), comparadas pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade, Patos de Minas, 2018

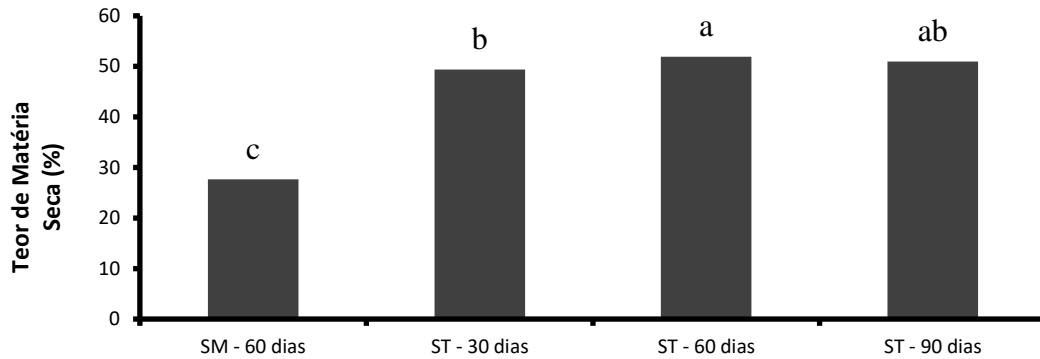


Nas condições em que este experimento foi conduzido, o teor de proteína bruta da silagem de trigo superou o teor de proteína bruta da silagem de milho em 45,5%, 87,6% e 59,1%, quando a silagem de trigo fermentou por 30, 60 e 90 dias, respectivamente. A silagem de trigo foi colhida na fase de grãos contendo massa mole. Nessas condições de maturação, observou-se que a relação entre o peso das espigas e o peso do restante da parte aérea estava muito próximo. Dessa forma, a alta proporção de grãos na composição da silagem de trigo pode ter influenciado na elevação do teor de proteína da silagem de trigo. A menor porcentagem de proteína bruta foi encontrada no tratamento com silagem de milho, com 10,1%.

Durante a fermentação, há uma fase aeróbia que produz quantidades excessivas de calor dentro do silo, resultando na complexação das proteínas. Ademais, em condições de alta umidade, fermentações indesejadas são causadas promovendo degradação proteica. Neste experimento, observou-se que o teor de proteína bruta da silagem de trigo fermentada por 90 dias foi estatisticamente igual ao teor de proteína bruta da silagem de trigo fermentada por 30 e 60 dias, indicando que, provavelmente, não ocorreram fermentações indesejadas. As quantidades de proteína bruta encontradas no presente trabalho, independentemente do tempo de fermentação, foram superiores às quantidades encontradas por Meinerz *et al.* (2011) ao avaliarem qualidade de silagem de trigo nas cultivares BRS 277, BRS Guatambu, BRS Tarumã e BRS Umbu. É possível que a ausência de arista na cultivar MGS-Brilhante e a época de colheita mais tardia neste experimento possam influenciar também no teor de proteína bruta da silagem de trigo.

O teor de matéria seca da silagem de milho foi estatisticamente inferior ao teor de matéria seca da silagem de trigo nos três tempos de fermentação (Figura 2).

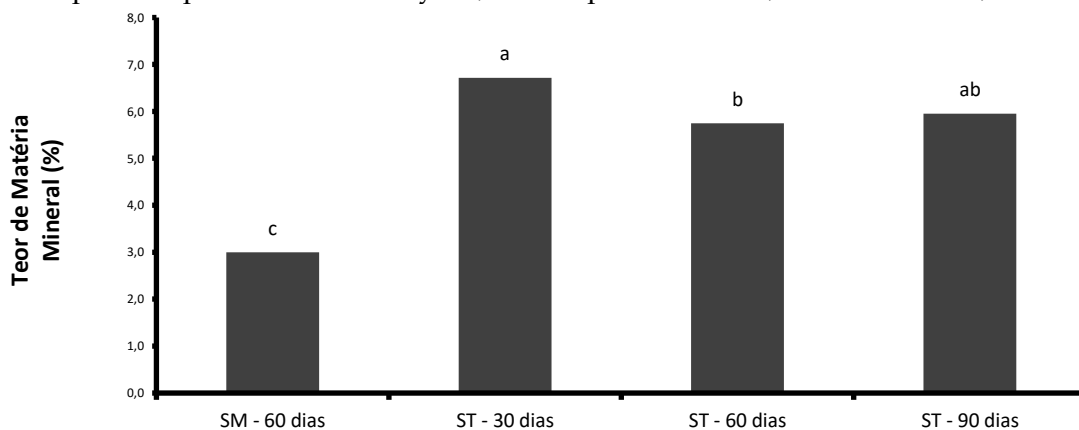
**Figura 2:** Médias do teor de matéria seca na silagem de milho fermentada 60 dias (SM - 60 dias), silagem de trigo fermentada 30 dias (ST - 30 dias), silagem de trigo fermentada 60 dias (ST - 60 dias) e silagem de trigo fermentada 90 dias (ST - 90 dias), comparadas pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade, Patos de Minas, 2018



O teor de matéria seca encontrada na silagem de trigo fermentada por 30, 60 e 90 dias foi superior ao teor de matéria seca da silagem de milho em 78,8%, 87,9% e 84,5%, respectivamente. Em relação à silagem de trigo, o tempo de fermentação de 30 dias produziu menor quantidade de matéria seca se comparado ao tempo de fermentação de 60 dias. A planta de trigo possui uma relação de espiga/(colmo+folhas) maior que a planta do milho, resultando assim em um maior concentração de matéria seca na silagem. Trabalhos realizados por Assis *et al.* (2014) mostraram que, em silagem de milho, o tempo de fermentação de 30 dias proporcionou menor concentração de matéria seca do que nos demais tempos. De acordo com Kung Jr. *et al.* (2003), aquelas forragens que apresentarem menor porcentagem de matéria seca podem favorecer a lixiviação dos nutrientes e a fermentação secundária dentro do silo.

O teor de matéria mineral da silagem de milho também foi estatisticamente inferior aos teores de matéria mineral da silagem de trigo, independentemente do tempo de fermentação desta (Figura 3).

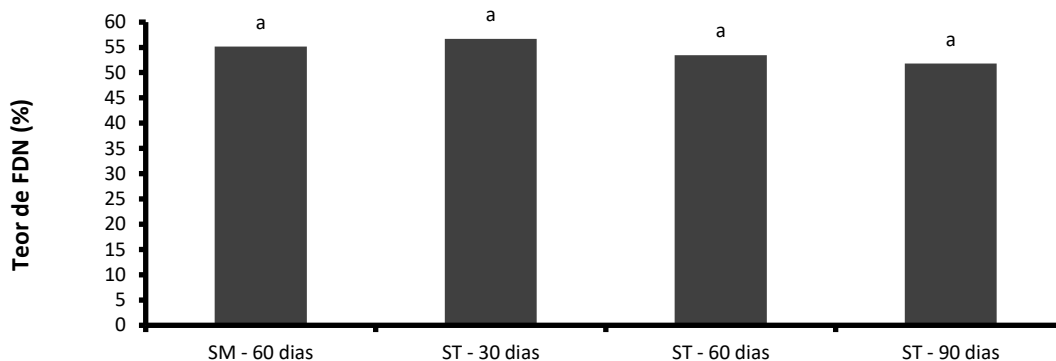
**Figura 3:** Médias do teor de matéria mineral na silagem de milho fermentada 60 dias (SM - 60 dias), silagem de trigo fermentada 30 dias (ST - 30 dias), silagem de trigo fermentada 60 dias (ST - 60 dias) e silagem de trigo fermentada 90 dias (ST - 90 dias), comparadas pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade, Patos de Minas, 2018



O teor de matéria mineral na silagem de trigo fermentada por 30, 60 e 90 dias, foi 52,3%, 44,2% e 46,4%, respectivamente, superiores ao teor de matéria mineral da silagem de milho. A menor porcentagem de matéria mineral na silagem de milho pode ser explicada pela baixa porcentagem de matéria seca. Teores de matéria seca abaixo de 28% aumentam a lixiviação de nutrientes no material ensilado (SALES *et al.*, 2007), o que favorece a perda de matéria mineral.

Para o teor de fibra em detergente neutro, não houve diferença estatística significativa entre a silagem de milho e a silagem de trigo nos três tempos de fermentação (Figura 4).

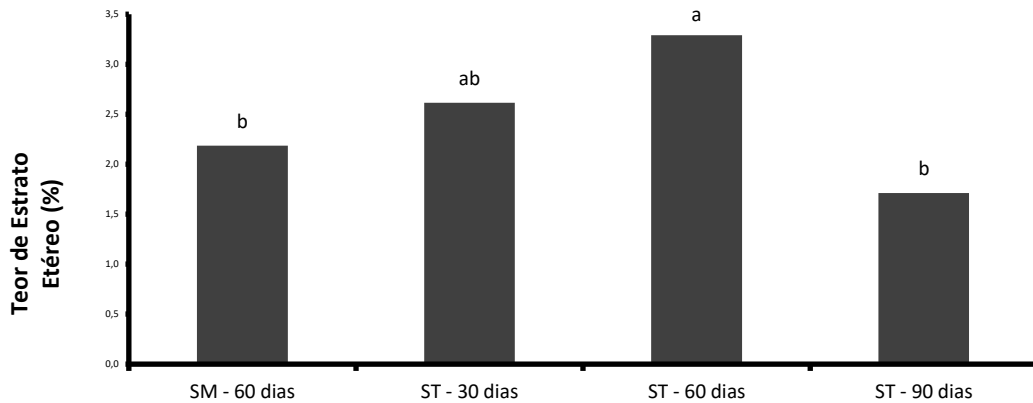
**Figura 4:** Médias do teor de fibra em detergente neutro (FDN) na silagem de milho fermentada 60 dias (SM - 60 dias), silagem de trigo fermentada 30 dias (ST - 30 dias), silagem de trigo fermentada 60 dias (ST - 60 dias) e silagem de trigo fermentada 90 dias (ST - 90 dias), comparadas pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade, Patos de Minas, 2018



A fibra em detergente neutro é uma medida do conteúdo total de fibra que não é solúvel e é um dos parâmetros mais utilizados para o equilíbrio de dietas. Essa análise consegue detectar as frações celulose, hemicelulose e lignina que compõem as fibras. A celulose e a lignina constituem a parede celular, e a ingestão excessiva desses compostos por meio dos ruminantes pode tornar indisponível a proteína dietética e favorecer a redução no consumo de matéria seca (ROGERIO *et al.*, 2007). O conhecimento da porcentagem de FDN é importante, visto que, quanto maior a concentração, pior é a qualidade da silagem (MACEDO JÚNIOR *et al.*, 2007). A FDN é uma variável que está correlacionada de forma negativa com a variação na capacidade do enchimento do rúmen devido à fermentação mais lenta do material (ROBINSON; MCQUEEN, 1997). O fato da cultivar MGS-Brilhante não possuir aristas nas espigas contribuiu decisivamente para redução do teor de FDN na silagem de trigo. Confirma esses dados um trabalho realizado por Meinerz *et al.* (2011), em que os valores médios de FDN em silagem de trigo foram 68,4% na cultivar BRS 277, 59,6% na cultivar BRS-Guatambu e 63,0% quando se utilizou a cultivar BRS Tarumã. Salienta-se que essas três cultivares possuem aristas nas espigas.

O teor de extrato etéreo na silagem de trigo fermentada por 30 dias foi estatisticamente superior ao teor de extrato etéreo da silagem de milho (Figura 5).

**Figura 5:** Médias do teor de extrato etéreo na silagem de milho fermentada 60 dias (SM - 60 dias), silagem de trigo fermentada 30 dias (ST - 30 dias), silagem de trigo fermentada 60 dias (ST - 60 dias) e silagem de trigo fermentada 90 dias (ST - 90 dias), comparadas pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade, Patos de Minas, 2018



Em termos percentuais, o teor de extrato etéreo da silagem de trigo fermentada por 60 dias foi 48,6% superior ao teor de extrato etéreo da silagem de milho. Entretanto, observou-se que, com a fermentação da silagem de trigo por 90 dias, o teor de extrato etéreo reduziu 13,0% em relação ao teor de extrato etéreo da silagem de milho. Esses dados indicam que o período ideal de fermentação de silagem de trigo deve estar próximo de 60 dias para obtenção da silagem com melhor qualidade. Trabalhos realizados por Pinto *et al.* (2007) mostraram que o teor de extrato etéreo variou em função do período de fermentação da silagem de milho. Os valores de extrato etéreo encontrado por esses autores foi 1,7%, 1,3%, 1,1%, 1,6% e 1,4% aos 10, 30, 70, 90 e 110 dias de fermentação. A média geral encontrada por esses autores foi de 1,4%, sendo inferior aos valores encontrados neste experimento para silagem de milho e silagem de trigo.

#### 4 CONCLUSÃO

A silagem de trigo cultivar MGS-Brilhante fermentada por 60 dias apresentou teores de proteína bruta, matéria seca, matéria mineral e extrato etéreo superior à silagem de milho, em 87,9%, 87,9%, 44,2% e 48,6%, respectivamente. Independentemente do tempo de fermentação, a silagem de trigo apresentou teores de proteína bruta, matéria seca e matéria mineral superiores à silagem de milho. Nas condições em que o experimento foi conduzido em Patos de Minas (MG), a silagem de trigo apresentou qualidade superior à silagem de milho.

#### REFERÊNCIAS

ASSIS, F. G. do V. de; ÁVILA, C. L. da S; PINTO, J. C.; SCHWAN, R. F.; New inoculants on maize silage fermentation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S. l.], v. 43, n. 8, p. 395-403, 2014.

ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, C. M.; BONOMO, P. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S. l.], v. 39, n. 11, p. 2342-2348, 2010.

COELHO, M. A. de O. Manejo das principais doenças e pragas na cultura do trigo em regiões tropicais do Brasil. **Informe Agropecuário**. Trigo Tropical, Belo Horizonte, v. 34, n. 274, p. 60-70, 2013.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. **Métodos para análises de alimentos – INCT – Ciência Animal**. Editora UFV, 2012. 95 p.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. *In*: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

KUNG JÚNIOR, L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. *In*: BUXTON, D. R. *et al.* **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p. 305-360.

MACEDO JÚNIOR, G. de L.; ZANINE, A. de M.; BORGES, I.; PÉREZ, J. R. O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, v. 17, n. 1, p. 7-17, 2007.

MEINERZ, G. R.; OLIVO, C. J.; VIEGAS, J.; NORNBORG, J. L.; AGNOLIN, A.; SCHEIBLER, R. B.; HORST, T.; FONTANELI, R. S. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2097-2104, 2011.

PINTO, A. P.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PALUMBO, R. G.; ALVES, T. C. Avaliação da silagem de bagaço de laranja e silagem de milho em diferentes períodos de armazenamento. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 371-377, 2007.

ROBINSON, P. H.; McQUEEN, R. E. Influence of supplemental protein source and feeding frequency on rumen fermentation and performance on dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 77, p. 1340-1353, 1997.

ROGERIO, M. C. P.; BORGES, I.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.; PIMENTEL, J. C. M.; MARTINS, G. A.; RIBEIRO, J. T.; COSTA, P. B.; SANTOS, S. F.; CARVALHO, F. C. Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (*Ananas comosus* L.) em dietas para ovinos. Consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 773-781, mar. 2007.

SALES, E. P.; MIZUBUTI, I. Y.; PINHEIRO, S. M.; SELAIVE, V. A. B.; CLEMENTINO, R. H. Avaliação da qualidade nutricional de silagem de milho (*Zeamays* L). **Revista Caatinga**, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 8-12, 2007.

SILVA, D. J; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2010. 104 p.

# Tendência natural à erosão dos solos da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata, no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES)

*The natural tendency to soil erosion in the Ribeirão São João da Mata hydrographic sub-basin, in Cachoeiro de Itapemirim (ES) municipal*

CAIO HENRIQUE UNGARATO FIORESE

Mestrando em Agroquímica (UFES)

E-mail: caiofiorese@hotmail.com

---

**Resumo:** Avaliar as perdas de solo por erosão é de extrema importância, pois, a partir disso, pode-se recomendar ou adequar as práticas de conservação de água e solo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a tendência natural à erosão na sub-bacia do Ribeirão São João da Mata, a fim de subsidiar melhorias quanto à conservação ambiental e ao planejamento antrópico. Os procedimentos foram realizados no programa ArcGis®, considerando-se um banco de dados geográfico. Foi delimitada a sub-bacia para, em seguida, estimar a erosão potencial através da Equação Universal de Perda dos Solos. Foram considerados os parâmetros: declividade, comprimento de rampa, erosividade e erodibilidade. Os parâmetros foram determinados com auxílio da literatura considerada. A erosão foi quantificada, mapeada e classificada conforme a literatura. A maior classe de intensidade foi a “moderada a forte”, ao passo que a classe com menor abrangência foi a “muito forte”, com 0,162%. As classes compreendidas de “moderada a forte” a “muito forte” abrangem 58,153%, ou seja, representam valor expressivo. Nas regiões próximas aos divisores topográficos e na porção noroeste, predominam intensidades maiores à erosão, ao passo que há menor tendência na porção central da sub-bacia. Isso pode ser atribuído, principalmente, às irregularidades do relevo e suas características, como a declividade. Tais áreas necessitam de um correto manejo de uso e ocupação, além da manutenção da cobertura vegetal, a fim de evitar a perda de solo, sobretudo na agropecuária. Espera-se que este trabalho contribua para um melhor planejamento antrópico na região.

**Palavras-chave:** Geotecnologias. Mitigação. Perda de Solo. Planejamento Antrópico. Recursos Naturais.

**Abstract:** Evaluating soil loss by erosion is important because, based on this, it is possible to recommend or adjust water and soil conservation practices. Thus, the objective of this work was to evaluate the natural tendency to erosion in the sub-basin of Ribeirão São João da Mata, to support improvements in environmental conservation and anthropic planning. The procedures were conducted using the ArcGis® program, considering a geographic database. The sub-basin was delimited to estimate the potential erosion through the Universal Soil Loss Equation. As determined by the literature, the parameters were: slope, slope length, erosiveness, and erodibility. Erosion was quantified, mapped, and classified according to the literature. The highest intensity class was “moderate to strong” while the lowest range was “very strong” with 0.162%. The classes between “moderate to strong” and “very strong” are 58,153%, which means it represents an expressive value. In the sub-basin, regions close to the topographical divisions and the northwestern area predominate more erosion, while there is less tendency in the central

region. It mostly can be attributed to the irregularities of the relief and its characteristics, such as slope. It mostly can be attributed to the irregularities of the relief and its characteristics, such as slope. These areas need correct management of use and occupation, besides the maintenance of vegetation cover, to avoid soil loss, especially in agriculture and cattle raising. This work hopes to contribute to better anthropic planning in the region.

**Keywords:** Geotechnologies. Mitigation. Soil Loss. Anthropic Planning. Natural Resources.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A erosão é o processo de desgaste acelerado do solo, acarretado pela utilização de técnicas inadequadas para o cultivo. Ela provoca consequências graves, como o empobrecimento do solo e a perda da capacidade produtiva, em médio a longo prazo, dependendo da intensidade dos processos erosivos. Além disso, ela é responsável por vários desajustes ambientais. Um deles é o transporte de terra para dentro dos cursos hídricos, provocando danos drásticos à qualidade hídrica e à biota aquática, prejudicando o consumo de água por parte do homem e dos animais (ARAÚJO; PAIVA, 2009). Entre as formas de degradação do solo, a erosão hídrica é uma das principais, sendo a cobertura do solo e a declividade do terreno os principais fatores que exercem sobre ela (INÁCIO *et al.*, 2007).

A preocupação com o planejamento do uso da terra e com a manutenção da qualidade da água e dos remanescentes florestais é um fato a ser enfrentado pela sociedade. Considerando-se o grande impacto provocado pela agricultura na qualidade e quantidade de tais recursos, ações de mitigação da perda de solo e conservação de recursos são necessários (MIQUELONI *et al.*, 2012). A degradação dos solos é um problema que influencia todo o mundo e constitui um fenômeno de grande importância, devido à agilidade com que se processa e pelo fato de originar prejuízos expressivos para diversas atividades econômicas e o meio ambiente (EDUARDO *et al.*, 2013).

Diante dessa situação, avaliar as perdas de solo por erosão, principalmente em áreas rurais, é uma estratégia muito interessante, pois todas as condições, especialmente solo, clima, relevo, uso e manejo do solo estão fielmente representadas nesses locais. A partir disso, pode-se recomendar ou adequar as práticas de conservação do solo e da água (SUZUKI *et al.*, 2012). Para estudar esse fenômeno, existem metodologias que permitem detectar e diagnosticar sinais precoces e implementar medidas protetoras que reduzam a taxa de erosão (FERREIRA, 2013). Por exemplo, existem os chamados métodos diretos, fundamentados na coleta do material erodido, em campos experimentais e/ou em laboratório. Existem, ainda, os métodos indiretos, realizados através de modelagem matemática. Esses modelos podem ser associados às técnicas de geoprocessamento, que permitem a realização de análises espaciais das perdas de solo de determinada região, visando ao planejamento racional do uso e ocupação do solo, e expor as áreas que precisam de adoção de práticas de controle da erosão. Entre esses modelos, a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), proposta por Wischmeier e Smith (1978). Quando espacializada por meio de um Sistema de Informação geográficas (SIG), a EUPS permite uma análise da perda de solo por erosão laminar, possibilitando



contextualizar os resultados obtidos em função do uso e ocupação das terras (MACEDO; RUDDORF, 2000).

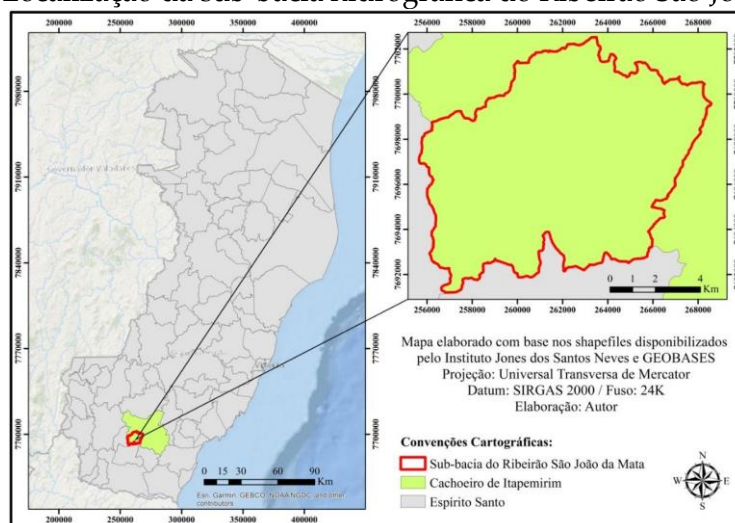
Para a realização de estudos de erosão de solos, uma das ferramentas mais adotadas na atualidade tem sido as geotecnologias, que permitem a localização precisa de áreas de interesse e a manipulação das informações geográficas, permitindo também um monitoramento contínuo de certos fenômenos, como o erosivo (DIAS; SILVA, 2015). A aplicação de modelos de erosão e sua estimativa podem ser feitas com a utilização do geoprocessamento, através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que possibilita a obtenção de resultados na forma de mapas, com a distribuição espacial da estimativa da perda de solo para a região de interesse, além da quantificação da potencialidade à erosão dessas áreas (WANG *et al.*, 2003).

Baseando-se em geotecnologias e na relevância da temática discutida, objetivou-se com este estudo avaliar a erosão potencial do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata (ES) como forma de subsidiar melhorias em termos de conservação ambiental e planejamento antrópico nessa área. Na referida sub-bacia, ainda não há pesquisas com abordagens voltadas à erosão dos solos, o que torna ainda mais relevante esta pesquisa para a sub-bacia do Ribeirão São João da Mata.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O local estudado compreendeu a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata, que fica localizada na área rural do município de Cachoeiro de Itapemirim, na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. Com uma área de 92,382 Km<sup>2</sup>, possui predominância da cafeicultura e pecuária e clima classificado como Aw segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical com inverno seco. Possui estação chuvosa no verão, compreendida de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, do mês de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C e as precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm. A Figura 1 apresenta a localização da área estudada.

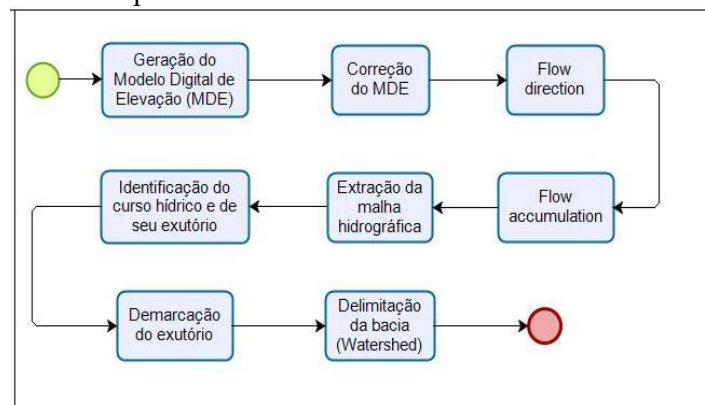
**Figura 1:** Localização da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata



Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN); GEOBASES. Editado pelo Autor.

Os procedimentos ocorreram no programa ArcGIS®, tendo como bases cartográficas digitais o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES), a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). No GEOBASES, inicialmente, foram adquiridos arquivos de curvas de nível com equidistância de 5 m referentes ao local estudado. Em layout do programa, foram adicionados os arquivos para, posteriormente, delimitar a sub-bacia do Ribeirão São João da Mata a partir dos seguintes procedimentos (SANTOS *et al.*, 2010): geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) com 10 m de resolução da grade a partir de feições de curvas de nível com equidistância de 5m adquiridas no GEOBASES; correção do MDE no intuito de preencher e corrigir possíveis falhas; demarcação dos fluxos de direção (flow direction) e de acumulação (flow accumulation) da drenagem; extração da malha hidrográfica da região; identificação do exutório da sub-bacia estudada (nesse caso, o Ribeirão São João da Mata); demarcação do exutório e delimitação da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata a partir da criação de um arquivo em formato raster que, posteriormente, foi convertido para polígono (shapefile). A Figura 2 mostra uma síntese dos procedimentos para a demarcação da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata.

**Figura 2:** Fluxograma com os procedimentos seguidos para delimitar a sub-bacia estudada



Fonte: adaptado de Santos *et al.*, 2010.

Após a delimitação da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata, foi possível estimar a erosão atual. Para isso, foi considerada a Equação Universal de Perda dos Solos (EUPS), criada por Wischmeier e Smith (1978). Ela é dada pela equação (1):

$$A = R \times L \times S \times K \times C \times P \quad (1)$$

Em que: A = perda de solo ( $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ); R = erosividade da chuva ( $MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ); K = erodibilidade do solo [ $t \text{ ha}^{-1} (MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1})^{-1}$ ]; L = comprimento do declive (adimensional); S = grau de declive (adimensional); C = uso e manejo do solo (adimensional); P = práticas conservacionistas (adimensional).

A erosão atual, não estimada neste estudo, indica as perdas de solo por erosão hídrica considerando-se a erosão potencial e as condições atuais de uso do solo e práticas

culturais, ou seja, os valores de C e P (DURÃES; MELLO, 2016). Portanto, neste trabalho, não foram considerados os fatores C e P da EUPS. A capacidade da chuva de causar erosão em uma área sem proteção em uma dada localidade é expressa pelo fator numérico R (WISCHMEIER; SMITH, 1978), que deve ser calculado a partir de índices mensais de erosão, obtidos pela equação (2), desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992):

$$EI_i = 67,355 \times \left( \frac{ri^2}{Pi} \right)^{0,85} \quad (2)$$

Sendo:  $EI_i$  = média mensal do índice de erosão ( $MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ );  $ri$  = precipitação pluvial média mensal, em mm;  $Pi$  = precipitação pluvial média anual, em mm. O fator R corresponde ao somatório dos índices mensais de erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Os dados de precipitação foram adquiridos junto ao Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA), referentes a uma estação pluviométrica localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim, de coordenadas S 20° 31' 42"/ W 41° 30' 41". A série histórica pluviométrica considerada foi de 43 anos.

Através do MDE da área estudada, foi gerado o mapa de declividade através da função "slope" no ArcGIS®, para determinar os fatores L e S da EUPS. Na prática, esses dois fatores são considerados conjuntamente, por meio de um termo designado fator topográfico ou LS, que é obtido a partir da agregação do comprimento das encostas (vertentes) com o gradiente de declividade (grau de inclinação), por meio de modelos matemáticos (GALDINO, 2012). O fator topográfico (LS) da equação foi gerado a partir da geração de dois mapas. O mapa do fator L foi obtido com auxílio da metodologia de Desmet e Govers (1996), McCool *et al.* (1987) e McCool *et al.* (1989), através das equações (3), (4) e (5).

$$EI_i = 67,355 \times \left( \frac{ri^2}{Pi} \right)^{0,85} \quad (3)$$

$$F = \frac{\sin \sin C}{0,0896} \quad (4)$$

$$= \frac{0,56 + 3 (\sin \sin C)^{0,8}}$$

$$L = \frac{[A + D^2]^{(m+1)} - A^{m+1}}{x^m D^{m+2} (22,13)^m} \quad (5)$$

Sendo: D = tamanho do pixel; A = fluxo acumulado da drenagem (obtido no ArcGIS®, a partir do MDE da área e da posterior obtenção da direção do fluxo de drenagem); C = declividade (expressa e convertida em radianos); x = coeficiente de forma (adotado x = 1, para sistemas compostos por pixels); m, F = coeficientes (adimensional).

O tamanho do pixel considerado foi de 15. Em seguida, foi gerado o mapa do fator S, pelo algoritmo de McCool *et al.* (1987) e McCool *et al.* (1989), partindo das seguintes condições, considerando-se a declividade: quando  $\tan C < 0,09$ , adotar  $S = 10,8 \sin(C) + 0,03$ ; e quando  $\tan C \geq 0,09$ , adotar  $S = 16,8 \sin(C) + 0,5$ .

Alguns solos apresentam maior propensão à erosão que outros, mesmo quando a cobertura vegetal, a precipitação, o declive e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa diferença é chamada de erodibilidade do solo (fator K), e ocorre devido às propriedades inerentes ao solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). O fator K (erodibilidade do solo) foi determinado, inicialmente, a partir do mapeamento dos tipos de solos da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata através de um arquivo em formato polígono adquirido junto ao GEOBASES e, em seguida, pela consulta dos dados na literatura. A inserção das equações foi feita na ferramenta “raster calculator”, também conhecida como álgebra de mapas, que permite trabalhar com mapas a partir das equações inseridas no programa. Após a obtenção de todos os componentes da equação, o potencial natural erosivo foi classificado conforme a classificação abordada por Beskow *et al.* (2009).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A erosividade estimada (fator R) para a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São João da Mata foi igual a  $7.516,91 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ . Esse valor pode ser classificado como “forte”, segundo a classificação de Carvalho (2008). Quanto à erodibilidade (fator K) determinada, foram observados dois tipos de solos diferentes: argissolo vermelho, com percentual de ocupação na sub-bacia igual a 46,916% e fator K equivalente a 0,044; e chernossolo argilúvico, com percentual de 53,084% e fator K igual a 0,028.

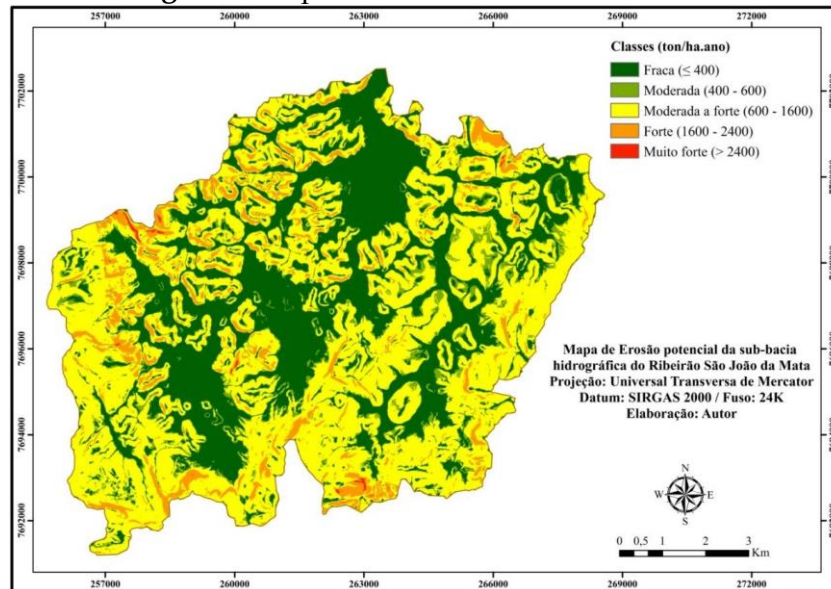
A maior classe de intensidade foi vista para a “moderada a forte”, com perdas que variam de 600 a 1.600 ton/ha.ano, ao passo que a classe com menor abrangência foi a “muito forte”, com 0,162% da área da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata e com perdas de solos menores ou iguais a 400 ton/ha.ano. A Tabela 1 e a Figura 3 apresentam, respectivamente, os dados de área, em quilômetros quadrados ( $\text{Km}^2$ ) e em porcentagem (%), para cada intensidade de perda potencial de solos e o mapa de erosão potencial.

**Tabela 1:** Classes e respectivos quantitativos de erosão potencial

Classes (ton/ha.ano)	Área ( $\text{Km}^2$ )	Área (%)
Fraca ( $\leq 400$ )	30,468 $\text{Km}^2$	32,981%
Moderada (400 – 600)	8,191 $\text{Km}^2$	8,866%
Moderada a forte (600 – 1600)	46,597 $\text{Km}^2$	50,44%
Forte (1600 – 2400)	6,976 $\text{Km}^2$	7,551%
Muito forte ( $> 2400$ )	0,150 $\text{Km}^2$	0,162%

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Figura 3: Mapa de tendência natural à erosão



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Verifica-se que as classes compreendidas de “moderada a forte” a “muito forte” abrangem 58,153% da sub-bacia, ou seja, representam um valor muito expressivo. Além do mais, nas regiões próximas aos divisores topográficos e na porção noroeste, predominam intensidades maiores de tendência à erosão, ao passo que há menor tendência à erosão na porção central da sub-bacia. A alta representatividade das classes de maior intensidade pode estar relacionada, principalmente, às irregularidades do relevo da região da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata. A influência do relevo na intensidade erosiva é vista, principalmente, pela declividade e comprimento de rampa, da encosta ou vertente. Ambas interferem diretamente na velocidade de escoamento superficial da água das chuvas. Os terrenos mais declivosos e com maiores comprimentos de rampa apresentam grandes velocidades de escoamento superficial e, por consequência, maior capacidade erosiva. Porém, uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa grande também pode apresentar alta intensidade de erosão, desde que exposta à grande vazão de escoamento hídrico superficial (INFANTI JUNIOR; FORNASARI FILHO, 1998). Gurgel *et al.* (2011), em seus estudos acerca da vulnerabilidade ambiental do município de Riachão das Neves (BA), constataram que as áreas mais vulneráveis estão dispostas em locais de maior declividade. Sendo assim, a declividade é um dos fatores que potencializam a perda de solos na sub-bacia estudada. Outro fator relevante é o comprimento de rampa, pois a energia de escoamento superficial tende a se concentrar e ser mais elevada nas rampas mais longas, fazendo com que a enxurrada gere elevado número de sulcos (formações erosivas) (AHMED, 2009).

O fator topográfico, que constitui nos parâmetros anteriormente discutidos, possui grande influência na Equação Universal da Perda de Solos, pois assume maior influência em comparação com as outras variáveis consideradas, mesmo levando em conta o aumento do fator práticas conservacionistas. Dessa forma, a tendência natural à perda de solos na sub-bacia do Ribeirão São João da Mata pode estar mais relacionada

aos fatores comprimento de rampa e declividade. As áreas mais suscetíveis a erosões intensas, caso as atividades antrópicas não sejam planejadas e manejadas corretamente, podem desencadear sérios problemas ambientais. A erosão hídrica intensa impacta diversas atividades humanas, como a agricultura, o transporte fluvial, a pesca, a geração de energia elétrica, etc. O aumento da taxa de erosão em uma bacia hidrográfica, por exemplo, provoca assoreamento de corpos hídricos. Nesse sentido, Costa *et al.* (2012) propõem a adoção de práticas conservacionistas através do uso de ferramentas que rescindem o comprimento da rampa e diminuem o espaço de escoamento superficial da água, a fim de atenuar a tendência natural à perda de solos. Tais práticas precisam ser empregadas sobretudo na agropecuária, setor de forte predominância nessa região.

Para mitigar essa tendência à perda de solos, podem ser utilizadas técnicas conservacionistas que tenham os seguintes objetivos: interceptar o escoamento superficial da água das chuvas, reter e disciplinar as águas de escoamento com velocidade com potencial não erosivo e deter as partículas de solo transportadas pela pluviosidade antes de que as mesmas sejam incorporadas aos leitos de cursos hídricos (GOMES, 2001). Além do mais, nas áreas naturalmente mais vulneráveis da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata, é de grande importância a manutenção da vegetação. A cobertura vegetal protege o solo contra a erosão pluvial, aumentando a evapotranspiração e a infiltração, diminuindo o escoamento. Ela impede que parte da água da chuva não chegue ao solo, sendo interceptada pela folhagem e evaporada diretamente. Outra parte se escoar vagarosamente pelos ramos e troncos, indo ao solo para se infiltrar (AHMED, 2009). A vegetação forma uma barreira física ao transporte de matérias (sobretudo as plantas rasteiras), diminuindo a velocidade de escoamento da água (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005). Assim, a manutenção da cobertura vegetal nas áreas de maior intensidade natural à erosão laminar, além dos benefícios à fauna e à flora, contribui para a conservação de outros recursos naturais, como a água, e influi em uma melhor produtividade econômica para os produtores rurais da região. Dessa forma, Gurgel *et al.* (2011) propõem a manutenção de uma faixa de preservação em locais mais declivosos. Sugestão essa relevante para a sub-bacia do Ribeirão São João da Mata, considerando a sua elevada potencialidade à perda de solos.

Para o planejamento territorial, uma das informações mais requisitadas é a vulnerabilidade natural à perda de solo. No decreto de lei número 4297, de junho de 2002, que estabelece os critérios mínimos para a elaboração do Zoneamento Ecológico e Econômico do Brasil (ZEE), é salientada a necessidade de obter indicadores da vulnerabilidade natural à perda de solo como um atributo integrante para delimitar a Fragilidade Natural Potencial. As estimativas de erosão potencial ou potencial natural de erosão (PNE) podem contribuir, ainda, para restringir o uso e ocupação de áreas potencialmente vulneráveis à erosão. Isso evita, por exemplo, a oneração de custos de infraestrutura, que são patologias em obras da construção civil. Deve-se trazer a atenção dos planejadores e autoridades locais para as regiões mais frágeis, com relevo irregular. Nessas áreas, precisam ser estabelecidos programas de combate, controle e prevenção da erosão, não descartando a possibilidade de adoção de novas alternativas de uso menos intensivas (PEDRO; LORANDI, 2004). Por isso, espera-se que os resultados observados sobre a erosão potencial da sub-bacia do Ribeirão São João da Mata sejam utilizados para um planejamento correto das atividades antrópicas, de forma a conciliar

a conservação dos solos com a produtividade econômica na área rural com base nos conhecimentos acerca da potencialidade de cada área no que concerne à erosão natural.

#### 4 CONCLUSÃO

A sub-bacia do Ribeirão São João da Mata, apesar de possuir um bom percentual de áreas com fraca tendência natural à perda de solo, possui mais da metade de sua área (58,153%) vulnerável a maiores intensidades de erosão, sobretudo nas regiões próximas aos divisores topográficos, em virtude principalmente das características do relevo dessa região, como a declividade. Assim, tais áreas necessitam de um correto manejo de uso e ocupação, além da manutenção da cobertura vegetal, no intuito de amenizar ou, até mesmo, minimizar a perda de solo, sobretudo na agropecuária. Iniciativas por parte de gestores de bacias hidrográficas juntamente com produtores rurais e moradores da sub-bacia estudada são de suma importância, em prol do desenvolvimento capaz de maximizar a conservação do solo e da água. Espera-se, ainda, que este trabalho contribua para um melhor planejamento da ocupação antrópica na região.

#### REFERÊNCIAS

- AHMED, C. R. M. **Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do município de Campos dos Goytacazes-RJ sob uma análise multicritério**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Encontre mapas interativos, conjuntos de dados geográficos, imagens de satélite e outros serviços**. 2020a. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/ma.in.home>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Séries históricas de estações**. 2020b. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 12 mar. 2020
- ARAÚJO, Q. R.; PAIVA, A. **Manejo e conservação do solo e da água na região cacaueira da Bahia – aspectos básicos**. 2009. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/semfaz/soloegua.htm>. Acesso em: 25 mar. 2020
- ARCGIS. **ArcGIS**: software. 2020. Disponível em: <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone Editora, 1999.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone Editora, 2005. 355 p.

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURTI, N.; VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. *Catena*, v. 79, n. 1, p. 49-59, 2009.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

COSTA, S. G. F.; SILVA, R. M. da; SILVA, R. M. da. Potencial natural e antrópico de erosão na bacia experimental do Riacho Guaraíra. *Cadernos do Logepa*, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 72-91, 2012.

DESMET, P. J.; GOVERS, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, [S. l.], n. 51, p. 427-433, 1996.

DIAS, E. R.; SILVA, R. M. Estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena – Paraíba. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 16, n. 54, p. 192-204, 2015.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. de. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, [S. l.], v. 21, n. 4, p. 677-685, 2016.

EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D. F. de; MACHADO, R. L.; SOARES, P. F. C.; ALMEIDA, W. S. de. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, [S. l.], v. 37, p. 796-803, 2013.

FERREIRA, C. O mundo (im)perfeito dos modelos de erosão. *Revista da Faculdade de Letras – Geografia*, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 51-82, 2013.

FREITAS, G. A. de; BENDITO, B. P. C.; SANTOS, A. C. M. dos; SOUSA, P. A. de. Diagnóstico ambiental de áreas de pastagens degradadas no município de Gurupi-TO. *Biota Amazônia*, Macapá, v. 6, n. 1, p. 10-15, 2016.

GALDINO, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do Alto Taquari – MS/MT**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GEOBASES. **IEMA - mapeamento ES - 2012-2015**. 2020. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>. Acesso em: 12 março 2020.

GOMES, F. de S. **Estudo da erodibilidade e parâmetros geotécnicos de um solo em processo erosivo**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.



GURGEL, R. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. de C.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F.; CÂMARA, J. F. A.; SOBRINHO, D. A.; MARTINS, E. de S.; BRAGA, A. R. dos S. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da EUPS – equação universal de perdas de solos no município de Riachão das Neves – BA. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, 15, n. 3, p. 93-112, 2011.

IJSN. Instituto Jones dos Santos Neves. **Shapefiles**. 2020. Capturado em 11 mar. 2020. Online. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>.

INÁCIO, E. dos S. B.; CANTALICE, J. R. B.; NACIF, P. G. S.; ARAUJO, Q. R. de; BARRETO, A. C. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 355-360, 2007.

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: ABGE. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, 1998, p. 131-152.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, [S. l.], v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

MACEDO, M. A.; RUDDORF, B. F. T. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do Rio São Bartolomeu-DF usando técnicas de geoprocessamento**. 2000. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/Trabalhos/mariza.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2020.

MCCOOL, D. K.; BROWN, L. C.; FOSTER, G. R. Revised slope steepness factor of the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, [S. l.], v. 30, p. 1387-1396, 1987.

MCCOOL, D. K.; FOSTER, G. R.; MUTCHLER, C. K.; MEYER, L. D. Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, [S. l.], v. 32, p. 1571-1576, 1989.

MIQUELONI, D. P.; BUENO, C. R. P.; FERRAUDO, A. S. Análise espacial dos fatores da equação universal de perda de solos em áreas de nascentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1358-1367, 2012.

PEDRO, F. G.; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 1, n. 56, p. 28-33, 2004.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R. de O.; EUGÊNIO, F. C. **ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais**. 2. ed. Alegre: CAUFES, 2010. 184 p.

TENDÊNCIA NATURAL À EROÇÃO DOS SOLOS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DA MATA, NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM (ES)

SUZUKI, L. E. A. S.; MATIESKI, T.; STRIEDER, G.; PAULETTO, E. A.; BORDIN, S. S.; LIMA, L. S. C.; COLLARES, G. L.; PRA, M. D. Perdas de solo por erosão hídrica e granulometria do material erodido em propriedades agrícolas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS*, 10., 2012, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2012.

WANG, G.; GERTNER, G.; FANG, S.; ANDERSON, A. B. Mapping multiple variables for predicting soil loss by geostatistical methods with TM Images and a slope map. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Falls Church, v. 69, n. 8, p. 889-898, 2003.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planting. Washington: USDA, 1978. 58 p.

# Controle biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* e promoção de crescimento em feijoeiro

*Biological control of Sclerotinia sclerotiorum and growth promotion in bean plant*

LUIS CARLOS FERREIRA RODRIGUES

Discente de Agronomia (UNIPAM)  
E-mail: [luiscfr@unipam.edu.br](mailto:luiscfr@unipam.edu.br)

WALTER VIEIRA DA CUNHA

Professor orientador (UNIPAM)  
E-mail: [walter@unipam.edu.br](mailto:walter@unipam.edu.br)

---

**Resumo:** A diversidade de patógenos nos solos brasileiros é uma condição limitante à produção agrícola. Entre estes podemos destacar o fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, que é agente causal do mofo branco e que, por apresentar estruturas de resistência, dificulta o seu controle. O emprego de agentes biocontroladores como *Trichoderma* e *Coniothyrium* tem se tornado uma promissora estratégia no manejo da doença. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de *Trichoderma* spp. e *C. minitans* na promoção de crescimento e controle de mofo branco *in vitro* e *in vivo* na cultura do feijão. Avaliou-se a germinação de escleródios e competitividade e em casa de vegetação os vasos contendo solo foram corrigidos nutricionalmente e infestados com *S. Sclerotiorum*. Posteriormente, foi realizada a aplicação dos agentes biocontroladores e realizada a semeadura de feijão. Para avaliar a incidência da doença nas plantas foram atribuídas notas de severidade da doença e percentual de mortalidade. Foram avaliadas massa de matéria seca da parte aérea, raiz, área foliar e redução da quantidade de escleródios na área. Os isolados mostraram-se capazes de controlar mofo branco; os agentes biocontroladores apresentaram inibição de germinação de escleródios entre 13 a 60%, e em 60 e 70% para crescimento micelial. Os isolados apresentaram índices de crescimento de 223,94% a 1104,32% em relação ao controle negativo. Em propágulos na área, os isolados *C. minitans* e T.001 obtiveram menores índices de escleródios totais viáveis no solo, sendo essa redução em 53,57% e 57,55% respectivamente. Os isolados demonstraram potencial para promoção de crescimento em feijoeiro e controle de *S. sclerotiorum*.  
**Palavras-chaves:** Mofo branco. *Phaseolus vulgaris*, L. Biocontrole.

**Abstract:** The diversity of pathogens in Brazilian soils is a limiting condition for agricultural production. Among these, we can highlight the fungus *Sclerotinia sclerotiorum*, which is the causal agent of white mold and that, by presenting resistance structures, makes its control difficult. Biocontrol agents such as *Trichoderma* and *Coniothyrium* have become a promising strategy in disease management. This work aimed to evaluate the use of *Trichoderma* spp. and *C. minitans* in growth promoting and white mold controlling *in vitro* and *in vivo* in bean cultivar. Sclerotia germination and competitiveness were evaluated. In a vegetation house, the vases containing soil were nutritionally corrected and infested with *S. Sclerotiorum*. Subsequently, the application of biocontrol agents and sowing of beans were carried out. The biological control agents were then applied and the beans were sown. Disease severity and percent mortality were assessed to evaluate disease incidence on the plants. The dry mass of the aerial part, the root, the leaf area,

and the reduction of the number of sclerotia in the area were evaluated. The isolates were able to control white mold; the biocontrol agents showed inhibition of germination of sclerotia between 13 and 60% and in 60 and 70% for mycelial growth. The isolates showed growth rates of 223.94% to 1104.32% compared to the negative control. In propagules in the field, the isolates *C. minitans* and T.001 obtained lower rates of total viable sclerotia in the soil, this reduction being 53.57% and 57.55% respectively. The isolates showed potential for growth promotion in bean and control of *S. sclerotiorum*

**Keywords:** White mold. *Phaseolus vulgaris*, L. Biocontrol.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O agente causal do mofo branco *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary é um fungo que pertence ao Filo Ascomycota, Classe Leotiomycetes, ordem Helotiales, Família Sclerotinaceae, Gênero *Sclerotinia* (INDEX FUNGORUM, 2022). Como demonstrado por Campos *et al.* (2017), a doença causada por esse fitopatógeno vem assumindo grande importância devido à utilização de sementes infectadas, além de diversos fatores ligados a sucessões de culturas suscetíveis como caso do *Phaseolus vulgaris*, L.

A planta se torna mais vulnerável no período de plena floração ao início de formação de vagens. Os sintomas do mofo branco ocorrem nas vagens, hastes, caules e folhas, causando lesões pequenas e aquosas. De acordo com Barro *et al.*, (2019) com o desenvolvimento da doença, as partes afetadas perdem a cor, tornam-se amareladas e marrons, produzindo podridão mole nos tecidos. As lesões geralmente se desenvolvem em tecidos necróticos onde aparecem manchas de micélio cotonoso, que é o sinal agudo de plantas infectadas por *S. sclerotiorum* (FAGUNDES-NACARATH *et al.*, 2018).

Pannullo *et al.* (2018) demonstraram que o uso de fungicidas é utilizado como manejo, impedindo o estabelecimento de *S. sclerotiorum* no tecido vegetal, no entanto o controle pode ser inconsistente devido às dificuldades em obter boa cobertura de pulverização. Em decorrência disso, o emprego de bioprodutos tem se mostrado uma alternativa para diminuir o uso de agroquímicos e melhorar as estratégias de manejo.

Vários microrganismos são mencionados como agentes eficazes no biocontrole de doenças causadas por *S. sclerotiorum*, por exemplo, os fungos *Coniothyrium minitans* e *Trichoderma* spp. (JAJOR *et al.*, 2017). *Trichoderma* spp. atua no controle de doenças por apresentar inúmeras estratégias de sobrevivência, como rápido crescimento vegetativo, oportunista e competitivo no ambiente (BUTT, 2000).

*Coniothyrium minitans* é um fungo que apresenta potencial de micoparasitário para algumas espécies de *Sclerotinia*. Como demonstrado por Boland *et al.* (1997), eles parasitam escleródios e hifas de *S. sclerotiorum*. Por apresentar esse potencial antagônico, vem instigando vários países a desenvolverem produtos comerciais como agente de controle biológico (JONES *et al.*, 1970).

*Trichoderma* spp. possui capacidade de reduzir a sobrevivência, infecção ou crescimento dos patógenos devido aos mecanismos de biocontrole que o gênero detém, como antibiose quando da produção de compostos difusos (antibióticos); competição quando suprime a capacidade de crescimento do patógeno; micoparasitismo em que o

*Trichoderma* spp. obtém nutrientes de células do patógeno e indução de resistência sendo resposta da planta em função da infecção do patógeno (BENÍTEZ *et al.*, 2004).

Sendo assim, justifica-se a necessidade de pesquisas envolvendo a tecnologia de uso desses biocontroladores com atributos benéficos, como promoção de crescimento e controle de fitopatógenos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de *Trichoderma* spp. e *C. minitans* na promoção de crescimento e controle de mofo branco em plantas de feijão.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado na empresa NOAA Ciência e Tecnologia LTDA., situada no município de Patos de Minas (MG), Rodovia BR 365, Km 428, nas coordenadas geográficas 18°44'01" latitude sul e 46°40'10" longitude oeste.

### 2.2 ORIGEM DOS ISOLADOS DE *TRICHODERMA* SPP. E *CONIOTHYRIUM MINITANS*

O isolado de *Trichoderma* sp. e o *Coniothyrium minitans* foram fornecidos pela NOAA Ciência e Tecnologia Agrícola, localizada em Patos de Minas (MG), os quais fazem parte do acervo de pesquisa da empresa. Os isolados encontram-se armazenados pelo método de preservação de Castellani (CASTELLANI, 1967). Os demais fungos como *Trichoderma asperellum* e *Trichoderma harzianum* são ingredientes ativos de produtos comerciais registrados na agricultura.

Nos testes *in vitro*, foram utilizados discos de micélio contendo estruturas propagativas dos fungos. Para isso, em placas de Petri contendo meio de cultura Batata Dextrose Agar (BDA), foram depositadas 10 µl do acervo original do isolado de T.001 e *C. minitans* mantidas a 25 ± 2°C em BOD até completa colonização por toda superfície da placa.

Para os isolados de *Trichoderma asperellum* e *Trichoderma harzianum*, foi realizado o isolamento dos microrganismos que compõem os produtos comerciais. Para isso, o método utilizado foi o de diluição seriada seguida de plaqueamento em meio de cultura BDA + Triton, para visualização das unidades formadoras de colônias (UFC). Dessa forma, 10g do produto comercial são adicionados em 90 mL em solução salina (0,85%) + Polissorbato 80% a (1%). O plaqueamento é realizado após as amostras ficarem em agitação a 90 rpm durante 60 minutos. As placas foram incubadas a 25± 2°C em BOD por 72 horas. Para obtenção do isolado puro após esse período foi realizada a repicagem das estruturas propagativas dos fungos em placas de Petri, contendo meio BDA e, novamente, incubadas até a completa colonização da superfície da placa.

Para o ensaio em casa de vegetação, foram utilizados produtos comerciais à base de *T. asperellum* e *T. harzianum*. Para os isolados de *Trichoderma* sp. e *C. minitans*, foram utilizados os produtos formulados pela NOAA. A aplicação de ambos os produtos foi realizada no sulco de plantio padronizando a concentração de 1x 10<sup>12</sup> UFC ha<sup>-1</sup> de ambos os produtos.

### 2.3 ORIGEM DO ISOLADO *SCLEROTINIA SCLEROTIORUM*, AGENTE CAUSAL DO MOFO BRANCO

O fitopatógeno *S. sclerotiorum* foi fornecido pelo Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa NOOA Ciência e Tecnologia Agrícola, localizada em Patos de Minas (MG). Nos testes *in vitro*, foram utilizados discos de micélio e escleródios para confronto direto com os isolados de *Trichoderma* spp. e *C. minitans*, e para os testes *in vivo* foram usados discos de micélio para colonização do substrato (arroz), utilizado como fonte de inóculo no solo.

Para obtenção dos discos de micélio, em placas de Petri contendo meio de cultura BDA, depositou-se um disco de micélio com cerca de 8 mm de diâmetro do acervo original e mantidas a  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  em B.O.D, até completa colonização do patógeno por toda superfície da placa.

Para aquisição dos escleródios, produziu-se meio de fubá e cenoura na proporção de 20g de fubá para 80g de cenoura, autoclavados a  $121^\circ\text{C}$  por 30 minutos. Após o resfriamento do substrato, foram acrescentados 10 discos de 8mm de diâmetro contendo estruturas propagativas do fitopatógeno *S. sclerotiorum*. A incubação ocorreu em temperatura de  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  por aproximadamente 20 dias; a partir dessa fase, a escassez de nutriente e espaço induz a produção dos escleródios. Posteriormente, após a produção dos escleródios, eles foram lavados em água destilada e depositados em papel filtro absorvente até a completa secagem, processo este realizado em câmara de fluxo laminar. Os escleródios foram armazenados em  $\pm 4^\circ\text{C}$ .

Para o ensaio em casa de vegetação, o inóculo de *S. sclerotiorum* foi feito em grãos de arroz. Para isso, o arroz ficou submerso em água por 30 minutos. Após esse tempo, a água é retirada totalmente e aproximadamente 200 g de arroz é transferido para sacos plásticos e esterilizados por 30 minutos. Após o resfriamento do substrato, 10 discos de micélio de *S. sclerotiorum*, crescidos como descritos anteriormente, foram incorporados ao substrato, mantido à temperatura de  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa entre 70-80%, em sala de crescimento. A cada dois dias, os sacos contendo o substrato e o fungo foram revolvidos para entrada de oxigênio e para a obtenção de uma colonização uniforme e viável em todo o substrato.

### 2.4 POTENCIAL ANTAGÔNICO DE *TRICHODERMA* SPP. E *CONIOTHYRIUM MINITANS*

#### 2.4.1 Supressão do crescimento de *S. sclerotiorum*

Para a determinação da atividade antagonista, foram avaliados os microrganismos *C. minitans*, *T. harzianum*, *T. asperellum* e o isolado de *Trichoderma* sp. NOOA (T.001). O teste de antagonismo realizado foi o de confronto direto, utilizando o método de culturas pareadas, descrito por Dennis e Webster (1971). Para isso, um disco de micélio de 8mm de diâmetro do fitopatógeno, crescido em meio BDA é depositado em uma das extremidades da placa de Petri a 5mm da borda. Posteriormente, um disco

de 8mm contendo estruturas propagativas das estirpes antagonistas foram depositadas na outra extremidade da Placa de Petri.

As placas foram mantidas a 25 °C por 7 dias e, após esse período, foi avaliado o crescimento micelial dos fungos sobre a superfície da placa, considerando a porcentagem de crescimento do fitopatógeno e o potencial antagônico dos agentes de biocontrole sobre as estruturas do *S. sclerotiorum*. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições, considerando-se cada placa uma unidade experimental.

#### 2.4.2 Inibição da germinação de escleródios de *S. sclerotiorum*

Para avaliação quanto ao potencial antagônico na germinação dos escleródios, eles foram desinfetados superficialmente, por imersão em álcool 70% (v/v) por 2 min., em solução de hipoclorito de sódio 1% por 2 min. e tríplice lavagem com água destilada estéril. Uma vez secos em papel de filtro, foram transferidos 4 escleródios por repetição em cada Placa de Petri com meio BDA e incubados a 22 °C por sete dias, sendo utilizados como controle.

Para os demais tratamentos, os escleródios restantes foram imersos por 30 segundos em suspensões de *Trichoderma* spp. e *C. minitans* na concentração de  $1 \times 10^{12}$  UFC ha<sup>-1</sup>, padronizando a recomendação de uso dos produtos comerciais. Como controle positivo, foi utilizado o fungicida comercial (Tiofanto-metílico 350g/L + fluazinan 52,50g/L) na dose de 430 mL de p.c./ 100 kg de sementes, concentração vide fabricante. Após esse período, os escleródios foram depositados em papel filtro absorvente estéril, para absorção, e os mesmos depositados, 4 escleródios por tratamento/repetição, em meio de cultura BDA, como descrito para o tratamento controle, submetidos aos mesmos procedimentos descritos anteriormente.

Após o período de sete dias, foi avaliado o número de escleródios germinados e/ou colonizados por *Trichoderma* spp. /*C. minitans*. O experimento foi realizado em DIC com cinco repetições, considerando-se cada placa uma unidade experimental. Os números de escleródios germinados e/ou colonizados foram convertidos para valores percentuais.

#### 2.5 REDUÇÃO DA TAXA DE INÓCULO DE ESCLERÓDIOS

Para avaliação quanto ao potencial antagônico na redução da quantidade de escleródios na área de plantio aos 50 dias após semeadura (DAS), os vasos contendo 3 kg de solo foram peneirados com o auxílio de uma peneira granulométrica de 20 msh para separação dos escleródios. Após a separação, eles foram pesados em balança de precisão para determinação do peso por unidade experimental. Após pesagem, foi feita uma amostra composta por tratamento e separados 20 escleródios para determinação da viabilidade.

Para análise de viabilidade, eles foram desinfetados superficialmente, por imersão em álcool 70% (v/v) por 2 minutos, em solução de hipoclorito de sódio 1% por 2 minutos e tríplice lavagem com água destilada estéril. Uma vez secos em papel de filtro, os escleródios foram transferidos para o meio BDA e incubados a 22°C por sete

dias; o experimento foi realizado em DIC com cinco repetições e quatro escleródios por tratamento/repetição, considerando-se cada placa uma unidade experimental. Os números de escleródios germinados foram convertidos para valores percentuais.

A quantidade de escleródios totais viáveis na área é a diferença entre o peso (g) por unidade experimental e a viabilidade de germinação dos escleródios (%), utilizando a seguinte fórmula: % de escleródios viáveis na área = peso total unid. Exp. - % viabilidade.

## 2.6 MANEJO DO MOFO BRANCO E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

Vasos plásticos de 3 L de capacidade foram preenchidos com 3kg de solo, artificialmente infestado 2% p/v do arroz colonizado com o patógeno e adubado com 2 g de MAP [10% a 12% de Nitrogênio (N) amoniacal e 50% a 54% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (fósforo) ]. Em seguida, foram aplicados 100 mL de solução micronutriente (1,807 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 2,405 g de CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O, 2,926 g de FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, 5,141 g de MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O, 0,134 g de NaMoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O e 6,862 g de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O diluídos em 13 L de água) e, por fim, o solo foi irrigado com 400 mL de água.

O solo foi incubado por meio de câmara úmida por 7 dias antes da semeadura, para colonização do patógeno no solo. Após incubação, para a semeadura foi realizado um sulco de plantio na parte central do vaso, com aproximadamente 2 cm de profundidade, e colocadas quatro sementes de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) cv. Pérola por vaso.

Os produtos à base de *Trichoderma* spp e *C.minitans* foram aplicados na concentração de 1x10<sup>12</sup> UFC ha<sup>-1</sup> no sulco de plantio, com auxílio de pulverizador de compressão. Como controle positivo, foi realizado o tratamento de semente com o fungicida Tiofanato-metílico + fluazinam, na dose de 430 mL de p.c./ 100 kg de sementes, concentração vide fabricante. O tratamento sem aplicação onde foi depositado apenas estruturas do fitopatógeno foi considerado controle negativo.

As plantas foram mantidas em casa de vegetação climatizada à temperatura de 25 ± 2°C e umidade relativa 60%, irrigadas diariamente. O desbaste foi realizado após emergência das plântulas, deixando uma planta por vaso. O experimento foi conduzido por 50 dias, período no qual foi realizada avaliação da incidência de doença e variáveis de crescimento. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados DBC com 10 repetições, considerando-se cada vaso uma unidade experimental.

## 2.7 INCIDÊNCIA DE DOENÇA

Para avaliação da incidência da doença, foi utilizado o método qualitativo de acordo com a incidência de sintomas do mofo branco; foram contabilizados o número de plantas mortas e dividido pelo número total de plantas, e o resultado obtido foi transformado em porcentagem equivalente à mortalidade por tratamento. A severidade da doença foi realizada semanalmente por meio da escala de doenças (COTXARRERA *et al.*, 2002).



## 2.8 FITOMASSA SECA

Para determinação de fitomassa seca da raiz e parte aérea, cada uma dessas partes foram acondicionadas separadamente em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70° C por um período médio de 72 h até a obtenção de peso constante. Posteriormente, foi determinado o peso seco utilizando balança de precisão.

## 2.9 ÁREA FOLIAR

A área foliar foi avaliada pelo método da massa seca dos discos foliares, aos 50 dias após a semeadura. Foram retirados discos foliares de diferentes posições das folhas, por meio de um cilindro de área conhecida. A área foliar foi estimada através do peso seco dos discos e das folhas, utilizando a seguinte fórmula:

$$AF = \frac{(PSF + PSD) \times 15}{PSD}$$

Sendo:

- AF: área foliar
- PSF: peso seco de folha
- PSD: peso seco de discos

## 2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

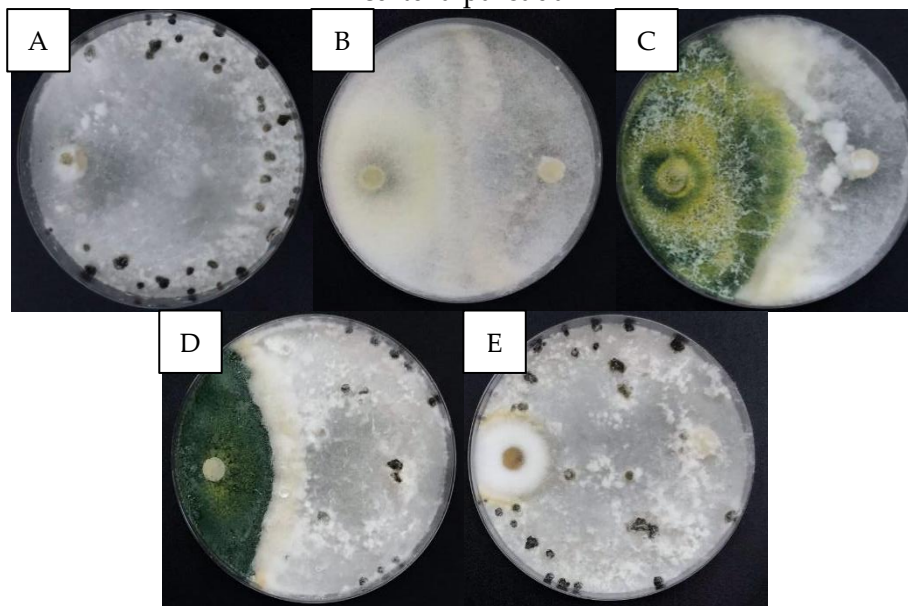
Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. As análises foram realizadas utilizando pacote estatístico do programa SISVAR (FERREIRA, 2010).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 SUPRESSÃO DO CRESCIMENTO DE *S. SCLEROTIUM* IN VITRO

O efeito antagônico foi verificado por meio de culturas pareadas, determinando o crescimento de *S. sclerotiorum* em função da presença de agentes de biocontrole. Verificou-se que o crescimento micelial de *S. sclerotiorum* em direção às colônias de algumas cepas dos fungos biocontroladores (Figura 1B, 1C e 1D) apresentou interação antagônica ao crescimento do fungo *S. sclerotiorum*. Para o *C. minitans*, não houve supressão do crescimento e produção de escleródios do fitopatógenos em placa (Figura 1E). Além disso, verificou-se o potencial em retardar a produção de escleródios *in vitro* para os isolados (Figura 1B e 1C).

**Figura 1:** Interações antagonistas entre fungos biocontroladores e *S. sclerotiorum* por cultura pareada

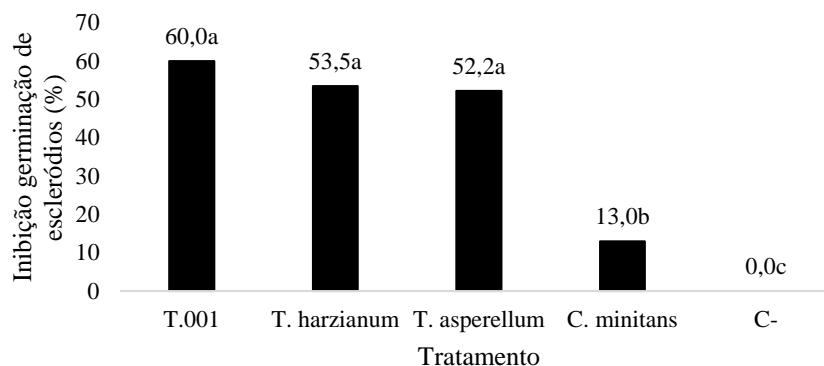


Em (A), *S. sclerotiorum*; em (B), T.001; em (C), *T. harzianum*; em (D), *T. asperellum*; em (E), *C. minitans*.

De acordo com Juliatti *et al.* (2019), testes antagonistas em placa são relevantes para o quesito de seleção de isolados de biocontrole por apresentar fatores ambientais controlados, como luz, umidade, disponibilidade de nutriente e temperaturas. Nesse contexto, avalia-se apenas a interação entre ambos os microrganismos sem que haja a interferência de fatores externos inerente ao ambiente.

A inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* variou significativamente entre os isolados testados. Houve uma redução no crescimento de *S. sclerotiorum* entre 52,2 a 60% quando em contato com antagonista *Trichoderma spp.* Por outro lado, o isolado *C. minitans* exibiu capacidade inibitória sobre o fitopatógeno em 13% quando se comparado com o controle negativo (Figura 2).

**Figura 2:** Inibição do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* *in vitro*



As barras representam valores médios  $\pm$  Desvio Padrão de cinco repetições. Valores médios acompanhados por letras diferentes são significativamente diferentes pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. C-: controle negativo (sem presença de agente antagonista).

A supressão do crescimento do fitopatógeno em presença de *Trichoderma* spp. pode ser atribuída à eficácia em competir por espaço, nutrientes e luz, o que lhe confere vantagens sobre alguns patógenos (HARMAN, 2006). De acordo com Bomfim *et al.*, (2010), esse fungo dispõe de elevada capacidade de produção de enzimas hidrolíticas, as quais produzem antibióticos e metabólitos secundários capazes de inibir o crescimento micelial de patógenos.

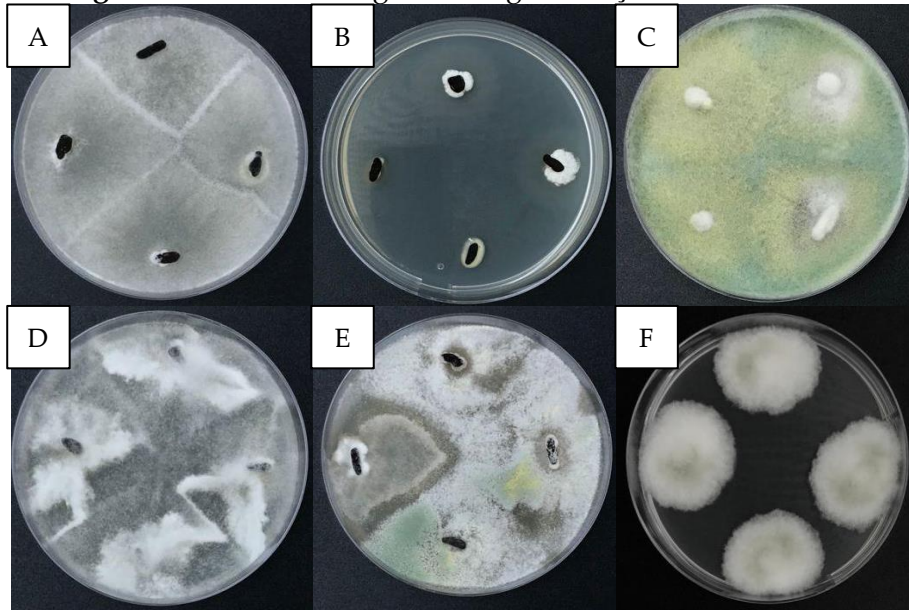
O micoparasitismo como demonstrado por Benítez *et al.*, (2004) é a capacidade do *Trichoderma* de obter nutrientes por meio da colonização das células do patógeno; processo ocorre por meio de ação enzimática, como proteases, glucanases e quitinases, que atuam na degradação da parede celular, levando o patógeno à morte. Estudos mostram a eficiência de *Trichoderma* no controle de fitopatógenos em diferentes culturas, no entanto, por atuarem de forma preventiva, devem estar presentes ou ser aplicados no solo antes da ocorrência da doença (LUCON, 2016).

O micoparasitismo é um dos mecanismos consideráveis de controle de *C. minitans* contra *S. sclerotiorum.*, com potencial de penetrar nas estruturas de resistência tanto do fitopatógeno quanto dos escleródios e hifas (HAN *et al.*, 2010). Sendo assim, explica-se a baixa inibição de crescimento micelial do fitopatógeno, uma vez que o ele apresenta crescimento lento quando comparado com a *S. sclerotiorum*, expressando-se na baixa capacidade inibitória *in vitro* por meio de culturas pareadas.

### 3.2 INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESCLERÓDIOS DE *S. SCLEROTIORUM*

O efeito antagônico foi verificado por meio de determinação da germinação de escleródios de *S. sclerotiorum* e por meio de crescimento micelial dos fungos de biocontrole sobre as estruturas de resistência. Verificou-se a inibição da germinação na presença de *Trichoderma* e *C. minitans* (Figura 3C, 3D, 3E e 3F). Para o fungicida comercial, notou-se retardo no crescimento micelial, porém não impediu a germinação do escleródio (Figura 3B).

**Figura 3:** Potencial antagonístico na germinação dos escleródios

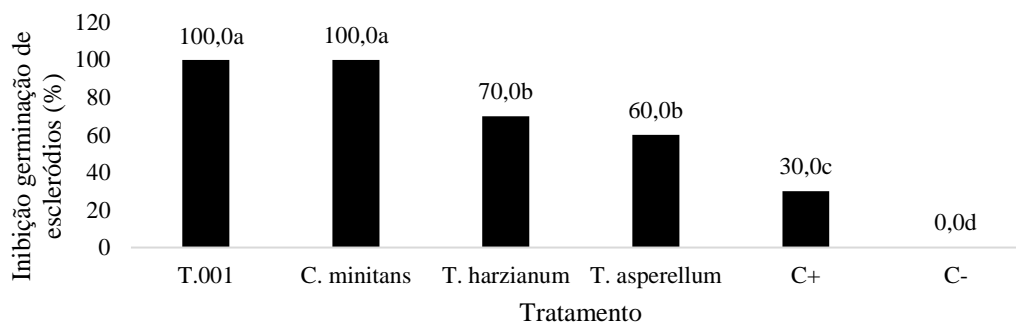


Em (A), C-: controle negativo (*S. sclerotiorum*); em (B), C+: controle positivo (Tiofanto-metílico 350g/L + fluazinan 52,50g/L); em (C), T.001; em (D), *T. harzianum*; em (E), *T. asperellum*; em (F), *C. minitans*.

Os escleródios são estruturas de resistência essenciais para a sobrevivência de *S. sclerotiorum* no solo, podendo, mesmo em condições adversas, permanecer viável no solo por cerca de dez anos (ORDÓÑEZ- VALENCIA *et al.*, 2015). Dessa forma, os danos causados por *S. sclerotiorum* podem ser reduzidos com o uso de fungos antagonistas, sendo estes capazes de colonizar os escleródios, reduzindo a quantidade de propágulos do fitopatógeno (JEGER *et al.*, 2004; KNUDSEN *et al.*, 1991).

Houve diferença significativa na inibição da germinação de escleródios de *S. sclerotiorum* entre os isolados testados. Para os isolados T.001 e *C. minitans*, houve inibição na germinação de *S. sclerotiorum* em 100%. Para o *T. harzianum* e *T. asperellum*, houve 70 e 60% de inibição respectivamente. Em contrapartida, o fungicida comercial apenas retardou o crescimento micelial não impedindo a germinação dos escleródios (Figura 4).

**Figura 4:** Inibição da germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* submetidos à imersão em soluções de agentes de controle



As barras representam os valores médios  $\pm$  Desvio Padrão de cinco repetições. Valores médios acompanhados por letras diferentes são significativamente diferentes pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. C-: controle negativo (sem presença de agente antagonista). C+: controle positivo (Fungicida comercial – Tiofanto-metílico 350g/L + fluazinan 52,50g/L).

A inibição na germinação de escleródios de *S. sclerotiorum* por *C. minitans* pode ser atribuída à capacidade de decompor células da parede celular de hifas, sobretudo escleródio, por meio de quitinase e glucanase (REN *et al.*, 2007). Além do mais, *C. minitans* estaria envolvido na produção de metabólitos secundários e enzimas quitinases e glucanases que potencializam a colonização e degradação da parede celular.

A degradação da parede celular de fitopatógenos por meio de enzimas como proteases e quitinases é um dos mecanismos responsáveis pela inibição na germinação de escleródios conforme expressos nos resultados. A capacidade em micoparasitar e inibir a germinação de escleródios de *S. sclerotiorum* foi relatada por Gørgen *et al.* (2009), Haddad *et al.* (2017) e Smith *et al.* (2013).

A baixa inibição do Tiofanato metílico e Fluazinam na germinação de escleródios se explica em função do mecanismo de ação pertencente ao Grupo B1 e C5, o qual interfere na formação de microtúbulos mitóticos e na síntese de ATP, no crescimento, porém não impede a germinação dos escleródios (PMRA, 2019). Conforme verificado por Vrisman *et al.* (2014), fluazinam e tiofanato metílico apresentam germinação dos escleródios similar ao controle negativo, reafirmando os resultados obtidos.

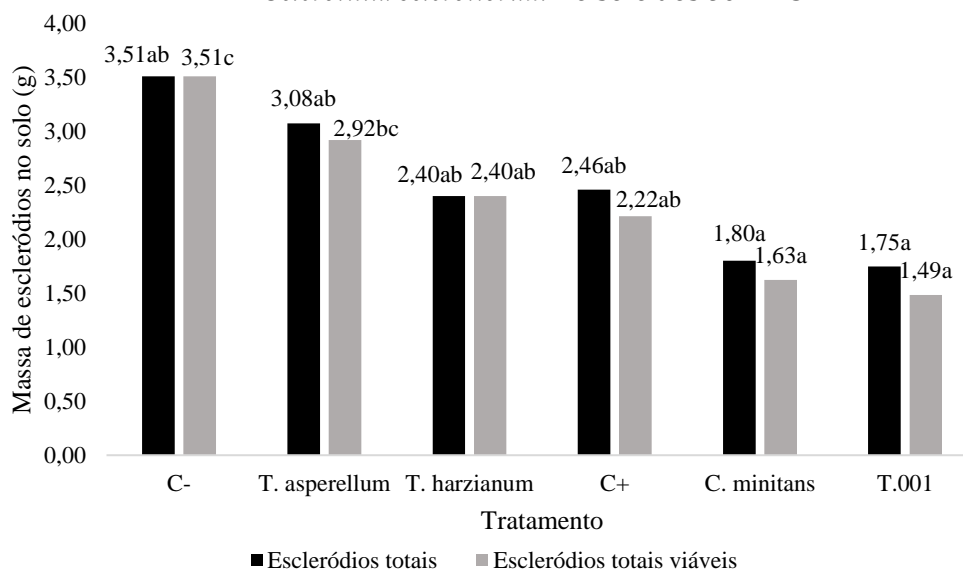
### 3.3 REDUÇÃO DA TAXA DE INÓCULO DE ESCLERÓDIOS

A distribuição dos escleródios no solo é um dos fatores atribuídos à eficiência no controle, uma vez que os agentes de controle se tornam mais efetivos em situações de agregados de escleródios quando comparados à distribuição aleatória na área (BAE; KNUDSEN, 2007). Nesse contexto, o uso de biocontroladores se torna mais eficaz na redução e/ou na inativação dessas estruturas de resistência, diminuindo-se assim a quantidade de escleródios totais viáveis na área (JEGER *et al.*, 2004; KNUDSEN *et al.*, 1991).

Em relação à quantidade de escleródios totais e escleródios viáveis na área, houve diferença significativa entre os tratamentos (Figura 5). Para os isolados T.001 e C.

*minitans*, houve maiores reduções significativas na área aos 50 DAS tanto para escleródios totais quanto para escleródios totais viáveis, mostrando efetividade em controlar e/ou inativar estruturas de resistência de *S. sclerotiorum*. Para o *T. harzianum* e *T. asperellum*, não se apresentou significância entre ambos para a variável escleródios totais, em contrapartida se apresentou diferença estatística quando comparados com o controle negativo, porém *T. harzianum* obteve médias inferiores para escleródios totais viáveis em comparação com *T. asperellum*; em ambos houve redução significativa para as duas variáveis em relação ao controle negativo. Para o controle positivo (Tiofanato metílico + fluazinam), apresentou-se semelhança ao *T. harzianum* nas duas variáveis analisadas; em relação ao *T. asperellum*, foram obtidas médias inferiores à quantidade de escleródios totais viáveis na área.

**Figura 5:** Inibição da massa de escleródios totais e escleródios totais viáveis de *Sclerotinia sclerotiorum* no solo aos 50 DAS



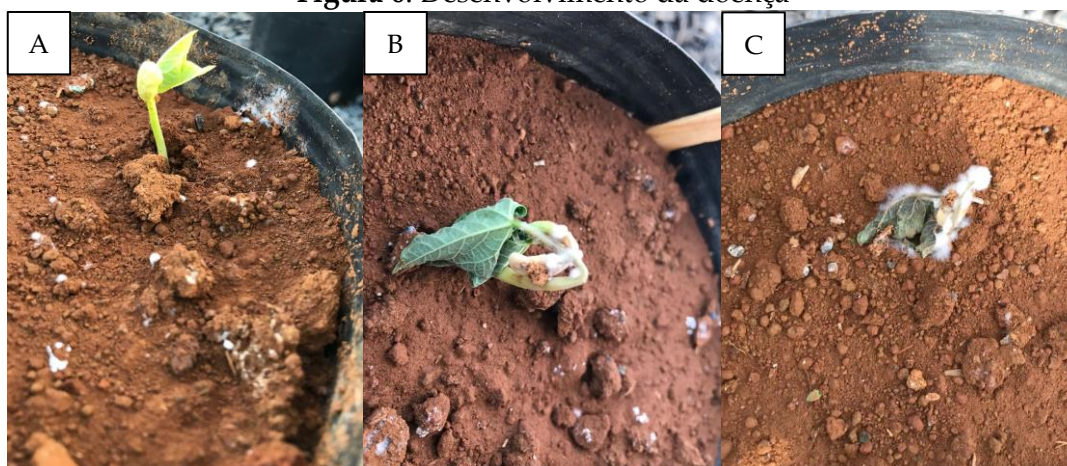
As barras representam valores médios  $\pm$  Desvio Padrão de dez repetições. Valores médios acompanhados por letras diferentes são significativamente diferentes pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. C-: controle negativo (sem presença de agente antagonista). C+: controle positivo (Fungicida comercial – Tiofanato-metílico 350g/L + fluazinam 52,50g/L).

De acordo com Zeng *et al.* (2012), houve redução no número de escleródios no solo em 95,3% quando em presença do antagonista *C. minitans*, reforçando os resultados encontrados – aproximadamente 53,57% de redução na quantidade de escleródios viáveis formados na área. Segundo Haddad *et al.* (2017), a capacidade de *Trichoderma* colonizar escleródios de *S. sclerotiorum*, nesse contexto, explica a redução em 57,55%, 31,63% e 16,80% para os isolados T.001, *T. harzianum* e *T. asperellum* respectivamente, na quantidade de escleródios totais viáveis na área em relação ao controle negativo quando em presença do *Trichoderma*. No controle positivo, houve redução de 36,75% na quantidade de escleródios totais viáveis na área aos 50 DAS, podendo essa redução ser atribuída ao atraso de crescimento micelial de *S. sclerotiorum* em presença de tiofanato metílico + fluazinam como proposto por (PMRA, 2019).

### 3.4 INCIDÊNCIA DE MOFO BRANCO EM PLANTAS DE FEIJÃO

Como demonstrado na (Figura 6), os sintomas causados por mofo branco são caracterizados por necrose em hastes ou caule e com o desenvolvimento da doença, murchamento seguido por podridão dos tecidos vegetais, seca de folhas e posterior morte da planta. O crescimento do micélio branco nos tecidos lesionados e posterior presença de escleródios são aspectos essenciais para identificar a doença em nível de campo (SMOLIŃSKA; KOWALSKA, 2018).

**Figura 6:** Desenvolvimento da doença

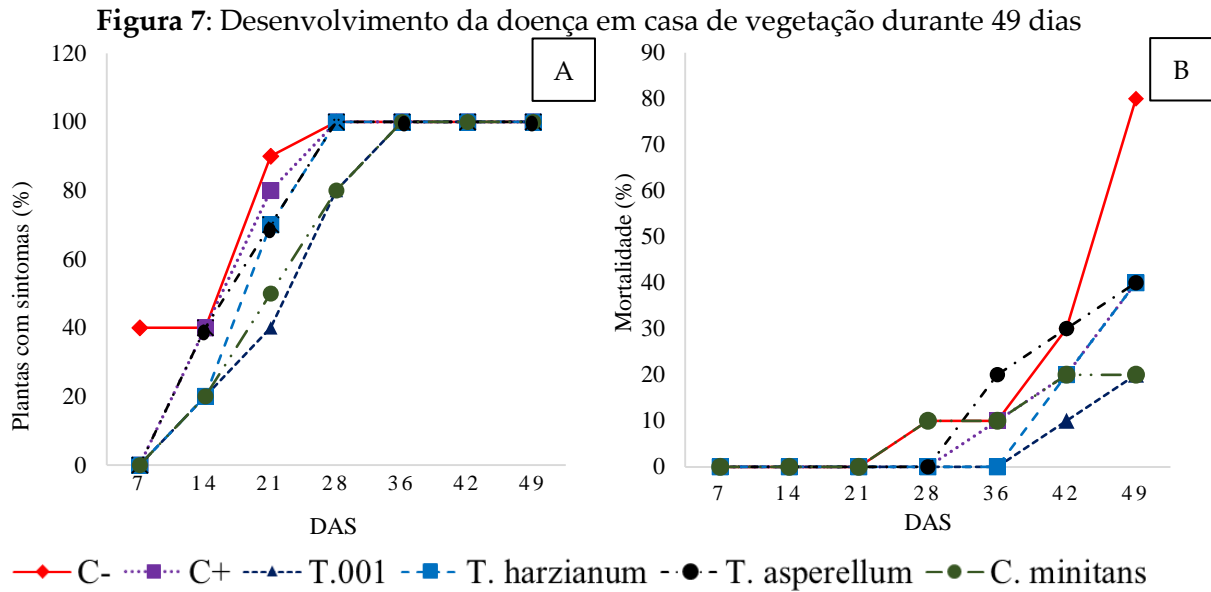


Em (A), planta sem sintomas; em (B), caule com necrose e crescimento micelial; em (C), planta seca e morta com crescimento micelial de *S. sclerotiorum*.

De acordo com Druzhinina *et al.* (2011), o controle de *S. sclerotiorum* por agentes de biocontrole pode ser atribuído ao potencial micoparasita, por meio de ação de enzimas hidrolíticas, metabólitos secundários, os quais exercem atividade antibiótica. Para avaliar o potencial antagonista, os sintomas e mortalidade das plantas foram acompanhados no decorrer do experimento, o desenvolvimento da doença por tratamento (Figura 7).

O número de plantas com sintomas apresentou-se com maior incidência no controle negativo em que aos 7 DAS 40% das plantas apresentavam sintomas. Por outro lado, observou-se um atraso no aparecimento da doença em T.001 e *C. minitans*; aos 14 DAS comprometia 20% das plantas. O pico máximo de aparecimento dos sintomas foi dos 21 aos 36 DAS; após esse período, todas as plantas apresentavam sintomas (Figura 7A). Da mesma forma, a mortalidade foi intensificada aos 36 DAS, tendo maior índices de mortalidade após esse período (Figura 7B).

CONTROLE BIOLÓGICO DE *SCLEROTINIA SCLEROTIORUM* E  
PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM FEIJOEIRO



Em (A), quantidade de plantas com sintomas (%); em (B), mortalidade (%).

Aos 50 DAS, contabilizou-se o total de mortalidade de plantas e atribuiu-se uma nota na escala de doença (Tabela 1). Os isolados que apresentaram potencial no controle de *S. sclerotiorum* foram T.001 e *C. minitans*, tendo redução de 80% na mortalidade das plantas. Para o fungicida tiofanato metílico + fluazinam, *T. harzianum*, *T. asperellum*, observou-se redução de 60% na mortalidade. Para o controle negativo, observou-se uma mortalidade de 80% e notas 2 e 3 apresentando um estágio avançado da doença mesmo nos 20% que não tiveram mortalidade em 50 dias. Para os demais tratamentos, as notas variaram de 1 a 3, o que mostra que, mesmo ao final de 50 dias, havia plantas com menos de 50% das folhas com sintomas, tendo uma redução na severidade da doença.

**Tabela 1:** Número de plantas de feijão mortas por mofo branco e escala de notas da doença para manejo em casa de vegetação aos 50 DAS

Tratamentos	Mortalidade (%)	Escala de notas-doenças
<i>S. sclerotiorum</i>	80	2 e 3
Fungicida	40	1,2 e 3
<i>T. asperellum</i>	40	1,2 e 3
<i>T. harzianum</i>	40	1,2 e 3
T.001	20	1,2 e 3
<i>C. minitans</i>	20	1,2 e 3

Valores referencias atribuídos à escala de notas-doenças: 0: plantas sem sintomas; 1: menos de 50% das folhas amareladas (cloróticas) ou murchas; 2: mais de 50% das folhas amareladas (cloróticas) ou murchas; 3: plantas tombadas ou mortas.

### 3.5 PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO

O emprego de biocontroladores no feijão foi eficaz para os parâmetros de crescimento analisados. Houve diferença estatística significativa entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), (Tabela 2). O isolado T.001 possibilitou o incremento de biomassa em relação



ao controle negativo de 1104,32% para área foliar e de 787,4% para desenvolvimento radicular. Em relação aos demais isolados, *C. minitans*, *T. harzianum* e *T. asperellum* apresentaram incremento de biomassa em relação ao controle negativo de 856,55%, 1016,84% e 797,99%, para área foliar, e em 481,2%, 650,0% e 569,80%, para desenvolvimento radicular, respectivamente. No entanto, para o controle positivo, houve incremento de 223,94% para área foliar e 232,0% para desenvolvimento radicular. Os resultados se assemelham com os encontrados por Haddad *et al.* (2017); Sumida *et al.* (2018) e Zhang *et al.* (2016).

**Tabela 2:** Efeito dos tratamentos sobre massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca de folha (MSF) e área foliar (AF) em feijoeiro aos 50 dias após a semeadura

Tratamentos	Variáveis							
	MSPA (g)		MSR (g)		MSF (g)		AF (cm <sup>2</sup> )	
T.001	2,19	a <sup>1</sup>	3,937	a	2,11	a	520,898	a
<i>C. minitans</i>	1,764	a b	2,406	a b	1,728	a b	404,028	a b
<i>T. harzianum</i>	1,798	a b	3,25	a b	1,704	a b c	479,637	a b
<i>T. asperellum</i>	1,511	a b	2,849	a b	1,451	a b c	376,408	a b
Fungicida	0,431	b c	1,16	a b	0,369	b c	105,631	a b
<i>S. sclerotiorum</i>	0,186	c	0,5	b	0,166	c	47,169	b
CV: (%)	91,82		88,79		92,59		99,29	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A promoção de crescimento é um mecanismo associado ao controle biológico, visto que, quando o antagonista exerce proteção à planta impedindo a infecção por um determinado fitopatógeno, a planta consegue ter ganhos em incrementos de crescimento (ZHANG *et al.*, 2016). No entanto, características como agressividade, virulência e hábitos de crescimento devem ser consideradas na escolha de um agente antagonista capaz de intervir em processos vitais dos fitopatógenos e promover o desenvolvimento das plantas (MEYER *et al.*, 2019).

De acordo com Herman (2011), a colonização das raízes das plantas por agentes de biocontrole é uma característica importante para proteção contra doenças de solo, além de auxiliar na promoção de crescimento por aumentar o volume radicular e consequentemente a absorção de nutrientes. Segundo Hermosa *et al.* (2013), o agente de biocontrole *Trichoderma* tem capacidade de induzir a planta a produzir hormônios de defesa, impedindo a infecção por patógenos e contribuindo para o ganho de massa produzida.

Os resultados encontrados corroboram os de Chitrampalam *et al.* (2008), que, em estudos para controle de mofo branco em alface, verificaram a eficiência de *Coniothyrium minitans* como agente de biocontrole do fitopatógeno e incremento em desenvolvimento vegetativo. Broetto (2013) verificou que, em feijoeiro, havia um incremento significativo em altura de plantas, quando inoculadas com diferentes isolados de fungos biocontroladores, confirmando os dados obtidos em ganhos de biomassa.

Zhang *et al.* (2016) constataram que o uso de fungos biocontroladores foi capaz de promover aumento da biomassa de parte aérea e sistema radicular em plantas de feijão; nesse contexto, confirmam os resultados encontrados neste estudo, no qual o incremento em biomassa foi significativo nos tratamentos em presença dos fungos antagonistas. Outros trabalhos verificaram o aumento de biomassa na presença de agentes de biocontrole, como Chagas *et al.* (2017), na cultura de arroz, milho, soja e feijão, e Resende *et al.* (2004), na cultura do milho.

#### 4 CONCLUSÃO

No geral, os isolados demonstraram potencial para promoção de crescimento em feijoeiro, redução da massa de escleródios no solo e controle de *S. sclerotiorum* em condições de laboratório e casa de vegetação. Os resultados obtidos confirmam que os isolados proporcionaram controle do mofo branco e promoção de crescimento nos parâmetros avaliados.

#### REFERÊNCIAS

- BAE, Y. S.; KNUDSEN, G. R. Effect of sclerotial distribution pattern of *Sclerotinia sclerotiorum* on biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum*. **Applied Soil Ecology**, [S. l.], v. 35, n. 1, p. 21-24, 2007.
- BARRO, J. P. *et al.* Performance and profitability of fungicides for managing soybean white mold: a 10-year summary of cooperative trials. **Plant Disease**, [S. l.], v. 103, n. 9, p. 2212-2220, 2019.
- BENÍTEZ, T. *et al.* Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 249-260, 2004.
- BOLAND, G. J. Stability analysis for evaluating the influence of environment on chemical and biological control of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) of bean. **Biol. Control**, [S. l.], v. 9, p. 7-14, 1997.
- BOMFIM, M. P. *et al.* Avaliação antagônica in vitro e in vivo de *Trichoderma spp.* a *Rhizopus stolonifer* em maracujazeiro amarelo. **Summa phytopathol.**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 61-67, 2010.
- BROETTO, L. **Antagonismo a *Macrophomina phaseolina* e promoção do crescimento em feijoeiro mediados por *Trichoderma spp.*** 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus Marechal Cândido Rondon, 2013.
- BUTT, T. M. Fungal biological control agents. **The Royal Society of Chemistry**, [S. l.], p. 186-191, 2000.

CAMPOS, H. D. *et al.* Mofo branco em soja: cenário atual e manejo. In: MEDEIROS, F. H. V. *et al.* **Novos sistemas de produção**, Lavras: UFLA, 2017. p. 53-64.

CASTELLANI, A. Maintenance and cultivation of common pathogenic fungi of man in sterile water. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, Cleveland, v. 70, n. 8, p. 181-184, 1967.

CHAGAS, L. F. B. *et al.* Trichoderma na promoção do crescimento vegetal. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia (MS), v. 4, n. 3, p. 97-102, set. 2017.

CHITRAMPALAM, P. *et al.* Biocontrol of lettuce drop caused by *Sclerotinia sclerotiorum* and *S. minor* in desert agroecosystems. **Plant Dis.**, [S. l.], v. 92, p. 1625-1634, 2008.

COTXARRERA, L. *et al.* Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium wilt* of tomato. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 467-476, 2002.

DENNIS, C.; WEBSTER, J. Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma* III. Hyphal interactions. **Transactions of the British Mycological Society**, [S. l.], v. 57, p. 359-363, 1971.

DRUZHININA, I. S. *et al.* *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Nature reviews. Microbiology**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. 749-59, 2011.

FAGUNDES-NACARATH, I. R. F.; DEBONA, D.; RODRIGUES, F. A. Oxalic acid-mediated biochemical and physiological changes in the common bean-*Sclerotinia sclerotiorum* interaction. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 129, p. 109-121, 2018.

FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. 2. ed. ampl. rev. Lavras: Editora UFLA, 2010.

INDEX FUNGORUM. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, (1884). 2022. Disponível em: <http://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=212553>. Acesso em: 01 jun. 2022.

GÖRGEN, C. A. *et al.* Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S. l.], v. 44, n. 12, p. 1583-1590, 2009.

HADDAD, P. E. *et al.* Selection of *Trichoderma* spp. strains for the control of *S. sclerotiorum* in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S. l.], v. 52, n. 12, p. 1140-1148, 2017.

- HAN, Y.; LI, G.; YANG, L.; JIANG, D. Molecular cloning, characterization and expression analysis of a pacC homolog in the mycoparasite *Coniothyrium minitans*. **World J Microbiol Biotechnol.**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 381-91, 2010.
- HARMAN, G. E. Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. **Phytopathology**, [S. l.], v. 96, n. 2, p. 190-194, 2006.
- HERMAN, G. E. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. **New Phytologist**, [S. l.], v. 189, p. 647-549, 2011.
- HERMOSA, R. *et al.* The contribution of *Trichoderma* to balancing the costs of plant growth and defense. **International Microbiology**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 69-80, 2013.
- JAJOR, E.; KORBAS, M.; HOROSZKIEWICZ-JANKA, J.; DANIELEWICZ, J.; BARANIAK, B. The influence of selected biological products on limitation of the development of *Sclerotinia sclerotiorum* sclerotia. **Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering**, [S. l.], v. 63, n. 2, p. 92-96, 2017.
- JEGER, M. J. *et al.* The effect of spatial distributions of mycoparasites on biocontrol efficacy: a modelling approach. **Biocontrol Science and Technology**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 359-373, 2004.
- JONES, D.; JOHNSON, R. P. C. Ultrastructure of frozen, fractured and etched pycnidiospores of *Coniothyrium minitans*. **T Brit Mycol Soc.**, [S. l.], v. 55, p. 83-7, 1970.
- JULIATTI, F. *et al.* *Trichoderma* as a Biocontrol Agent against *Sclerotinia* Stem Rot or White Mold on Soybeans in Brazil: Usage and Technology. **Trichoderma - The Most Widely Used Fungicide**, [S. l.], p. 1-23, 2019.
- KNUDSEN, G. R. *et al.* Method to enhance growth and sporulation of pelletized biocontrol fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, [S. l.], v. 57, n. 10, p. 2864-2867, 1991.
- LUCON, C. M. M. *Trichoderma*: uso do bioagente na produção agrícola brasileira. **Tecnologia Sustentável: Trichoderma**, 2016. Disponível em: [http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/tecnologia\\_sustentavel/trichoderma.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/tecnologia_sustentavel/trichoderma.pdf) . Acesso em: 01 jun. 2022.
- MEYER, M. C; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C da. *Trichoderma* USO NA AGRICULTURA. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 538 p. or White Mold on Soybeans in Brazil: Usage and Technology. **Trichoderma - The Most Widely Used Fungicide**, [S. l.], p. 1-23, 2019.

ORDÓÑEZ-VALENCIA, C. *et al.* Morphological development of sclerotia by *Sclerotinia sclerotiorum*: a view from light and scanning electron microscopy. **Annals of Microbiology**, [S. l.], v. 65, n. 2, p. 765-770, 2015.

PANNULLO, A. *et al.* Biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary on common bean by native lipopeptide-producer *Bacillus* strains. **Microbiological Research**, [S. l.], v. 211, p. 21-30, 2018.

PMRA. Pest Management Regulatory Agency. **Proposed re-evaluation decision.** Thiophanate-Methyl and its associated end-use products. Consultation document. PRVD2019-07, jun. 2019.

REN, L.; LI, G.; HAN, Y. C.; JIANG, D. H.; HUANG, H. C. Degradation of oxalic acid by *Coniothyrium minitans* and its effects on production and activity of beta-1,3-glucanase of this mycoparasite. **Biol Control**, [S. l.], v. 43, n. 1, p. 1-11, 2007.

RESENDE, M. L. *et al.* Inoculação de sementes de milho utilizando o *Trichoderma harzianum* como promotor de crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 793-798, 2004.

SMITH, A. *et al.* Diversity of soil-dwelling *Trichoderma* in Colombia and their potential as biocontrol agents against the phytopathogenic fungus *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. **Journal of General Plant Pathology**, [S. l.], v. 79, n. 1, p. 74-85, 2013.

SMOLIŃSKA, U.; KOWALSKA, B. Biological control of the soil-borne fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* - a review. **Journal of Plant Pathology**, [S. l.], v. 100, n. 1, p. 1-12, 2018.

SUMIDA, C. H. *et al.* *Trichoderma asperelloides* antagonism to nine *Sclerotinia sclerotiorum* strains and biological control of white mold disease in soybean plants. **Biocontrol Science and Technology**, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 142-156, 2018.

VRISMAN, C. M.; HÜLLER, G. C.; SARTORI, F. F.; HENNEBERG, L.; WUTZKI, C. R.; JULIATTI, F. C.; JACCOUD FILHO, D. S. Influência de herbicidas e fungicidas na germinação carpogênica de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 477-483, 2014.

ZENG, W.; KIRK, W.; HAO, J. Field management of *Sclerotinia* stem rot soybean using biological control agents. **Biological Control**, [S. l.], v. 60, p. 141-147, 2012.

ZHANG, F. *et al.* Biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* isolate T-aloe against *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 100, p. 64-74, 2016.

## Produção e qualidade de alho nobre submetido a diferentes períodos de pré-câmara

*Production and quality of noble garlic subjected to different pre-chamber periods*

ANA PAULA CRISTINA DE OLIVEIRA

Discente de Agronomia (UNIPAM)  
E-mail: [anapcoliveira@unipam.edu.br](mailto:anapcoliveira@unipam.edu.br)

KARLA VILAÇA MARTINS

Engenheira Agrônoma (UNIPAM)  
E-mail: [karlavm@unipam.edu.br](mailto:karlavm@unipam.edu.br)

---

**Resumo:** O alho é uma planta monocotiledônea, pertencente à família Alliaceae, sendo considerada uma planta herbácea de folhas alongadas, estreitas e bainhas que formam o pseudocaule. É uma hortaliça bastante apreciada no mundo todo, sendo muito utilizada como condimento e remédio devido a suas propriedades medicinais. A vernalização dos bulbos de alho em pré-plantio é uma técnica de manejo que torna a planta menos exigente em fotoperíodo e temperaturas baixas, permitindo a diferenciação e formação de bulbos em locais que não possuem as condições climáticas adequadas. Mas, se na época da vernalização, o IVD não estiver adequado, pode-se fazer um tratamento de pré-câmara fria. Diante disso, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes períodos de armazenamento na pré-câmara, em temperatura entre 13 e 15 °C, sobre o IVD do cultivar de alho nobre. O experimento foi conduzido no município de Rio Paranaíba, Minas Gerais. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro tratamentos (0, 5, 15 e 30 dias em pré-câmara) e seis repetições, totalizando 24 parcelas. Após esse período, todos os tratamentos foram para câmara-fria em temperatura de -2 a 0 °C por 50 dias. Avaliaram-se a classificação dos bulbos em diferentes peneiras e a produtividade da cultura de alho. Nas condições em que este estudo foi conduzido, concluiu-se que o tempo de 5, 15 ou 30 dias não promoveu grandes interferências no IVD do alho-semente livre de vírus. Além disso, quanto maior o tempo de pré-câmara e maior IVD, menor foi a produtividade e o diâmetro dos bulbos.

**Palavras-chave:** *Allium sativum* L. Brotação. Vernalização.

**Abstract:** Garlic is a monocotyledonous plant belonging to the Alliaceae family, considered an herbaceous plant with elongated, narrow leaves and sheaths that form the pseudostem. In pre-planting, the vernalization of garlic bulbs is a technique that makes less demanding of the plant in photoperiod and low temperatures. It allows differentiation and bulb formation in locations without adequate climatic conditions. However, if at the time of vernalization, the IVD is not suitable, a cold pre-chamber treatment can be done. Therefore, the present work aimed to evaluate the effects of different storage periods in the pre-chamber, at a temperature between 13 and 15 °C, on the IVD of noble garlic cultivar. The experiment was conducted in the municipality of Rio Paranaíba, Minas Gerais. The experimental design was in randomized blocks with four treatments (0, 5, 15, and 30 days in pre-chamber) and six repetitions, totaling 24 plots. After this period, all treatments were placed in a cold chamber at a temperature of -2 to 0 °C for 50 days.

Bulb classification was evaluated in different sieves and garlic crop yields. Under the conditions of this study, it was concluded that the time of 5, 15, or 30 days did not promote interference in the IVD of virus-free seed garlic.

**Keywords:** *Allium sativum* L. Budding. Vernalization.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma planta monocotiledônea pertence à família Alliaceae, considerada uma herbácea de folhas alongadas, estreitas e com bainhas que formam o pseudocaule. Rico em amido, é muito usado como condimento e como remédio devido a suas propriedades medicinais, além de ser um bom antioxidante (LUCENA, 2015).

No Brasil, são consumidos anualmente aproximadamente 300 mil toneladas de alho, sendo que 95% desse volume se destina ao consumo in natura, porém, em média, 60% do alho consumido no país é importado e apenas 40% são fornecidos pela produção nacional (EPAGRI, 2018). O cerrado brasileiro é considerado a região produtora de alho que apresenta a maior tecnificação no mundo. O alho produzido nessa região pode ser diferenciado no mercado mundial como alho brasileiro, devido às características dos bulbos, os quais apresentam túnicas brancas, e a película dos bulbos apresenta coloração roxa intensa (MARODIN, 2014).

Seu cultivo é bastante delicado. A cultura necessita de baixas temperaturas e de fotoperíodo (comprimento do dia) para a formação do bulbo. É possível minimizar essas exigências através do uso da vernalização do alho. A técnica da vernalização proporciona o aumento da produção em locais de cultivo que apresentam condições climáticas desfavoráveis à bulbificação do alho (YURI, 2004).

O uso da vernalização nos bulbilhos em pré-plantio resulta em um crescimento inicial rápido na cultura e possibilita que o alho se desenvolva em regiões de clima quente (GUEVARA-FIGUEROA *et al.*, 2015), substituindo a ausência de frio (AVILA, 2018). Essa técnica consiste em armazenar o alho-semente em câmaras com temperaturas baixas (entre -2 e 15 °C). A vernalização é dividida em duas etapas: inicialmente os bulbilhos de alho são armazenados em uma pré-câmara e, posteriormente, em câmara fria, sendo que cada etapa tem uma finalidade. A pré-câmara é um processo que quebra a dormência do broto e estimula a brotação do alho. Já a câmara fria vai suprir as necessidades da cultura no início do seu ciclo (NARDINI, 2016).

O período de armazenamento do alho varia em relação à época em que ocorrerá o plantio e à região (MACEDO; SILVA; SILVA, 2009). O bulbilho de alho entra em dormência logo após a formação das folhas de armazenamento e a gema de brotação. Dessa forma, não se deve plantar logo após ser colhido (LEDESMA *et al.*, 2008). Há necessidade de quebra da dormência do broto com a vernalização, fator que pode ser avaliado através do aumento do percentual do índice visual de superação de dormência ideal para o plantio (LUCENA, 2016), para se evitarem sérios problemas no ciclo da cultura.

O emprego de novas tecnologias permite aos produtores de alho obterem aumentos na produtividade. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar

o efeito do tempo da pré-câmara na produtividade e a classificação comercial dos bulbos de alho.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Barracão e em área de campo (Lote 93) pertencentes ao Grupo WM, situados às margens das rodovias MG 230 e BR 354, no município de Rio Paranaíba/Minas Gerais. Foi utilizado o alho-semente, da geração quatro, com ciclo de cultivo aproximado de 120 dias.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e seis repetições, totalizando-se 24 parcelas. Cada parcela consistiu de um canteiro com oito linhas duplas com quatro metros de comprimento. Os tratamentos foram os diferentes tempos de armazenamento na pré-câmara (13 a 15 °C), os quais estão descritos na Tabela 1.

Após o respectivo tempo de armazenamento de cada tratamento na pré-câmara, avaliou-se a superação da dormência do alho cortando uma amostra, composta por dez bulbilhos, no sentido longitudinal, para observação do tamanho da gema de brotação (Figura 1). Verificou-se o tamanho da gema de brotação utilizando-se o Índice Visual de Superação de Dormência (IVD) calculado pela fórmula  $IVD = (A/B) \times 100$ , em que A compreende o comprimento folha de brotação, e B, o comprimento do bulbilho (EMBRAPA, 2021).

**Tabela 1:** Índice visual de superação de dormência (IVD) dos bulbilhos para avaliação da produtividade e qualidade final dos bulbos de alho.

Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas-MG, 2021

Tratamentos		IVD (%)
T <sub>1</sub>	Sem pré-câmara	34%
T <sub>2</sub>	5 dias na pré-câmara	59%
T <sub>3</sub>	15 dias na pré-câmara	64%
T <sub>4</sub>	30 dias na pré-câmara	73%

**Figura 1:** Corte longitudinal dos bulbilhos de alho para avaliação do tamanho da gema de brotação nos tratamentos. T<sub>1</sub>: sem pré-câmara; T<sub>2</sub>: 5 dias na pré-câmara; T<sub>3</sub>: 15 dias na pré-câmara e T<sub>4</sub>: 30 dias na pré-câmara.

Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas-MG, 2021





Após determinado o IVD, todos os bulbilhos de alho foram armazenados em câmara fria (-2 a 0 °C) por 50 dias, período denominado de vernalização. Após esse período, realizou-se a debulha para a classificação do tamanho do bulbilho de alho.

O plantio foi realizado no dia 13 de abril de 2021, com densidade populacional de 384.000 plantas por hectare. A adubação de plantio foi realizada com base na análise de solo e de forma a atender as exigências da cultura. O acompanhamento da área foi realizado semanalmente e, quando constatada a necessidade, foi realizado o controle de pragas, de doenças e de plantas daninhas.

A colheita foi realizada no dia 20 de agosto de 2021. Avaliaram-se a produção por hectare e a classificação comercial dos bulbos de alho através da colheita das quatro linhas duplas centrais, excluindo-se as bordas.

As plantas colhidas em cada parcela foram submetidas ao processo de pré-cura no campo, permanecendo por dois dias expostas ao sol; os bulbos foram distribuídos um ao lado do outro em fileiras, de modo que os bulbos de cada fileira ficassem cobertos pelas ramas da fileira subsequente. Em seguida, realizou-se a separação das folhas, do bulbo e das raízes e determinou-se o peso dos bulbos. Os dados foram extrapolados para kg por hectare.

Os bulbos foram classificados segundo determinação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento na Portaria n. 174 de 12 de setembro de 2019. As classes comerciais e os respectivos diâmetros transversais de cada classe podem ser visualizados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Classes de classificação comercial de alho conforme o diâmetro transversal do bulbo

Classe	Diâmetro transversal (mm)
8	61 a 65
7	56 a 60
6	51 a 55
5	46 a 50
4	41 a 45
3	31 a 40
2	21 a 30
1	> 20

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância no nível de significância 5%, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico STATISTICA®.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os bulbos classificados nas peneiras 4, 6 e 8, não houve influência do período de pré-câmara no peso de bulbos. Já para o peso de bulbos classificados nas peneiras 5 e 7, observaram-se diferenças estatísticas significativas (Tabela 3).

Na peneira 5, quanto maior o tempo de pré-câmara, maior o peso de bulbos. Nessa classificação, o peso dos bulbos que permaneceram por 30 dias em pré-câmara foi em média de 2,73 kg; em relação aos bulbos que ficaram por 15 e 5 dias em pré-câmara, os valores foram em média de 2,3 kg; no que concerne àqueles que não passaram pelo período de pré-câmara, o peso foi de 1,95 kg. Para os bulbos de alho classificados na peneira 7, observa-se menor quantidade de 5,70 kg quando o período de exposição dos bulbilhos em pré-câmara foi de 30 dias (Tabela 3).

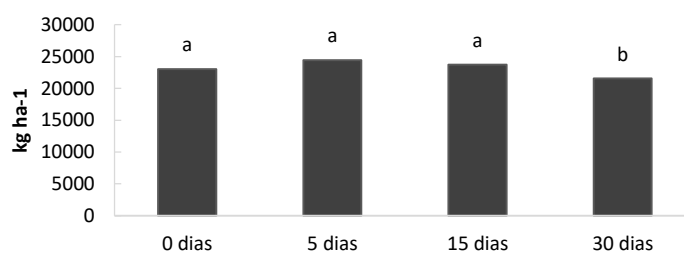
**Tabela 3:** Efeito do período de pré-câmara sobre o peso (kg) de bulbos classificados de alho-semente livre de vírus (ALV) em condição de campo

Tratamentos	Peneira 4	Peneira 5	Peneira 6	Peneira 7	Peneira 8	Total
0 dias	0,85 ns	1,95 c	5,52 ns	7,81 a	2,26 ns	18,43 a
5 dias	0,81	2,31 b	6,21	8,22 a	1,95	19,56 a
15 dias	0,88	2,38 b	6,75	7,35 a	1,6	18,99 a
30 dias	1,02	2,73 a	6,29	5,70 b	1,43	17,25 b
CV (%)	63	28	16	9	36	5

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Com relação à produtividade da cultura de alho, observam-se menores valores quando os bulbilhos permaneceram em pré-câmara por 30 dias, sendo que nesse tratamento a produtividade foi de 21.564 kg ha<sup>-1</sup>. A redução de produtividade, quando os bulbilhos foram expostos a pré-câmara por 30 dias, foi em média de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> quando comparada aos demais tratamentos (Figura 2).

**Figura 2:** Efeito do período da pré-câmara sobre a produtividade de alho-semente livre de vírus (ALV) em condição de campo



Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os dados encontrados neste estudo diferem dos comumente encontrados na literatura. De acordo com a Embrapa (2021), valores de IVD superiores ou iguais a 70% indicam que o alho-semente está adequado para o plantio.

Observou-se também, durante o período de condução do trabalho, que a brotação dos bulbilhos de alho que não passaram pelo período de pré-câmara aconteceu oito dias depois dos bulbilhos de alho que permaneceram em pré-câmara por 30 dias. No entanto, a colheita de todos os tratamentos aconteceu no mesmo dia, e notou-se visualmente um desenvolvimento desigual em relação ao número de folhas e ao tamanho do pseudocaule, entre as plantas. Mas, devido ao trabalho ter sido realizado

em área comercial, a decisão pela colheita ocorreu em função dos preços de mercado, desconsiderando-se as características fisiológicas.

Características como acúmulo de matéria seca são importantes na conservação do produto e tempo de prateleira, podendo significar bulbos fisiologicamente mais desenvolvidos e com menores teores de umidade (OLIVEIRA *et al.*, 2003). Acredita-se que o tratamento sem pré-câmara, por ter sua colheita antecipada e por ter passado apenas pelo processo de pré-cura, apresentasse teor de água maior, fazendo com que seu peso final fosse superior aos demais.

Apesar da utilização da técnica de vernalização em pré-plantio com diferentes períodos de armazenamento na pré-câmara, nenhum dos tratamentos apresentou pseudoperfilhamento. De maneira geral, a vernalização pode influenciar no início da brotação, no número de folhas, na altura e na produtividade. Os períodos de 5 e 15 dias na pré-câmara apresentaram médias de produtividade superiores aos de 30 dias.

Com isso, observa-se a queda da produtividade com o aumento da vernalização. Isso pode ser a resposta da perda do vigor da semente, submetida por longo período de armazenamento. Existem divergências quanto ao efeito da vernalização sobre a cultura do alho, de modo que não se devem generalizar os resultados, mas levantar algumas considerações sobre a temperatura, a região e a época do plantio (CARVALHO, 1980).

A vernalização dos bulbos de alho em pré-plantio é uma técnica de manejo que permitiu o cultivo de alho em regiões que não possuem as condições climáticas adequadas para determinada cultivar, pois, após passar pela vernalização, a planta de alho torna-se menos exigente em fotoperíodo e temperaturas baixas para a diferenciação e formação de bulbos. O período de armazenamento na câmara fria é definido em função das variações de temperatura de cada região e da época de plantio, portanto recomenda-se, antes da introdução do alho vernalizado em determinada região, adequar a tecnologia de vernalização ao local, por meio de testes de combinação de tempo em câmara fria com épocas de plantio (EMBRAPA, 2021).

#### 4 CONCLUSÃO

Nas condições em que este estudo foi conduzido, concluiu-se que os tempos de 5, 15 ou 30 dias não promoveram grandes interferências no IVD do alho-semente livre de vírus. Além disso, quanto maior o tempo de pré-câmara e maior IVD, menor foi a produtividade e o diâmetro dos bulbos.

No entanto, é necessário a realização de novos estudos para compreender melhor a relação de IVD com a produtividade e o diâmetro dos bulbos no alho-semente livre de vírus, nas condições climáticas do Cerrado Mineiro.

#### REFERÊNCIAS

ÁVILA, V. T. **Produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristema**. 2018. 47 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretário da Defesa. **Portaria nº 174, de 12 de setembro de 2019**, Brasília, 2019. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=18/09/2019&jornal=515&pagina=15>.

CARVALHO, C. G. S.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, Y. Efeito de tratamentos pré-plantio de bulbilhos de alho (*Allium sativum* L.) cv. Amaranthe. **Revista Latina de Ciência Agropecuária**, [S. l.], v. 15, n. 1, p.165-173, 1980.

EMBRAPA. **Como plantar alho**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortaliças/alho/vernalizacao>.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2017-2018**. Curitiba - SC, 2018. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br>.

GUEVARA-FIGUEROA, T.; JIMÉNEZ-ISLAS, H.; REYES-ESCOGIDO, M.; MORTENSEN, A. G.; LAURSEN, B. B.; LIN, L. W.; LEÓN-RODRÍGUEZ, A. de; FOMSGAARD, I. S.; ROSA, A. P. B. de L. Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). **Journal of Food Composition and Analysis**, [S. l.], v. 23, p. 525-532, 2015.

LEDESMA, A.; REALE, M. I.; RACCA, R.; BURBA, J. L. Efecto de bajas temperaturas y períodos de amacene de pre-plantation sobre diversas manifestaciones del crecimiento em ajo (*Allium. Sativum. L*) tipo clonal Rosado Paraguai. **Phyton**, Buenos Aires, v. 39, n. 9, p. 37-48, 2008.

LUCENA, R. R. M. **Desempenho produtivo e qualitativo de cultivares de alho semi-nobre vernalizado na Mesorregião Oeste Potiguar**. 2015. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

LUCENA, R. R. *et.al.* Qualitative analysis of vernalized semi-noble garlic cultivars in western Rio Grande do Norte state, Brazil. **Revista Caatinga**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 764-773, 2016.

MACÊDO, F. S.; SILVA, R. J. da; SILVA, E. C. da. Exigências Climáticas. In: SOUZA, R. J. D.; MACÊDO, F. S. **Cultura do alho: técnicas modernas de produção**. Lavras: UFLA, 2009, 181 p., p. 29-38.

MARODIN, J. C. **Produtividade de alho em função da sanidade e tamanho do alho-semente e de densidade de plantio**. 2014. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

NARDINI, J. P. C. **Períodos de Vernalização em bulbilhos semente livre de vírus de cultivares nobres de alho no cerrado brasileiro**. 2016. 61f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

OLIVEIRA, C. M. D. *et al.* Determinação do ponto de colheita na produção de alho. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 506-500, 2003.

YURI, J. E. *et al.* Vernalização do alho para o cultivo in vitro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 585-588, 2004.

# Influência da tela fotoconversora vermelha e dos tipos de cobertura morta no cultivo de alface crespa em sistema orgânico

*Influence of the red shading net and types of mulch on the cultivation of green-leaf lettuce in an organic system*

VINÍCIUS FERREIRA SILVÉRIO

Discente do curso de Agronomia - UNIPAM

E-mail: [viniciusfs@unipam.edu.br](mailto:viniciusfs@unipam.edu.br)

ELISA QUEIROZ GARCIA

Professora orientadora - UNIPAM

E-mail: [elisaqg@unipam.edu.br](mailto:elisaqg@unipam.edu.br)

---

**Resumo:** A alface crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*) destaca-se entre os alimentos orgânicos mais consumidos pelos brasileiros. Diante disso, busca-se uma forma de produção sustentável e com melhor desenvolvimento, para que seja levada à mesa do consumidor uma hortaliça de qualidade. Logo, este estudo teve como objetivo avaliar a influência da tela fotoconversora vermelha associada a tipos de cobertura morta, na produção de alface orgânica. O estudo foi realizado na fazenda Aragão, localizada na rodovia BR 354, Km 6,5, no município de Patos de Minas-MG. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com cinco repetições, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro tipos de cobertura (Bagaço da cana-de-açúcar, casca de café, apra de grama e sem cobertura (controle)) e duas áreas de cultivo (presença e ausência de tela fotoconversora de luz). As plantas foram colhidas 45 dias após o transplante (DAT) e foram avaliadas as seguintes variáveis: massa fresca, diâmetro, altura e número de folhas. Verificou-se que a presença da tela fotoconversora e o tipo de cobertura vegetal interferiram na produção de alface orgânica, afetando todas as variáveis amostradas. Os tipos de cobertura também diferiram significativamente do controle, com destaque para a casca de café e apra de grama para todas as variáveis. Com este estudo, verificou-se que a utilização da tela fotoconversora e do tipo de cobertura vegetal atua positivamente na produção de alface orgânica, destacando-se as coberturas de casca de café e de apra de grama. Assim, recomenda-se utilizar a tela fotoconversora vermelha com cobertura de casca de café e apra de grama para otimizar a produção orgânica de alface.

**Palavras-chave:** Agricultura orgânica. Ambiente protegido. Desenvolvimento vegetativo. *Lactuca sativa* L.. Sustentabilidade.

**Abstract:** The green-leaf lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) stands out among the most consumed organic foods by Brazilians. Therefore, we sought a form of sustainable production with better development so a quality vegetable could be on the consumer's table. Therefore, we sought a form of sustainable production with better development so a quality vegetable could be on the consumer's table. For this reason, this study aimed to evaluate the influence of the red photoconverter screen associated with types of mulch in the production of organic lettuce. The

study was conducted at Aragão farm, located on BR 354 Highway, Km 6.5, in the municipality of Patos de Minas-MG. We used a randomized block design with five repetitions in a 4 x 2 factorial scheme, with four types of cover (sugarcane bagasse, coffee husk, grass clippings, and no mulch (control)) and two cultivation areas (presence and absence of light-converting screens). The plants were harvested 45 days after transplanting (DAT) and evaluated the following variables: fresh mass, diameter, height, and the number of leaves. It was found that the presence of the photoconverter screen and the type of mulch interfered with the production of organic lettuce, affecting all the variables sampled. The types of cover also differed significantly from the control, especially coffee husk and grass clippings for all variables. It was verified that the photoconverting screen and the type of vegetation cover act positively in organic lettuce production, highlighting the coffee peel and grass clippings. Thus, it is recommended to use the red photoconverter screen with a cover of coffee husk and grass clippings to optimize the organic production of lettuce.

**Keywords:** Organic agriculture. Greenhouse. Vegetative development. *Lactuca sativa* L.. Sustainability.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa pertencente à família Asteraceae, originária do continente asiático. Rica em nutrientes importantes para a saúde humana como vitaminas, sais minerais e fibras, esta hortaliça é a folhosa mais consumida no Brasil (ZIECH *et al.*, 2014). A alface crespa (*Lactuca sativa* var. crispa), com suas folhas longas, crespas e onduladas é o tipo mais consumido pelos brasileiros, com 65% de preferência no mercado (SUINAGA, 2019). Seu crescimento é influenciado por fatores como temperatura, umidade relativa, fotoperíodo, disponibilidade hídrica e variabilidade genética (PUIATTI; FINGER, 2005).

Por ser uma cultura cultivada em larga escala, é importante procurar técnicas que facilitem a potencialização da produção, de forma que se garanta a sustentabilidade ambiental nas áreas de cultivo (MOREIRA *et al.*, 2014). Assim, o crescimento da produção orgânica no cenário brasileiro está associado ao baixo impacto ambiental e à consciência alimentar das pessoas que querem saber a origem e os procedimentos de cultivo dos alimentos. Dessa forma, esse modo de cultivar alface com a utilização de compostos orgânicos, além de oferecer produtos saudáveis e livres de herbicidas e fertilizantes, também preserva a diversidade biológica, recicla resíduos orgânicos, promove o correto uso do solo e desenvolve a sustentabilidade. Além disso, a utilização da tela fotoconversora de proteção e o sombreamento, que atua no controle do desenvolvimento vegetativo, melhoram a capacidade fotossintética da alface pela mudança do espectro de luz solar.

Diante disso, busca-se uma forma de produção sustentável com melhor desenvolvimento para se levar à mesa do consumidor hortaliça de qualidade. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da tela fotoconversora vermelha associada a tipos de cobertura morta na produção de alface orgânica.

## 2 METODOLOGIA

Este estudo foi realizado em uma área experimental da fazenda Aragão, localizada na rodovia BR 354, Km 6,5 (rodovia Patos de Minas/Lagoa Formosa), no município de Patos de Minas-MG (latitude: -18° 39'5" S, longitude: -46° 28'30" O e altitude de 824 metros). O clima do local, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo tropical (Aw), com temperatura média de 21,8°C e pluviosidade média anual de 1296 mm. O solo (camada 0-20 cm de profundidade) apresenta textura argilosa, classificado como Latossolo Vermelho Distroférico e, de acordo com a Tabela 1, apresenta as seguintes características.

**Tabela 1:** Resultado da análise química do solo (camada 0-20 cm) em Latossolo Vermelho Distroférico, na fazenda Aragão. Patos de Minas, MG. 2021

Amostra	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H <sup>+</sup> Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	m	V
	H <sub>2</sub> O	dag/Kg	mg/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>					%	
0-20 cm	5,4	3,28	3,05	232	1,8	1,2	0,14	4,8	3,6	3,75	8,44	3,7	42

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento em blocos casualizados (DBC) com cinco repetições em esquema fatorial 4 x 2 com quatro tipos de cobertura, na presença ou na ausência de tela fotoconversora de luz (Tabela 2). Foram utilizadas oito plantas em cada parcela, perfazendo o total de 320 unidades amostrais.

**Tabela 2:** Esquema fatorial dos tratamentos para verificar a influência de tela fotoconversora de luz e coberturas vegetais no cultivo de alface crespa orgânica. Patos de Minas, MG. 2021

Tratamentos	Tela fotoconversora de luz	Tipos de cobertura
Tratamento 1	Sim	Bagaço da cana-de-açúcar
Tratamento 2	Sim	Casca de café
Tratamento 3	Sim	Apara de grama batatais
Tratamento 4	Sim	Sem cobertura (Controle)
Tratamento 5	Não	Bagaço da cana-de-açúcar
Tratamento 6	Não	Casca de café
Tratamento 7	Não	Apara de grama batatais
Tratamento 8	Não	Sem cobertura (Controle)

O primeiro fator foi composto por quatro tipos de coberturas de canteiro: bagaço da cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum* L.), casca de café (*Coffea arabica* L.), apara de grama batatais (*Paspalum notatum* Flüggé) e controle (sem cobertura); segundo fator, por duas áreas: protegido com tela fotoconversora de luz (Sim) e sem tela (Não). A parcela experimental foi de 1,8 m de comprimento por 1,2 m de largura, com 24 alfaces plantadas em quatro linhas dispostas no espaçamento de 0,3 por 0,3 m. Foram consideradas como área útil as duas linhas centrais de cada canteiro, exceto as plantas laterais, contendo oito plantas no total.



Primeiramente, o preparo do solo foi feito por gradagem, com grades tracionadas por trator, de forma que elas atingissem o solo numa profundidade (0-20 cm), suficiente para fragmentar a camada superficial compactada. Foi necessário deixar o solo úmido para que a preparação fosse bem-sucedida. Em seguida, de acordo com cálculos provenientes dos resultados da análise de solo, foram aplicados 2,6 t. ha<sup>-1</sup> de calcário calcítico para elevar a saturação de bases para 70%. Após a incorporação do calcário com o motocultivador tratorito, aguardaram-se 60 dias para o transplântio. Feito isso, o preparo secundário do solo foi executado por meio de um encanteirador tracionado ao trator, para incorporar o composto orgânico (50% de casca de café, 30 % de esterco de gado e 20% de esterco de aves) e depois formar os canteiros.

As mudas de alface foram produzidas em bandejas, conduzidas em ambiente protegido no viveiro comercial. No dia anterior ao transplante, foi feita a mistura da calda de produtos biológicos, sendo aplicada com um regador de 10 Litros, com 2 g/L de (*Trichoderma asperellum*), 5 mL/L de (*Azospirillum brasilense*), 2 mL/L de (*Bacillus subtilis*) e 2 mL/L de (*Bacillus methylophilus*). A segunda aplicação de produtos biológicos foi feita 15 dias após o transplântio (DAT), dessa vez com uma bomba de 20 Litros, sendo 2,5 g/L de (*Trichoderma asperellum*), 5 mL/L de (*Azospirillum brasilense*) e 3,75 mL/L de (*Bacillus methylophilus*).

O transplante aconteceu 30 dias após a semeadura (DAS) e ocorreu no final da tarde, pois a temperatura estava mais amena. Seguidamente, cada tipo de cobertura morta foi devidamente colocado nas suas respectivas parcelas, de modo que cobrisse toda a superfície delas. As parcelas foram irrigadas antes e após o transplante das mudas de alface. A irrigação foi feita por meio do sistema de aspersão duas vezes ao dia, pela manhã e ao final da tarde, durante 60 e 30 minutos, respectivamente.

Devido à alta incidência de insetos logo após a instalação do experimento, foi necessário instalar armadilhas retangulares, que continham cola adesiva, nas cores azul e amarela, para controlar insetos pragas. Elas foram instaladas entre cada parcela da área experimental. As placas mediam 24,5 cm de altura x 10 cm de largura, foram fixadas em madeiras de 40 cm de altura x 7 cm de diâmetro e colocadas no terreno de modo que ficassem a uma altura de 15 cm do solo.

Para combater tripes (*Frankliniella schultzei*), foi necessário fazer aplicação de um bioinseticida biológico à base do fungo (*Beauveria bassiana*), na dosagem de 4 g/L. Juntamente com o produto citado anteriormente, para combater as lagartas, foi utilizado um inseticida microbiológico à base da bactéria (*Bacillus thuringiensis*), na dosagem de 5 mL/L. Foi usado também um aditivo biológico à base do fungo (*Metarhizium* sp.), de 15 em 15 dias, na dosagem de 4 mL/L. Além disso, foi necessário aplicar óleo de Neem, à base de azadiractina, com concentração de 0,12 % p/p. Todos esses produtos citados, foram misturados e aplicados uma vez por semana na bomba de 20 litros, durante todo o ciclo da alface.

As plantas foram colhidas 45 dias após a transplântio (DAT), e a parte aérea e raízes foram separadas com o auxílio de uma faca, no período da manhã, por volta das 6 horas. Logo depois, elas foram lavadas com água para que as impurezas fossem retiradas. Feito isso, por volta das 9 horas, as alfaces foram colocadas em caixotes de madeira e transportadas até o laboratório Central de Análises de Fertilidade do Solo

(CEFERT), do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram avaliadas quatro variáveis:

- a) massa fresca total da planta: para estimar a massa fresca total da planta, utilizou-se a balança semianalítica Modelo BK 2000 Série Econômica com duas casas decimais;
- b) diâmetro da planta: para medir o diâmetro da planta, foi utilizada uma fita métrica; a dimensão da cabeça foi dada de uma extremidade a outra e considerou-se o maior diâmetro da planta; foi considerada a parte comercializável;
- c) altura da planta: para medir a altura da planta, foi utilizada uma fita métrica; a medição foi feita da base do caule até o ápice da planta;
- d) Número de folhas por planta: para quantificar o número de folhas por planta, foi considerado o número total de folhas; as folhas foram retiradas manualmente e separadas para contagem direta.

Para verificar se a tela fotoconversora interferiu na produção de alface orgânica, as variáveis foram comparadas pelo teste t-Student e elaborados gráficos de caixa (boxplot) para auxiliar na interpretação dos dados. Para verificar se o tipo de cobertura vegetal interferiu na produção de alface orgânica, as variáveis foram comparadas pelos testes F e Tukey a 5% de significância e elaborados gráficos de caixa (boxplot) para auxiliar na interpretação dos dados. Para verificar se havia interferência na produção de alface orgânica com a utilização da tela fotoconversora com diferentes tipos de cobertura vegetal, realizou-se a ANOVA fatorial. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o Programa de domínio público RStudio (Development Core Team, USA).

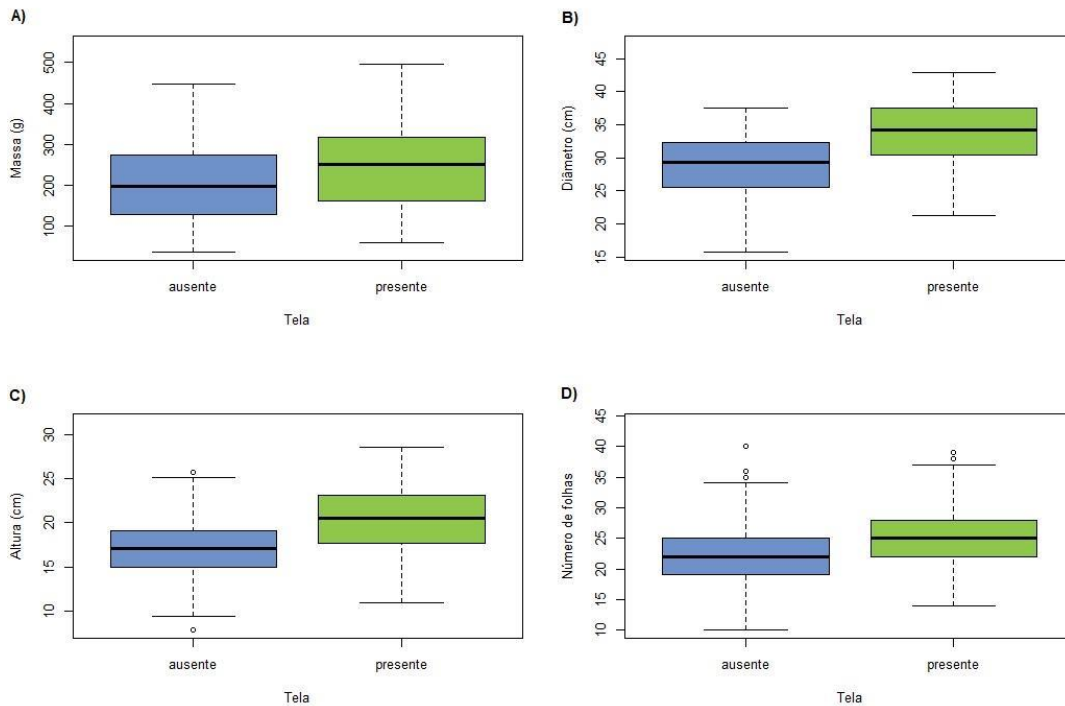
### 3 RESULTADOS

A massa fresca total da planta variou entre 495,21g e 36,71g (média = 227,39g, desvio padrão = 99,12g). O diâmetro da planta variou entre 42,9 cm e 15,7 cm (média = 31,09 cm, desvio padrão = 5,57 cm). A altura da planta variou entre 28,6 cm e 7,8 cm (média = 18,62 cm, desvio padrão = 3,64 cm). O número de folhas por planta variou entre 40 e 10 (média = 23, desvio padrão = 5,10 cm). A Figura 1 apresenta a variação dos valores de massa fresca total (A), diâmetro (B), altura (C) e número de folhas (D) das alfaces com a presença e ausência de tela fotoconversora durante o experimento. A Figura 2 apresenta a mesma variação dos parâmetros analisados sob diferentes tipos de cobertura vegetal.

Verificou-se que a presença da tela fotoconversora interferiu na produção de alface orgânica, afetando todas as variáveis amostradas. Verificou-se também que o tipo de cobertura vegetal interferiu na produção de alface orgânica. Todos os tipos de cobertura diferiram significativamente do controle, com destaque para a casca de café e apra de grama para todas as variáveis (Figura 2).

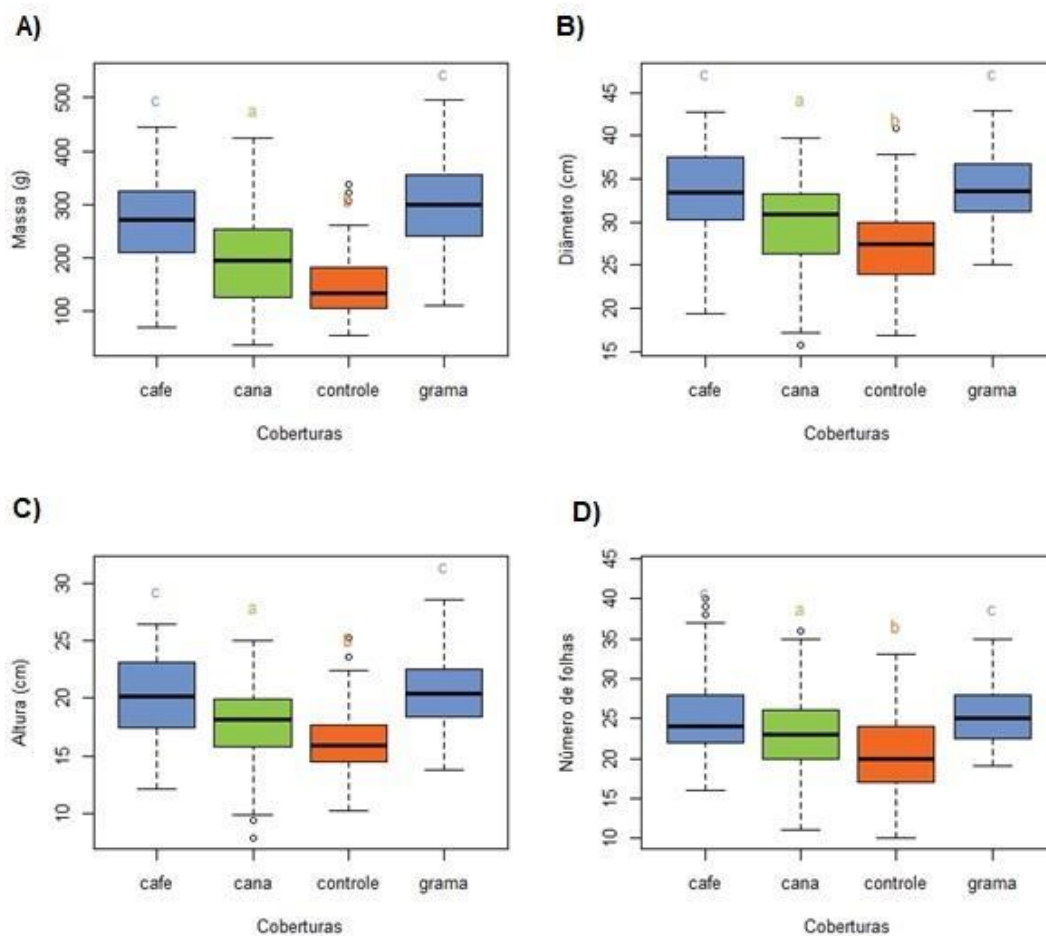
Na Tabela 3, estão apresentados os Resultados da Análise de Variância Fatorial e teste de média para as variáveis massa fresca total (g), diâmetro (cm), altura (cm) e número de folhas das alfaces plantadas durante o experimento. Pode-se observar que houve interação significativa entre a tela fotoconversora e as coberturas para diâmetro e altura.

**Figura 1:** Variação dos valores de massa fresca total (A), diâmetro (B), altura (C) e número de folhas (D) das alfaces com a presença e ausência de tela fotoconversora, plantadas entre 13 de junho e 28 de julho de 2021 na Fazenda Aragão em Patos de Minas, MG



Cada caixa inclui os dados entre o 1º e 3º quartil, a mediana é representada pela linha horizontal dentro da caixa. Valores máximos e mínimos estão marcados pelas linhas horizontais fora da caixa e os outliers estão representados como círculos vazios. As cores diferentes indicam diferença significativa pelo teste T de Student.

**Figura 2:** Variação dos valores de massa fresca total (A), diâmetro (B), altura (C) e número de folhas (D) das alfaces plantadas sob diferentes tipos de cobertura vegetal entre 13 de junho e 28 de julho de 2021 na Fazenda Aragão em Patos de Minas, MG



Cada caixa inclui os dados entre o 1º e 3º quartil, a mediana é representada pela linha horizontal dentro da caixa. Valores máximos e mínimos estão marcados pelas linhas horizontais fora da caixa e os outliers estão representados como círculos vazios. Letras e cores diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância.

**Tabela 3:** Resultados da Análise de Variância Fatorial e teste de média para as variáveis massa fresca total (g), diâmetro (cm), altura (cm) e número de folhas das alfaces plantadas entre 13 de junho e 28 de julho de 2021 na Fazenda Aragão em Patos de Minas, MG

	Efeito	SQ	gl	QM	F	p
<b>Ma ssa</b>	Tela	126380	1	126380	20,684	7,76e-06
	Cobertura	1069475	3	356492	58,346	<2e-16
	Tela x Cobertura	32045	3	10682	1,748	0,157
	Resíduo	1906314	312	6110		
	Total	3131214	319	499664	80,778	1,6e-01
<b>Di â m e t r o</b>	Tela	2065	1	2064,5	122,672	<2e-16
	Cobertura	2422	3	807,3	47,970	<2e-16
	Tela x Cobertura	149	3	49,6	2,948	0,033
	Resíduo	5251	312	16,8		
	Total	9887	319	2938,2	173,590	3,3e-02
<b>Alt ura</b>	Tela	881,1	1	881,1	122,970	<2e-16
	Cobertura	1038,2	3	346,1	48,295	<2e-16
	Tela x Cobertura	76,8	3	25,6	3,574	0,0144
	Resíduo	2235,6	312	7,2		
	Total	4231,7	319	1260	174,839	1,4e-02
<b>Nú me ro de fol has</b>	Tela	750	1	750,3	37,932	2,25e-
	Cobertura	1296	3	432,1	21,845	7,32e-
	Tela x Cobertura	84	3	27,9	1,412	0,2
	Resíduo	6171	312	19,8		
	Total	8301	319	1230,1	61,189	3,3e-

SQ - soma dos quadrados, gl - graus de liberdade, QM - quadrados médios, F - teste F, p - probabilidade de se encontrar os resultados encontrados em um mundo no qual a hipótese nula seja verdadeira ( $=Pr(>F)$ ).

#### 4 DISCUSSÃO

Com este estudo, verificou-se que a tela fotoconversora associada a coberturas vegetais interferiu na produção orgânica de alface crespa. A utilização de tela fotoconversora na produção de alface orgânica é recomendada porque permite o controle do desenvolvimento vegetativo da planta, influenciando no tamanho de folha, brotação, altura, peso, florescimento e maturação, através da transmissão de espectros de luz específicos resultantes da fotoconversão. Além disso, minimiza os danos causados pelo excesso de radiação solar e evita danos causados por geadas, granizos, pássaros, insetos e chuvas fortes. O uso de tela tem sido empregado para viabilizar a produção de diversas hortaliças em regiões de clima com grande incidência de radiação solar e altas temperaturas (BEZERRA NETO *et al.*, 2005). Radin *et al.* (2004) explicam que, em regiões ou períodos do ano com maior temperatura do ar e radiação solar, o maior sombreamento devido ao uso de telas reduz o efeito de fotoinibição na alface,

promovendo produção de folhas maiores, o que contribui para maior quantidade de massa fresca por planta. Segundo Puiatti e Finger (2005), há diminuição do tecido paliádico e o aumento do lacunoso, resultando numa maior área foliar específica.

Desde os anos 80, no Sul e Sudeste do Brasil, o cultivo protegido de hortaliças tem sido utilizado, promovendo um ambiente propício para o cultivo, podendo assim se obter maior qualidade e uniformidade da produção (ROCHA, 2007). Leite *et al.* (2003), ao estudarem a viabilidade de uso de telados para produção de alface em larga escala, perceberam que, ao longo do desenvolvimento, todas as telas propiciaram maior altura e diâmetro da planta em relação à testemunha. Isso se dá devido à maior temperatura ambiental que afeta o desempenho das plantas em campo aberto, fato observado por Seabra Júnior *et al.* (2009), que avaliaram o desempenho de cinco cultivares de alface em diferentes ambientes, verificando que as temperaturas aferidas para o campo aberto foram sempre superiores em comparação aos ambientes telados, chegando a quase 40°C às 13:00 horas, o que acarretou menor produção das cultivares nesse ambiente.

De acordo com Bezerra Neto *et al.* (2005), as telas são de polipropileno, que proporcionam sombreamento e podem ser utilizadas em estufas ou em campo aberto. A tela diminui a incidência de radiação solar sobre as plantas, modificando a taxa fotossintética e o microclima onde a planta está sendo cultivada (RIBEIRO *et al.*, 2007). Existem diferentes tipos de telas em função dos níveis de sombreamento, sendo os mais facilmente encontrados de 35% e 50% de sombra. Marengo e Lopes (2009) detalham a absorção e dissipação dos diferentes espectros da energia solar pelas plantas, como ao explicarem que a absorção da luz vermelha é mais eficiente para a ocorrência do processo fotoquímico, embora possua menos energia que a luz azul. O mercado ainda apresenta outras telas com diferentes objetivos, como a ChromatiNet® vermelha, que faz conversão do espectro de luz solar, potencializando o espectro nas ondas do vermelho e vermelho distante, além de maximizar a distribuição da luz difusa, possibilitando melhor aproveitamento pelas plantas (COSTA *et al.*, 2011).

A utilização de cobertura vegetal na produção de alface orgânica é recomendada porque a cobertura modifica as condições em que as sementes das plantas daninhas germinam, dificultando a emergência pela menor incidência da luz, pela menor amplitude térmica do solo entre dia e noite, pela liberação de aleloquímicos e pela barreira física imposta por elas (CARVALHO *et al.*, 2011). Segundo Favarato *et al.* (2018), a cobertura do solo funciona como uma barreira térmica, reduzindo a perda de calor para o ambiente; além do mais, os mesmos autores verificaram em seu estudo que a cobertura com palhada proporcionou maior umidade relativa no dossel das plantas, quando comparada com as lonas plásticas.

Nota-se que a barreira física entre a planta e o solo, proporcionada pela cobertura do solo, pode refletir na qualidade da alface (BLIND; SILVA FILHO, 2015). Essa melhora pode ser atribuída à ausência de competição de água, luz e nutrientes das plantas invasoras com a alface (SOUZA *et al.*, 2016). Além disso, a diminuição da infestação de plantas espontâneas (SILVA *et al.*, 2009), a disponibilidade de nutrientes (OLIVEIRA *et al.*, 2008), o aumento da biomassa microbiana (WANG *et al.*, 2008) e a maior economia de água (MOTA *et al.*, 2010) são outros benefícios da cobertura do solo sobre a produtividade das culturas. Trezzi e Vidal (2004) observaram reduções de 41%

de infestação e de 74% de massa seca total de plantas daninhas, comparando as áreas cobertas com culturas à testemunha descoberta.

O cultivo da alface com *mulchings* favorece o aquecimento e umidade na camada mais superficial do solo e, como consequência, faz com que a planta tenha um crescimento radicular, nesta região, maior, proporcionando maior crescimento e acúmulo de massa (BEZERRA NETO *et al.*, 2005). De acordo com Souza e Resende (2006), por meio da cobertura do solo, procura-se influenciar positivamente as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como a diminuição da erosão, criando condições ótimas para o crescimento radicular. O emprego de cobertura morta em períodos chuvosos auxilia principalmente no controle da erosão e proteção do solo, enquanto a utilização da cobertura em períodos secos do ano proporciona melhores efeitos sobre o desenvolvimento das hortaliças, pela retenção de umidade no solo e pela disponibilização de nutrientes (SOUZA; RESENDE, 2014).

A casca de café como cobertura vegetal mostra-se mais adequada na produção de alface orgânica porque alguns tipos de resíduos podem desempenhar funções adicionais específicas nos cultivos orgânicos, pois podem mobilizar potássio e complementar a oferta deste nutriente para a nutrição das hortaliças (BORGES *et al.*, 1997; ANDRADE JUNIOR *et al.* (2005). No cultivo de alface com cultivares, Andrade Júnior *et al.* (2005) verificaram que a cobertura morta com casca de café resultou na produção de plantas com maior peso em relação à casca de arroz, ao capim brachiária seco, ao plástico preto e ao solo sem cobertura (controle), que não diferiram entre si.

Conforme relatam Guimarães *et al.* (2002), a casca de café contém alto teor de K, em média 3,75 dag. g<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo um resíduo da cafeicultura utilizado na adubação dos cafezais com o objetivo de repor o K extraído pelas plantas. Segundo Rosolem *et al.* (2003), as espécies que acumularam K foram as que liberaram este elemento em maior quantidade. Sendo assim, por ser rica em K, pode-se afirmar que a superioridade da cobertura de canteiro com casca de café em relação aos demais tipos de cobertura pode estar relacionada à maior disponibilização de K para as plantas, contribuindo, consequentemente, para o melhor desenvolvimento delas.

Bernardino *et al.* (2005 *apud* MALAVOLTA, 2006) relatam que, embora os teores nutricionais presentes na casca de café sejam variáveis, elementos minerais como cálcio, potássio, fósforo, magnésio, nitrogênio e carbono estão presentes em sua composição, nutrientes essenciais para o desenvolvimento não só da alface, mas também de todos os vegetais. No momento em que a casca de café sofre o processo de decomposição, esse material libera no solo nutrientes que são utilizados pelas plantas de alface para se desenvolverem, permitindo, assim, um aumento de peso na planta

A aparca de grama como cobertura vegetal mostra-se mais adequada para produção de alface orgânica porque pode fornecer importantes nutrientes às plantas, como nitrogênio, além de formar uma proteção que preserva a umidade do solo, reduz a ação de fungos, o crescimento de plantas daninhas e a proliferação de insetos. Gliessman (2001) indica que as coberturas mortas formadas por resíduos de lenta decomposição, como é o caso das gramíneas, contribuem para a conservação da umidade do solo, tendo efeito direto sobre a produção agrícola.

Outros autores têm evidenciado o potencial de controle de ervas espontâneas através da adição de resíduos de gramíneas (CORREIA; DURIGAN, 2004) e de

leguminosas (ERASMO *et al.*, 2004) à superfície do solo. Esses resultados são geralmente associados a efeitos físicos e químicos. Do ponto de vista químico, os resíduos vegetais podem liberar substâncias capazes de inibir ou retardar a germinação e o crescimento das plântulas, processo conhecido como alelopatia (PIRES; OLIVEIRA, 2001).

## 5 CONCLUSÃO

Por meio deste estudo, verificou-se que a utilização da tela fotoconversora e o tipo de cobertura vegetal interferem positivamente na produção de alface orgânica. Entre os tipos de cobertura vegetal, a casca de café e a apra de grama se destacaram dos demais. Portanto, recomenda-se que se utilize tela fotoconversora vermelha com cobertura vegetal de casca de café ou apra de grama para otimizar a produção de alface orgânica.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR, V. C. de; YURI, J. E.; NUNES, U. R.; PIMENTA, F. L.; MATOS, C. de S. M. de; FLORIO, F. C. de A.; MADEIRA, D. M. Emprego de tipos de cobertura de canteiro no cultivo da alface. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 23, p. 899-903, 2005.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. H. C.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; NUNES, G. H. S.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; QUEIROGA, R. C. L. F. Sombreamento para produção de mudas de alface em alta temperatura e ampla luminosidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 133-137, jan./mar. 2005.

BLIND, A. D.; SILVA FILHO, D. F. Desempenho de cultivares de alface americana cultivadas com e sem mulching em período chuvoso da Amazônia. **Revista Agro@mbiente On-line**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 143-151, 2015.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E. J. (org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. p. 197-260.

CARVALHO, S. P.; SILVEIRA, G. S. R. **Cultura da alface**. Departamento Técnico da Emater. 2011.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, [S. l.], v. 22, p. 11-17, 2004.

COSTA, R. C. *et al.* Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 29, p. 98-102, jan./mar. 2011.

ERASMO, E. A. L.; AZEVEDO, W. R.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, A. M.; GARCIA, S. L. R. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, [S. l.], v. 22, p. 337-342, 2004.



FAVARATO, L. F.; EUTRÓPIO, F. J.; GUARÇONI, R. G.; MENDES, L. Variação térmica e umidade relativa do ar em diferentes coberturas de solo no cultivo da alface. *In: ENCONTRO LATINO- AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 22.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 18.; ENCONTRO NACIONAL DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 8., 2017, Urbanova, **Anais [...]** São José dos Campos: UNIVAP, 2018.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade. 2001.

GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; LIMA, P. C.; GUIMARÃES, M. J. C. L.; POZZA, A. A. A. Adubação e nutrição do cafeeiro em sistema orgânico de produção. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 214/215, p. 63-81, 2002.

HERNÁNDEZ, T.; CHOCANO, C.; MORENO, J. L.; GARCÍA, C. Use of compost as an alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (L.) crops: effects on soil and plant. **Soil & Tillage Research**, [S. l.], v. 160, p. 14-22, 2016.

LEITE, C. A.; FAGNANI, M. A.; TAMAOKA, F.; SILVA, I. J. O. Viabilidade do uso de telados para a produção de alface em larga escala. **Horticultura brasileira**, [S. l.], v. 21, n. 2, 2003. Suplemento-CD.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009.

MOREIRA, M.; SANTOS, C.; LUCAS, A.; BIANCHINI, F.; SOUZA, I.; VIÉGAS, P. Lettuce production according to different sources of organic matter and soil cover. **Agricultural Science**, [S. l.], v. 5, p. 99-105, 2014.

MOTA, J. C. A.; LIBARDI, P. L.; BRITO, A. dos S.; ASSIS JÚNIOR, R. N. de; AMARO FILHO, J. Armazenagem de água e produtividade de meloeiro irrigado por gotejamento, com a superfície do solo coberta e desnuda. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1721-1731, 2010.

OLIVEIRA, F. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; RICCI, M. S. F.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, p. 216-220, 2008.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. *In*: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. (eds.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.145-185.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Fatores climáticos. *In*: FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENAUER, R. *et al.* Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 22, p. 178-181, 2004.

RIBEIRO, M. C. C. *et al.* Influência do sombrite no desenvolvimento da alface em cultivo hidropônico. **Revista Verde**, Rio Grande do Norte, v. 2, n. 2, p. 69-72, jul./ dez. 2007.

ROCHA, R. de C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro**. 2007. 105 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 355-362, 2003.

SEABRA JR., S.; SOUZA, S. B. S.; THEODORO, V. C. A.; NUNES, M. C. M.; AMO-RIN, R. C.; SANTOS, C. L.; NEVES, L. G. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 27, n. 2, ago. 2009. Suplemento - CD Rom.

SILVA, A. C. da, HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 22-28, 2009.

SOUZA, A. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; ARAÚJO, B. D. A.; LOPES, F. D. N.; SILVA, M. E. S.; CARVALHO, B. D. S. Desenvolvimento inicial de duas variedades de alface em função de dois tipos de substratos e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, [S. l.], v. 10, p. 316-326, 2016.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006.

SOUZA J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014.

SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. da S. **Métodos de avaliação do florescimento precoce e identificação de fontes de tolerância ao calor em cultivares de alface do grupo varietal crespa**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019. (Comunicado Técnico, 89).

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II – Efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 1-10, 2004.

WANG, Q.; BAI, Y.; GAO, H.; HE, J.; CHEN, H.; CHESNEY, R. C.; KUHN, N. J. Soil chemical properties and microbial biomass after 16 years of no-tillage farming on the Loess Plateau, China. **Geoderma**, Amsterdam, v. 144, p. 502-508, 2008.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; PAULUS, D.; ZIECH, M. F. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S. l.], v. 18, n. 9, p. 948-954, 2014. Disponível em: [10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p948-954](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p948-954).

# Influência de fontes e parcelamentos de adubação na disponibilidade de nutrientes no solo

*Influence of fertilizing sources and installments on the availability of nutrients in the soil*

ANTONIO AUGUSTO COSTA CARNEIRO

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: antonioacc@unipam.edu.br

FLAVIA MARINA SOUSA CORREIA

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: flaviamarina@unipam.edu.br

DIEGO HENRIQUE DA MOTA

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: diegoh@unipam.edu.br

---

**Resumo:** O teor de nutrientes disponíveis no solo influencia o desenvolvimento do cafeeiro. Além disso, a disponibilidade de nutrientes pode variar em função de fontes de fertilizantes e número de aplicações nas lavouras cafeeiras. O presente estudo teve como objetivo analisar a influência de fontes e parcelamentos da adubação de cobertura na disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio para o solo. Conduziu-se um experimento na lavoura de café do Centro Universitário de Patos de Minas, localizada no Campus Experimental Canavial, adotando-se o Delineamento de Blocos Casualizados, em esquema fatorial 3x3, sendo três fontes de fertilizante (mineral convencional, mineral com polímero e fertilizante organomineral farelado) e três parcelamentos da adubação (uma única aplicação, duas e três aplicações). Para cada tratamento, adotaram-se quatro repetições e cada parcela experimental constituiu 16 plantas (8 metros). As avaliações consistiram na determinação da quantidade dos macronutrientes fósforo (P- Meh<sup>-1</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>+2</sup>) e magnésio (Mg<sup>+2</sup>) no solo após o término do experimento, sendo realizada uma análise de solo anual, na profundidade de amostragem de 0-20 cm. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ao nível de 5% de significância no software estatístico SISVAR®. A disponibilidade de P- Meh<sup>-1</sup> não foi afetada pelas fontes de fertilizantes, mas a adubação em uma única aplicação resultou em maior disponibilidade desse nutriente quando a adubação foi realizada com fertilizante mineral com polímero. O fertilizante mineral convencional resultou em maior disponibilidade de K<sup>+</sup>. Os tratamentos não influenciaram a disponibilidade de Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup>. Concluiu-se que as fontes de fertilizantes e o parcelamento da adubação na cultura do cafeeiro influenciaram o teor de potássio no solo, mas não alterou a disponibilidade de cálcio e magnésio. Além disso, uma única aplicação de fertilizante mineral com polímero contribuiu para maior teor de fósforo no solo.

**Palavras-chave:** *Coffea* spp. Fertilizante revestido com polímero. Macronutrientes. Nutrição vegetal. Organomineral.

**Abstract:** The content of available nutrients in the soil influences the development of the coffee tree. Furthermore, the availability of nutrients can vary according to fertilizer sources and the number of applications in coffee plantations. The present study aimed to analyze the influence of fertilizer sources and applications on the soil availability of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium. The experiment, in the coffee plantation of the University Center of Patos de Minas located on the Experimental Campus Canavial, was conducted by using a Randomized Block Design, in a 3x3 factorial scheme, with three fertilizer sources (conventional mineral, mineral with polymer, and organo-mineral fertilizer) and three fertilizer treatments (a single application, two, and three applications). For each treatment was adopted four repetitions and each experimental plot consisted of 16 plants (8 meters). The evaluations consisted in the determination of the amount of the soil macronutrients phosphorus (P-Meh<sup>-1</sup>), potassium (K<sup>+</sup>), calcium (Ca<sup>+2</sup>) and magnesium (Mg<sup>+2</sup>) after the end of the experiment, being carried out a soil analysis annual, at sampling depth of 0-20 cm. The data obtained were selected by analysis of variance and Tukey's test at a 5% significance level in the SISVAR<sup>®</sup> statistical software. The availability of P-Meh<sup>-1</sup> was not affected by the fertilizer sources, but a single application resulted in higher availability of this nutrient when performed with polymer mineral fertilizer. Conventional mineral fertilizer showed higher availability of K<sup>+</sup>. The treatments did not influence the availability of Ca<sup>+2</sup> and Mg<sup>+2</sup>. It was concluded that the sources of fertilizers and fertilizer splitting in the coffee crop influenced the potassium content in the soil, but did not change the availability of calcium and magnesium. In addition, a single application of mineral fertilizer with polymer contributed to higher phosphorus content in the soil.

**Key-words:** *Coffea* spp. Polymer coated fertilizer. Macronutrients. Vegetable nutrition. Organomineral.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Pertencente à família Rubiaceae e ao gênero *Coffeae*, a cultura do café (*Coffea arabica*) é uma das culturas mais importantes economicamente do mundo. O café chegou ao Brasil em 1727 trazido da Guiana Francesa, por Francisco de Melo Palheta, para Belém da província, na época, Grão Pará. No entanto, seu plantio se desenvolveu no interior de São Paulo e Rio de Janeiro, prosperando no Vale do Paraíba (DIAS; SILVA, 2015). Atualmente o Brasil é considerado o maior produtor mundial, sendo que a produção obtida na safra 2021 variou entre 43,8 e 49,6 milhões de sacas, um decréscimo de aproximadamente 21,4% a 30,5% em relação à safra anterior devido à bialidade (CONAB, 2021).

Na cafeicultura, o estado nutricional da planta afeta diretamente a produtividade da cultura e influencia o acúmulo de fotoassimilados pela planta e composição orgânica dos grãos. Por esse motivo, a disponibilidade de nutrientes e a absorção deles pela planta pode resultar em alterações significativas na qualidade da bebida, fator importante na precificação dos grãos no mercado de cafés (FAGAN *et al.*, 2011).

De acordo com Dubberstein *et al.* (2014), o cafeeiro é uma cultura de alta exigência nutricional, visto que ocorre um grande acúmulo de nutrientes nos órgãos da planta. De um modo geral, os nutrientes mais exigidos e acumulados pela cultura são o nitrogênio, o cálcio, o potássio, o magnésio, o enxofre e o fósforo (DUBBERSTEIN *et al.*, 2014). Devido à elevada exigência nutricional, o manejo da adubação desempenha papel

relevante na cultura e deve ser realizado considerando diversos fatores, como a fertilidade natural do solo, o estado nutricional do cafeeiro, as exigências nutricionais da cultura, a produtividade desejada, entre outros (SILVA *et al.*, 2020).

Além disso, o manejo efetivo da adubação do cafeeiro depende do uso de doses e fontes adequadas de nutrientes, visto que os fertilizantes disponíveis no mercado diferem quanto à composição química, solubilidade, garantia na disponibilização de nutrientes, etc. Outro aspecto importante é o parcelamento da adubação, o qual pode interferir no estado nutricional das plantas, pois as necessidades de nutrientes pela cultura são variáveis ao longo do ciclo de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (CARMO *et al.*, 2014; COVRE *et al.*, 2016).

Diante disso, o uso de fontes de fertilizantes que resultem em melhorias nos sistemas produtivos é fundamental para maior eficiência no uso de nutrientes, redução de custos produtivos, aumento da margem de lucro pelo cafeicultor e minimização de impactos ambientais relacionados à contaminação do solo e da água nas lavouras cafeeiras (CARMO *et al.*, 2014; BRAUN *et al.*, 2013; OLIOSI *et al.*, 2017). Portanto, estudos que visam a compreender a influência da adubação sobre o estado nutricional do cafeeiro podem resultar em diversos benefícios à cafeicultura, já que contribuem para a adoção de manejos mais eficientes na disponibilidade de nutrientes e para incrementos na quantidade e qualidade de grãos produzidos (SILVA; LIMA, 2012).

O presente estudo teve como objetivo analisar a influência de fontes e parcelamentos da adubação de cobertura na disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio para o solo.

## 2 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na lavoura de café do Centro Universitário de Patos de Minas, localizada no Campus Experimental Canavial. O local de realização do estudo está sob as coordenadas geográficas 18°36'34" S 46°29'16" W e altitude de 891 metros. A área é de 1,2 hectares e corresponde a uma lavoura implantada com cafeeiro arábica, cultivar Tupi, com idade de 10 anos. O clima presente no local é tropical com estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C e as precipitações anuais variam entre 750 mm e 1800 mm.

Antes da implantação do experimento, realizou-se a amostragem do solo na profundidade de 0 a 20 centímetros. E, após a análise realizada em laboratório, procedeu-se à interpretação dos atributos físico-químicos. Os resultados da análise estão apresentados na tabela 1.

**Tabela 1:** Resultado dos atributos físico-químicos do solo antes da implantação do experimento, Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2021

pH	P-rem	M.O,	P	K	Ca	Mg	Al
	mg L <sup>-1</sup>	dag Kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>		cmolc dom <sup>-3</sup>		
5,40	10,05	3,21	89,24	128,00	3,19	0,87	0,15
H + Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	m	V	B	Cu
cmolc dom <sup>-3</sup>				%		mg dm <sup>-3</sup>	
5,40	4,39	4,54	9,78	3,31	44,84	0,23	20,60
Fe	Mn	Zn	S	Argila	Silte	Areia	COT
mg dm <sup>-3</sup>			g Kg <sup>-1</sup>			dag Kg <sup>-1</sup>	
59,60	68,40	17,00	30,87	370,00	352,00	278,00	1,86

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

A lavoura cafeeira, objeto do presente estudo, possui espaçamento entre linhas de 2,7 m. O espaçamento entre plantas correspondeu a 0,5 metros, e a população final de plantas por hectare foi de 7.400 plantas.

O experimento foi conduzido com Delineamento de Blocos Casualizados (DBC), em esquema fatorial 3x3, sendo que o primeiro fator correspondeu a fontes de fertilizante e o segundo fator ao parcelamento da aplicação. Foram adotados três tipos de fertilizantes, sendo mineral convencional, mineral com polímero e fertilizante organomineral farelado. Quanto ao segundo fator, os tratamentos corresponderam ao número de parcelamento da aplicação, sendo avaliado o efeito de uma única aplicação, de duas e de três aplicações. A aplicação foi manual, sendo realizada sob a saia do cafeeiro. Para cada tratamento, adotaram-se quatro repetições e cada parcela experimental constituiu 16 plantas (8 metros).

Para o tratamento de uma única dosagem, a adubação foi realizada no dia 04/11/2021, e o tratamento de duas aplicações correspondeu à realização da adubação nos dias 04/11/2021 e 04/01/2022. O tratamento referente a três aplicações consistiu na realização das adubações em 04/11/2021, em 07/12/2021 e em 04/01/2022.

Destaca-se que, para o fertilizante mineral, foi adotada a dosagem de 100% da dose recomendada para a adubação da área experimental; para os fertilizantes organominerais e minerais com polímero, foi adotada a dosagem de 70% da dose em relação ao mineral convencional, pois alguns estudos demonstram que fertilizantes com tecnologia associada podem ser usados com doses menores comparativamente a fontes convencionais (MENEGATTI *et al.*, 2017; GUELF, 2017). Informações adicionais sobre a formulação dos fertilizantes, dose e quantidade de nutrientes estão expostas na Tabela 2.

**Tabela 2:** Descrição dos tratamentos referentes aos fertilizantes avaliados, Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2022

Tratamentos	Fertilizante	Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de Nutrientes		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Mineral convencional 100%	Formulado 20-02-20	2.000	400,0	40,0	400,0
Mineral com polímero 70%	Formulado 16-02-16	1.750	280,0	35,0	280,0
Organomineral farelado 70%	Formulado 14-02-14	2.000	280,0	40,0	280,0

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Na área experimental, foi realizada a aplicação de calcário dolomítico (PRNT 85%) na dose de 2,5 ton. ha<sup>-1</sup> para correção da acidez e fornecimento de cálcio e magnésio. Além da adubação com fertilizantes formulados NPK, realizou-se a aplicação de boro, magnésio e cálcio em área total para correção das deficiências do solo para esses nutrientes. Foram aplicados 130 kg ha<sup>-1</sup> de Magnesita (45%MgO e 38% de Mg) e 40 kg ha<sup>-1</sup> de Ulexita. As avaliações consistiram na determinação da quantidade dos macronutrientes fósforo (P- Meh<sup>-1</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>+2</sup>) e magnésio (Mg<sup>+2</sup>) no solo, após o término do experimento, sendo realizada uma análise de solo anual, na profundidade de amostragem de 0-20 cm (EMBRAPA, 1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ao nível de 5% de significância no software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância, constatou-se interação significativa entre os dois fatores analisados para o teor dos nutrientes fósforo (P- Meh<sup>-1</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>). Contudo, para os teores de cálcio (Ca<sup>+2</sup>) e magnésio (Mg<sup>+2</sup>), não foi verificado efeito significativo da interação.

A análise da interação entre fontes de fertilizante e parcelamento da adubação permitiu observar que as fontes de fertilizantes não diferiram entre si para a disponibilidade de P- Meh<sup>-1</sup> no solo ao se realizarem uma, duas ou três aplicações. No entanto, constatou-se que, para a fonte mineral com polímero 70%, a adubação em uma única aplicação contribuiu para maior disponibilidade desse macronutriente no solo, comparado ao parcelamento da adubação em três aplicações (Tabela 3).

**Tabela 3:** Disponibilidade de P- Meh<sup>-1</sup> (mg dm<sup>-3</sup>) no solo em função de fontes de fertilizantes e parcelamentos da adubação, Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2022

Fontes de fertilizantes	Parcelamento da adubação		
	Uma aplicação	Duas aplicações	Três aplicações
Mineral convencional 100%	28,825 aA	23,234 aA	20,672 aA
Mineral com polímero 70%	33,296 aA	26,017 aAB	18,653 aB
Organomineral farelado 70%	27,333 aA	24,356 aA	27,779 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si para fontes de fertilizantes e médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si para parcelamento da adubação pelo teste de Tukey (p>0,05).

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Os valores de P- Meh<sup>-1</sup> obtidos indicam uma alta disponibilidade de fósforo no solo, pois, segundo Sousa *et al.* (2016), em solos do Cerrado classificados como argilosos, os teores de fósforo quantificados a partir do método Mehlich<sup>-1</sup> que sejam superiores a 18 mg dm<sup>-3</sup> indicam alta disponibilidade desse elemento. Segundo os autores, nessas condições, o solo apresenta a capacidade de fornecer o nutriente para as plantas e há



possibilidade de se obterem altos valores do rendimento potencial de culturas agrícolas, mesmo na ausência de aplicação desse nutriente.

Contudo, embora os valores de P- Meh<sup>-1</sup> indiquem alta disponibilidade, observou-se que houve decréscimo no teor desse nutriente no solo ao longo do tempo, pois o teor na análise de solo realizada anteriormente à implantação do experimento era superior ao constatado após a finalização do estudo. Essa observação pode estar relacionada à dinâmica do P em solos agrícolas nas regiões tropicais, visto que esse elemento é frequentemente adsorvido pelos minerais de argila em solos que possuem altos teores de óxido de alumínio e ferro (PEREIRA, 2009).

É relevante destacar que todas as fontes aplicadas apresentavam a mesma garantia no fornecimento de fósforo (20 kg por toneladas de fertilizante). No entanto, as fontes mineral com polímero e organomineral farelado foram aplicadas em quantidade condizente a 70% da total aplicado no tratamento mineral convencional. Logo, a ausência de diferença estatística entre fontes quanto ao teor de P-lábil disponível no solo pode ser uma evidência de que essas fontes apresentam alta eficiência, visto que resultaram no mesmo teor de fósforo no solo que a fonte mineral quando aplicadas em dosagem 30% superior.

Diante disso, os resultados obtidos quanto ao uso de fertilizantes com novas tecnologias concordam com os de Menegatti *et al.* (2017), os quais também verificaram que o uso de fertilizantes de liberação controlada permite a adubação com doses inferiores à dose total recomendada com uso de fontes convencionais. Ainda segundo os autores, o uso de doses menores é possível devido à maior eficiência no posicionamento de nutrientes a partir dessas fontes, as quais caracterizam-se por menores perdas de nutrientes como nitrogênio e o potássio e pela garantia do adequado desenvolvimento vegetal. Mauri *et al.* (2012) também afirmam que o uso de fertilizantes de liberação controlada e de outras tecnologias na cultura do cafeeiro pode contribuir para maior disponibilidade de fósforo.

Ademais, Urrutia *et al.* (2014) destacam que a associação desse macronutriente com matéria orgânica é uma estratégia interessante, visto que resulta em maior disponibilidade de P-lábil para a solução do solo e, conseqüentemente, para as plantas. Uma vez que os fertilizantes organominerais possuem uma fração de matéria orgânica associada aos macronutrientes e micronutrientes, essa associação pode ter contribuído para a disponibilização de fósforo no solo mesmo utilizando uma dose 30% inferior àquela aplicada no tratamento mineral convencional.

Quanto ao parcelamento da adubação, verificou-se que, com o uso do polímero 70%, a adubação em uma única aplicação apresentou desempenho superior à adubação em duas e três aplicações quanto à disponibilidade de P- Meh<sup>-1</sup> no solo. Os resultados obtidos concordam com os de Sousa *et al.* (2016), os quais afirmam que, em solos argilosos e muito argilosos no Cerrado, que apresentam baixa disponibilidade desse nutriente, a adubação fosfatada tem sido realizada, sobretudo, a partir de uma única aplicação.

Para a variável-resposta teor de K<sup>+</sup>, constatou-se que as fontes avaliadas diferiram estatisticamente apenas quando a adubação foi parcelada em três aplicações. Nessa condição, constatou-se que a fonte mineral convencional resultou em maior disponibilidade de K<sup>+</sup> no solo, conforme exposto na tabela 4. Além disso, para a fonte

INFLUÊNCIA DE FONTES E PARCELAMENTOS DE ADUBAÇÃO  
NA DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES NO SOLO

mineral convencional 100%, foi observado efeito significativo do parcelamento, sendo que a aplicação parcelada em três aplicações contribuiu para maior teor desse elemento no solo.

**Tabela 4:** Disponibilidade de K<sup>+</sup> (mg dm<sup>-3</sup>) no solo em função de fontes de fertilizantes e parcelamentos da adubação, Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2022

Fontes de fertilizantes	Parcelamento da adubação		
	Uma aplicação	Duas aplicações	Três aplicações
Mineral convencional 100%	144,657 aB	162,296 aB	227,823 aA
Mineral com polímero 70%	99,294 aA	134,576 aA	147,177 bA
Organomineral farelado 70%	134,657 aA	162,298 aA	157,258 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si para fontes de fertilizantes e médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si para parcelamento da adubação pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A maior disponibilidade de K<sup>+</sup> no solo com a fonte mineral convencional pode ser explicada pelo maior teor desse nutriente por tonelada do formulado comparativamente às demais fontes analisadas. Com o uso dessa fonte, a garantia prevista pelo fertilizante era de 200 kg por tonelada; para os tratamentos mineral polímero e organomineral farelado, a garantia era de 160 e 140 kg por tonelada, respectivamente, conforme exposto na Tabela 2. Além disso, a aplicação de K<sup>+</sup> nesse tratamento foi 30% superior, o que pode ter contribuído para os resultados obtidos.

No que diz respeito ao efeito do parcelamento da adubação, Oliveira *et al.* (2009) também observaram efeito positivo do parcelamento da adubação potássica na cultura do cafeeiro, influenciando a distribuição do nutriente no espaço e no tempo e resultando em menor perda do nutriente por lixiviação. Diante disso, sugere-se que o maior teor de K<sup>+</sup> com o posicionamento do fertilizante mineral convencional em três aplicações pode indicar que a adubação ao longo do tempo e com frações da recomendação total desse macronutriente contribui para maior fornecimento desse nutriente às plantas devido à maior disponibilidade deste no solo.

Quanto à disponibilidade de Ca<sup>2+</sup>, observou-se que não houve efeito significativo da interação entre fontes de fertilizantes e parcelamento da adubação (Tabela 5). Portanto, os tratamentos avaliados resultaram na mesma disponibilidade desse macronutriente no solo.

**Tabela 5:** Disponibilidade de  $\text{Ca}^{+2}$  ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo em função de fontes de fertilizantes e parcelamentos da adubação, Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2022

Fontes de fertilizantes	Parcelamento da adubação			Média
	Uma aplicação	Duas aplicações	Três aplicações	
Mineral convencional 100%	1,650 aA	1,300 aA	1,425 aA	1,458
Mineral com polímero 70%	1,525 aA	1,000 aA	1,425 aA	1,317
Organomineral farelado 70%	1,650 aA	1,300 aA	1,525 aA	1,492
Média	1,608	1,200	1,458	

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si para fontes de fertilizantes e médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si para parcelamento da adubação pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

De modo semelhante ao observado para o  $\text{Ca}^{+2}$ , a disponibilidade de  $\text{Mg}^{+2}$  não foi influenciada pelas fontes de fertilizantes e parcelamentos da adubação analisados, sendo que todos os tratamentos foram estatisticamente iguais para essa variável-resposta (Tabela 6).

**Tabela 6:** Disponibilidade de  $\text{Mg}^{+2}$  ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo em função de fontes de fertilizantes e parcelamentos da adubação, Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2022

Fontes de fertilizantes	Parcelamento da adubação			Média
	Uma aplicação	Duas aplicações	Três aplicações	
Mineral convencional 100%	0,625 aA	0,730 aA	0,542 aA	0,632
Mineral com polímero 70%	0,375 aA	0,708 aA	0,521 aA	0,535
Organomineral farelado 70%	0,667 aA	0,521 aA	0,771 aA	0,653
Média	0,556	0,653	0,611	

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si para fontes de fertilizantes e médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si para parcelamento da adubação pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

As fontes e parcelamentos avaliados não afetaram a disponibilidade de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  no solo, o que pode estar relacionado à dose de calcário dolomítico aplicada na calagem do solo. A calagem é a principal técnica empregada para o fornecimento desses nutrientes para o solo. Visto que, em todos os tratamentos, adotou-se a mesma dose ( $2,5 \text{ ton. ha}^{-1}$ ) de calcário, a obtenção de valores estatisticamente iguais em todos os tratamentos avaliados pode ter ocorrido devido à padronização da calagem em todas as parcelas experimentais (LIAN; ELSGAARD, 2021).

#### 4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que as fontes de fertilizantes e o parcelamento da adubação na cultura do cafeeiro influenciaram o teor de potássio no solo, mas não alteraram a

disponibilidade de cálcio e magnésio. Além disso, uma única aplicação de fertilizante mineral com polímero contribuiu para maior teor de fósforo no solo.

## REFERÊNCIAS

BRAUN, H. *et al.* Absorção, metabolismo e diagnóstico do estado de nitrogênio em plantas de batata. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 56, n. 3, p. 185-195, 2013.

CARMO, D. L. *et al.* Crescimento de mudas de cafeeiro recém-plantadas: efeito de fontes e doses de fósforo. **Coffee Science**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 196-206, 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira café**, v. 8, 2021 - Primeiro levantamento, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>.

COVRE, A. M. *et al.* **Parcelamento da adubação nitrogenada em diferentes genótipos de café Conilon**. 2016. Disponível em: [http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9923/330\\_42-CBPC-2016.pdf?sequence=1](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9923/330_42-CBPC-2016.pdf?sequence=1).

DIAS, L. de O.; SILVA, M. dos S. da. Determinantes da demanda internacional por café brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, [S. l.], v. 24, n. 1, mar. 2015. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/969>.

DUBBERSTEIN, D. *et al.* Acúmulo de nitrogênio em frutos de cafeeiro em função da adubação Nitrogenada. *In*: REUNIÃO DE CIÊNCIA DO SOLO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 2., Porto Velho. **Anais...** Porto Velho: SBCS, 2014. p. 83-87.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

FAGAN, E. B. *et al.* Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* sp) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, [S. l.], v. 27, n. 5, p. 729-738, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GUELFÍ, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **Informações Agronômicas**, [S. l.], v. 157, n. 1, p. 1-14, 2017.

LIANG, Z.; ELSGAARD, L. Nitrous oxide fluxes from long-term limed soils following P and glucose addition: Nonlinear response to liming rates and interaction from added P. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 797, n. 25, p. 148933, 2021.

MAURI, R. *et al.* Respostas biométricas do café conilon a doses de fósforo de liberação controlada na fase inicial de desenvolvimento. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS*, 38., 2012, Caxambu. **Anais...** Caxambu: SBICafé, 2012. p. 1-2.

MENEGATTI, R. D. *et al.* Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento inicial de *Aspidosperma parvifolium* A. DC. DC. **Scientia Agraria Paranaensis**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 45-9, 2017.

PEREIRA, H. S. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. **Visão agrícola**, [S. l.], n. 9, p. 43-46, 2009.

OLIOSI, G. *et al.* Fluorescência transiente da clorofila *a* e crescimento vegetativo em cafeeiro conilon sob diferentes fontes nitrogenadas. **Coffee Science**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 248-259, 2017.

OLIVEIRA, H. F. E. de. Lixiviação e concentração de potássio na solução do solo sob diferentes doses e parcelamentos da adubação de cafeeiros. *In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL*, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: Embrapa Café, 2009. p. 1-6.

SILVA, F. J. *et al.* Adubação nitrogenada e potássica e sua relação com a incidência de cercosporiose e ferrugem em cafeeiro fertirrigado. **Revista Ciência Agrícola**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 29-35, 2020.

SILVA, S. de A.; LIMA, J. S. de S. Avaliação da variabilidade do estado nutricional e produtividade de café por meio da análise de componentes principais e geoestatística. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 271-277, 2012.

SOUSA, D. M. *et al.* **Manejo da adubação fosfatada para culturas anuais no cerrado**. Planaltina-DF: EMBRAPA, 2016. 10 p.

URRUTIA, O. *et al.* Physico-chemical characterization of humic-metal-phosphate complexes and their potential application to the manufacture of new types of phosphate-based fertilizers. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [S. l.], v. 177, n. 2, p. 128-136, 2014.

# Inoculação antecipada e adubação nitrogenada na cultura da soja

*Early inoculation and nitrogen fertilization in soy crop*

LAIANE PEREIRA DE OLIVEIRA

Discente de Agronomia (UNIPAM)  
E-mail: laianejp18@hotmail.com

VANESSA JÚNIA MACHADO

Professora orientadora (UNIPAM)  
E-mail: vanessajm@unipam.edu.br

---

**Resumo:** A soja (*Glycine max*) é uma cultura com alta demanda de nitrogênio para seu desenvolvimento fisiológico e produtivo. As principais fontes de nitrogênio disponíveis para a cultura são fornecidas por adubos nitrogenados e pelo processo de fixação biológica de nitrogênio que ocorre através de simbiose entre as raízes e as bactérias fixadoras, as quais, embora presentes no solo, podem ser fornecidas por meio do processo de inoculação. Objetivou-se avaliar a nodulação e o acúmulo de matéria seca da cultura da soja no início do ciclo em função da inoculação antecipada e adubação nitrogenada. O experimento foi realizado em Patos de Minas, MG, com a cultivar NEO 720 I2X. Empregou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x4 com cinco épocas de inoculação (60, 45, 30, 15 e 0 dias antes da semeadura) e quatro formas de fornecimento de nitrogênio (inoculante longa vida A, inoculante longa vida B, inoculante comum e nitrato de Amônio). Foram avaliados o número médio de nódulos por planta, massa seca de nódulos e massa seca de raiz. Observou-se que, embora os inoculantes longa vida sejam uma tecnologia viável, o inoculante comum se destacou a longo prazo em relação às variáveis avaliadas.

**Palavras-chave:** fixação biológica de nitrogênio. *Glycine max* (L.). Inoculante. Longa vida.

**Abstract:** Soybean (*Glycine max*) is a crop with high nitrogen demand for its physiological and productive development. The principal sources of nitrogen available for the crop are provided by nitrogen fertilizers and the process of biological nitrogen fixation that occurs through a symbiosis between the roots and the fixing bacteria, which, although present in the soil, can be supplied through the inoculation process. This study aimed to evaluate nodulation and dry matter accumulation of soybean cultivars at the beginning of the cycle as a response to early inoculation and nitrogen fertilization. The experiment was performed in Patos de Minas, MG, with the cultivar NEO 720 I2X. A randomized block design was used in a 5x4 factorial scheme with five inoculation periods (60, 45, 30, 15, and 0 days before sowing) and four forms of nitrogen supply (long life inoculant A, long life inoculant B, common inoculant, and Ammonium nitrate). The average number of nodules per plant, nodule dry mass, and root dry mass were evaluated. It was observed that although the long-life inoculants are a viable technology, the common inoculant stood out in the long term concerning the variables evaluated.

**Keywords:** Biological nitrogen fixation. *Glycine max* (L.). Inoculant. Long life.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de soja, com uma produção de 135,409 milhões de toneladas, em 38,502 milhões de hectares de área plantada (EMBRAPA SOJA, 2021). O grão representa para o país grande importância econômica, dada sua alta versatilidade que permite estar presente na alimentação humana, alimentação animal e produção de biocombustíveis.

O nitrogênio (N) é o macronutriente mais requerido pela soja, com extração de cerca de 80 kg de N para cada tonelada de grãos produzidos (EMBRAPA s.d.a). Segundo Gitti (2016), todo o N necessário para boas produtividades de soja pode ser fornecido via fixação biológica de nitrogênio (FBN), que ocorre pela simbiose entre planta e bactérias fixadoras. Nas plantas, o N é o componente responsável por várias reações, além de fazer parte da estrutura da clorofila, de enzimas e de proteínas. Por ser o elemento essencial, seu balanço afeta a formação de raízes, a fotossíntese, a produção e translocação de fotoassimilados e a taxa de crescimento entre folhas e raízes, sendo o crescimento foliar primeiramente afetado. A consequência disso é a diminuição do crescimento das plantas e da produtividade (TAIZ; ZIEGER, 2004).

Originalmente, as bactérias fixadoras de N podem ser encontradas no solo, mas nem sempre em quantidades suficientes para suprir todas as exigências de N que a planta de soja demanda, sendo necessário reforçar a população destas por meio da inoculação. O processo de FBN consiste em um processo simbiótico entre a planta de soja e bactérias fixadoras de N, em que o N atmosférico é convertido em formas assimiláveis pela planta e prontamente disponíveis (EMBRAPA, s.d.b).

A inoculação da soja é capaz de proporcionar ganhos médios de produtividade de até 8% em comparação a soja não inoculada (PRANDO, 2020). Diante disso, fica evidente a importância de inoculação da soja para a obtenção de boas produtividades, sendo esse um processo essencial para a sustentabilidade do cultivo. Para que a FBN seja eficiente, é preciso garantir que as bactérias inoculadas tenham condições de sobreviver e estabelecer a simbiose com a soja. Isso é necessário para que haja uma nodulação precoce e abundante, em que o sucesso da inoculação pode ser verificado pela presença dos primeiros nódulos na raiz principal entre cinco e oito dias após a emergência; no estágio V1-V2, cerca de quatro a oito nódulos/planta com 1 a 2 mm. (NOGUEIRA, 2014). Quando o processo de inoculação se apresenta bem-sucedido, é observada internamente no nódulo a coloração em tons roseados constituída principalmente pela presença de leg-hemoglobina, uma hemoproteína fixadora de N (Figura 1).

As plantas de soja alcançam o auge da nodulação no estágio R2, onde ocorre o pleno florescimento. Após, é observado que há um decréscimo na concentração de nitrogênio na fração vegetativa da planta, para constituição de sementes e vagens (FAGAN, 2007).

A necessidade de otimizar cada vez mais o tempo da janela de semeadura mostra que a utilização de inoculantes longa vida se faz interessante, pois possibilitam a inoculação antecipada à semeadura, garantindo o prolongamento da vida útil das bactérias (SCHWEIG; LOURENÇO; MENEGASSO, 2017). O inoculante de longa vida possui Tecnologia Osmo Protetora (TOP), que promove um alto rendimento metabólico

e fisiológico das bactérias e resulta em alta concentração bacteriana. Diante disso, objetivou-se avaliar a nodulação e acúmulo de matéria seca da cultura da soja no início de ciclo, em função da inoculação antecipada e adubação nitrogenada.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental da empresa Nativa Agronegócios e Representações, no município de Patos de Minas, MG. O local apresenta clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1400 mm, sendo a temperatura média anual igual a 21,1 °C e a máxima anual, 27,8 °C. O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura muito argilosa, cujos atributos químicos são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Análise química de solo - Experimento Inoculação Antecipada, Patos de Minas/MG 2021

pH (CaCl <sub>2</sub> )	P-rem (mg L <sup>-1</sup> )	P <sub>res</sub>	K <sup>+</sup>	S	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	M.O.
4,4	5,1	4	39,1	3	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	4	1,6	0,6	10	8

Extratores: P, K= (HCL 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H2SO4 0,0125 mol L<sup>-1</sup>); S-SO4= (Fosfato Monobásico cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>); Ca, Mg, Al = (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); M.O. = Método calorimétrico; Cu, Fe, Mn, Zn = DTPA pH 7,3B = água quente.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 5x4 com quatro repetições, sendo cinco épocas de inoculação (60, 45, 30, 15 e 0 - DANS) e quatro formas de fornecimento de N (Tabela 2). Cada unidade experimental correspondeu a um vaso, com volume de 15 dm<sup>3</sup>, com quatro plantas.

**Tabela 2:** Formas de fornecimento de nitrogênio testadas, Experimento Inoculação Antecipada, Patos de Minas/MG 2022

Fornecimento de N*	Bactéria	DOSE (mL kg de sementes <sup>-1</sup> )
Inoculante Vida Longa A	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	3,0
Inoculante Vida Longa B	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	8,0
Inoculante Comum	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	3,0
Nitrato de Amônio	--	3,0

\* O fornecimento de N via nitrato de amônio visou atender protocolo oficial do MAPA que exige comparar a inoculação com a adubação recomendada para a cultura caso as sementes não sejam inoculadas. (MAPA, s.d.).

Em cada tratamento, foram tratados 500 g de semente da cultivar NEO 720 I2X. Para isso, foram aplicados inicialmente fungicida (Maxim Advanced) e inseticida (Fortenza 600 FS). Logo após, nos tratamentos com inoculação, foram feitas a aplicação e a homogeneização dos respectivos inoculantes líquidos nas sementes em laboratório, com total cuidado para não danificá-las e distribuir uniformemente os produtos. Após



secagem das sementes, estas foram colocadas em recipientes próprios e armazenadas em sala bem arejada, com umidade relativa e ventilação controlada até o dia da semeadura.

Realizou-se a correção do solo 60 dias antes da semeadura, com aplicação, em cada vaso, de 11,7g de GEOX, 0,75g de cloreto de potássio e 0,75g de fertilizante composto por B, Mn e Zn. Na adubação de semeadura, foram aplicados 8,3g de superfosfato simples por vaso.

Os vasos foram irrigados diariamente para conservação da umidade do solo próxima à capacidade de campo. Nos tratamentos com fornecimento de N via nitrato de amônio, este foi aplicado semanalmente dissolvido em água na dose de 0,56g por vaso. No estágio R2, o experimento foi desmontado para as avaliações.

Para tal, as plantas foram retiradas dos vasos e lavadas em água corrente até que não restassem mais resíduos nas raízes (Figura 2). Em seguida, foi feito o corte na região do colo das plantas para retirada do sistema radicular. Logo após, separaram-se os nódulos, que foram contados e acondicionados em sacos de papel devidamente identificados. Posteriormente, os nódulos e o restante do sistema radicular foram secos separadamente em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C por 72 h para determinação da massa seca de nódulos e raízes. A pesagem foi realizada em balança de precisão de 0,0001 g (Figura 2).

**Figura 1:** Raízes de soja retiradas dos vasos, balança de precisão e sacos de papel identificados



Fonte: Experimento Inoculação Antecipada, Patos de Minas/MG, 2022.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para as épocas de inoculação, foram ajustados modelos de regressão, e as formas de fornecimento de N foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do Software SPEED Stat. Quando necessário, os dados foram transformados para atender às pressuposições da ANOVA.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entres os fatores, apenas para o número médio de nódulos por planta (Tabela 3). Para as demais variáveis, houve diferença apenas para a forma de fornecimento de N.

**Tabela 3:** Resumo da análise de variância (ANOVA) com o valor do teste F e coeficiente de variação (CV) para as variáveis número médio de nódulos por planta, massa seca média de nódulos por planta e massa seca média de raízes por planta em função dos fatores épocas de inoculação e formas de fornecimento de N. Experimento Inoculação Antecipada na cultura da soja, Patos de Minas, MG, 2022

Fonte de variação	Nódulos por planta	Massa seca de nódulos	Massa seca de raízes
Época de inoculação	0,55 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>
Fornecimento de N	3,11*	18,86**	14,56*
Interação	2,00*	0,56 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>
CV (%)	29,5	32,9	13,9

\*: significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>: não significativo.

#### 3.1 NÚMERO MÉDIO DE NÓDULOS POR PLANTA

Desdobrando-se a interação das formas de fornecimento de N dentro de cada época, aos 60 DANS, o tratamento Inoculante Comum sobressaiu-se, apresentando maior número de nódulos (Tabela 4). O tratamento Inoculante Longa Vida A demonstrou maior nodulação quando avaliado à época de 15 DANS, e o tratamento Inoculante Longa Vida B apresentou melhor resultado quanto aos outros tratamentos, sendo realizada a inoculação no dia do plantio, evidenciando resposta positiva à inoculação e à época.

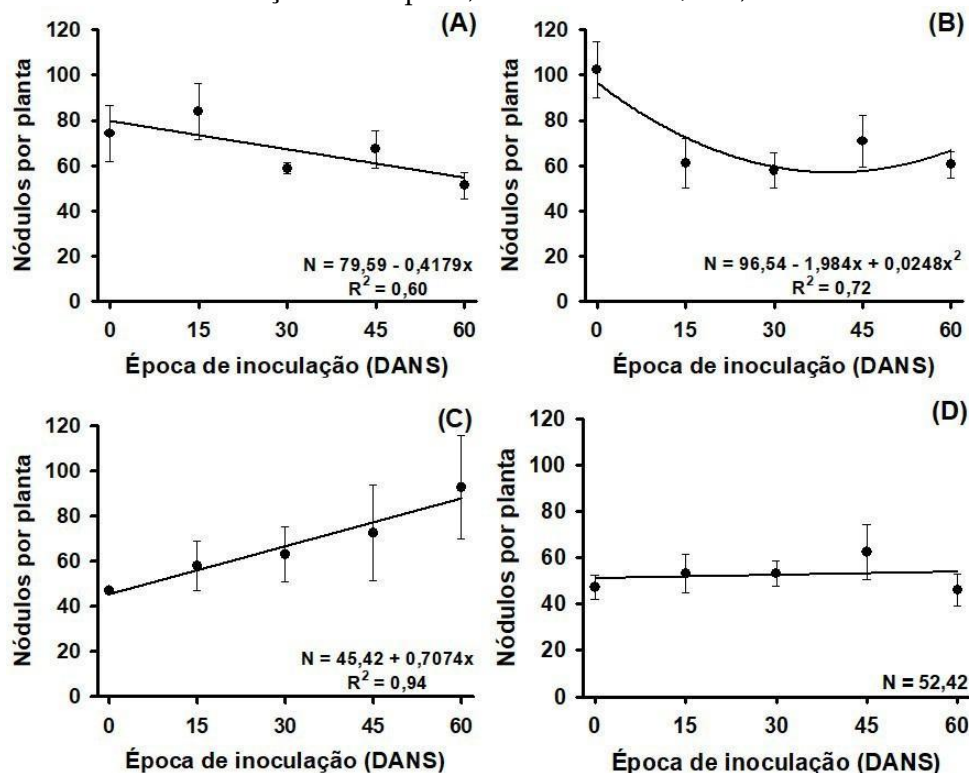
**Tabela 4:** Número médio de Nódulos por planta, Experimento Inoculação Antecipada na cultura da soja, Patos de Minas/MG, 2022

ÉPOCA	Inoculante Longa Vida A	Inoculante Longa Vida B	Inoculante Comum	Nitrato de Amônio
60	51,19 AB	60,44 AB	92,73 A	46,10 B
45	67,25 A	70,69 A	75,52 A	62,38 A
30	58,80 A	57,94 A	63,06 A	53,25 A
15	83,82 A	61,05 A	57,94 A	53,19 A
0	74,25 AB	102,43 A	46,97 B	47,19 B
<b>Média</b>	67,06 AB	70,51 A	66,64 AB	52,42 B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme os modelos ajustados, para os inoculantes longa vida ocorre redução do número de nódulos à medida que se aumenta o número de dias entre a inoculação e a semeadura (Figura 3). Nota-se ainda que a redução pode apresentar valores próximos aos observados na forma de fornecimento nitrato de amônio; não foi possível o ajuste de modelo de regressão, com média de 52,4 nódulos por planta.

**Figura 2:** Análise de Regressão, Número médio de nódulos por planta – Experimento Inoculação Antecipada, Patos de Minas/MG, 2022



(A) Inoculante longa vida A - regressão linear, (B) Inoculante longa vida B – regressão quadrática, (C) Inoculante comum – regressão linear, (D) Nitrato – regressão linear.

Pavanelli e Araújo (2009) citam que a nodulação é o parâmetro mais confiável para avaliar a resposta à inoculação. Portanto, é recomendado que a prática de inoculação nas sementes seja realizada após o tratamento e no mesmo dia da semeadura (FIPKE, 2015).

### 3.2 MASSA SECA DE NÓDULOS

Para massa seca de nódulos (Tabela 5), foram verificados resultados significativos entre os tratamentos, mesmo não havendo interação quanto à época de inoculação. Porém, os tratamentos com Inoculante Longa Vida A apresentaram maiores médias quando consideradas as épocas de 0 e 15 DANs. Quando avaliado o período de 30 DANs, o tratamento Inoculante comum sobressaiu-se aos demais, apresentando peso de massa seca de nódulos de 0,25g. Avaliando a época de 45 DANs, observou-se que os tratamentos Inoculante Longa Vida A e Inoculante comum se destacaram, apresentando o mesmo resultado. Considerando a média dos tratamentos, todos, com exceção do nitrato, apresentaram médias consideráveis em todas épocas de inoculação. Essa avaliação corrobora o verificado por Hungria *et al.* (2006), os quais verificaram que a adubação nitrogenada inibiu a massa seca dos nódulos na cultura da soja.

**Tabela 5:** Peso de massa seca de nódulos, Experimento Inoculação Antecipada na cultura da soja, Patos de Minas/MG, 2022

ÉPOCA	Inoculante Longa Vida A	Inoculante Longa Vida B	Inoculante comum	Nitrato de Amônio
60	0,18 A	0,22 A	0,20 A	0,09 B
45	0,26 A	0,22 AB	0,26 A	0,11 A
30	0,23 AB	0,22 AB	0,25 A	0,10 A
15	0,26 A	0,24 A	0,19 AB	0,11 A
0	0,28 A	0,20 AB	0,20 AB	0,07 B
<b>Média</b>	0,24 A	0,22 A	0,24 A	0,09 B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Câmara (2000), plantas com equivalentes de 0,10 a 0,20 g de nódulos secos por planta no florescimento apresentam condições suficientes para a obtenção de altos teores de nitrogênio fixado e, conseqüentemente, alto rendimento de grãos.

A massa de nódulos seca, sempre que possível, deve ser determinada, pois proporciona melhor correlação com eficiência de nodulação e produtividade de grãos (CÂMARA, 2000).

### 3.3 MASSA SECA DE RAÍZES

Na avaliação de massa seca de raízes (Tabela 6), foram verificados resultados significativos entre os tratamentos. Porém, quando analisados os inoculantes, o tratamento com Inoculante Comum apresentou número mais significativos nas épocas de 60 e 45 DANS, mesmas épocas em que apresentou maiores resultados em números e peso seco de nódulos, sendo assim possível associar as variáveis apresentadas. O tratamento Inoculante Longa Vida A teve peso mais expressivo em 0 DANS. O tratamento Nitrato de amônio, por sua vez, sobressaiu-se, demonstrando maiores números de massa seca de raízes em todas as épocas.

**Tabela 6:** Peso de massa seca das raízes, Experimento Inoculação Antecipada na cultura da soja, Patos de Minas/MG, 2022

ÉPOCA	Inoculante Longa Vida A	Inoculante Longa Vida B	Inoculante comum	Nitrato de Amônio
60	1,86 A	1,98A	2,16 A	2,38 A
45	1,99 B	1,75 B	2,12 B	2,71 A
30	1,78 B	1,91 A	1,95 A	2,43 A
15	1,54 B	1,94 A	1,86 A	2,35 A
0	2,16 B	2,07 B	1,84 B	2,28 A
<b>Média</b>	1,87 B	1,93 B	1,99 B	2,43 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A avaliação corrobora o avaliado por Saito *et al.* (2014), os quais descrevem que, na ausência de nitrato na planta, a maior parte dos fotoassimilados é translocada para os nódulos; em seguida, para as raízes primárias e, em menor proporção, para as raízes secundárias; todavia, na presença de nitrato, há uma mudança no padrão de

translocação dos fotoassimilados, sendo que as raízes secundárias se tornam o principal dreno, e os nódulos, por sua vez, recebem a menor quantidade dos fotoassimilados.

#### 4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que, embora os inoculantes longa vida sejam uma tecnologia viável, o inoculante comum se destacou a longo prazo em relação às variáveis avaliadas.

#### REFERÊNCIAS

ALAN, M. Z.; STEINER, F. B.; AÉCIO, S.; DIEGO M. da S. A adubação nitrogenada na soja inibe a nodulação e não melhora o crescimento inicial das plantas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, n. 2, p. 333-349, 2019.

BERTOLO, F. de O. A. *et al.* A Fixação biológica de nitrogênio e os inoculantes. **Comunicado Técnico**, 7., Porto Alegre, p. 19, 2021.

BRANDELERO, E. M.; CLÓVIS, P. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2009.

CÂMARA, G. M. S. Nitrogênio e produtividade da soja. *In*: CÂMARA, G. M. S. (eds.) **Soja: Tecnologia da Produção II**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000.

EMBRAPA SOJA. **Soja em números (safra 2020/21)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>.

EMBRAPA. **Fixação biológica de nitrogênio em soja**. s.d.a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3780/fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-soja>.

EMBRAPA. **Fixação biológica de nitrogênio**. s.d.b. <https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/perguntas-e-respostas>.

FAGAN, E. B. *et al.* Fisiologia da fixação do nitrogênio em soja: uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: um programa para análises e ensino de estatística, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FIPKE, G. M. **Co-inoculação e pré-inoculação de sementes em soja**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, p.67, 2015.

GITTI, D. E. **Inoculação e coinoculação na cultura da soja**. Fundação MS, 2016.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, n. 283, 2007.

HUNGRIA, M.; RUBENS, J. C.; IÊDA, C. M. **Fixação biológica na cultura da soja**. Londrina: Circular Técnica /Embrapa Soja, n. 35, p. 48, 2001.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C.; GRAHAM, P. H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in South America. *In*: SINGH, R. P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P. K. (Ed.). **Nitrogen nutrition and sustainable plant productivity**. Houston: Studium, 2006. p. 43-93.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agronômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionados ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas**. Disponível em: <file:///D:/Meus%20Documentos%20-%20Fepam/Downloads/protocolo-oficial-para-avaliacao-da-viabilidade-e.pdf>.

NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Boas Práticas de Inoculação em Soja. *In*: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 40., 2014, Londrina. **Atas e Resumos**, Londrina, 2014.

PAVANELLI, L. E.; ARAÚJO, F. F. de. Fixação biológica de nitrogênio em soja em solos cultivados com pastagens e culturas anuais do oeste Paulista. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 21-29, jan./fev. 2009.

PEREIRA, C. S. *et al.* Produtividade com sementes pré-inoculadas de soja em períodos antes da semeadura. **Scientific Electronic Archives, Sci. Elec. Arch.**, [S. l.], v. 14, n. 11, nov. 2021.

PRANDO, A. M. *et al.* **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* E *Azospirillum* na safra 2019/2020 no Paraná**. Londrina: Embrapa, 2020. (Circular Técnica, 166). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220542/1/Circ-Tec-166.pdf>.

SAITO, A.; TANABATA, S.; TANABATA, T.; TAJIMA, S.; UENO, M.; ISHIKAWA, S. OHYAMA, T. Effect of nitrate on nodule and root growth of soy bean (*Glycinemax* (L.) Merr.). **International Jornal of Molecular Sciences**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 4464-4480, 2014.

SCHWEIG, L. A.; LOURENÇO, E. S. O.; MENEGASSO, G. D. Inoculante de longa vida na cultura da soja sob plantio direto. **Revista Faz Ciência**, [S. l.], v. 19, n. 30, p. 99, 2017.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artemed, 2004.

TOLLER, E. V.; BÁRBARO, I. M.; BÁRBARO-JUNIOR, L. S. Análise de parâmetros de fixação biológica de nitrogênio em cultivares comerciais de soja. **Nucleus**, [S. l.], v. 6, n. 1, abr. 2009.