POTENCIAL BIOHERBICIDA DO BIO-ÓLEO DE CASCA DE CAFÉ NO CONTROLE INICIAL DO CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis)*

Lara Leandro dos Santos, Camila Marques Menegueli, Wallace Silva Vitorino Dias, Leandro Pin Dalvi.

Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Agronomia, Alto Universitário, S/N, Guararema - 29500-000 - Alegre - ES, Brasil, laraleandrodossantos@gmail.com, camilamenegueli123@gmail.com, wallaces.vd@gmail.com, leandro.dalvi@ufes.br.

Resumo

O uso contínuo de herbicidas sintéticos na agricultura tem selecionado biótipos de capim-amargoso resistentes a múltiplos mecanismos de ação, exigindo alternativas sustentáveis alinhadas ao Manejo Integrado de Plantas Daninhas e à economia circular. Diante disso, investigou-se a hipótese de que o bio-óleo pirolenhoso da casca de café possui efeito bioherbicida capaz de inibir o desenvolvimento vegetativo inicial dessa gramínea. O estudo caracterizou-se como experimental, com abordagem quantitativa sob Delineamento Inteiramente Casualizado em esquema fatorial, combinando três genótipos e cinco concentrações do bio-óleo. Avaliou-se a emergência das plântulas e, aos quarenta dias após a emergência, mensuraram-se variáveis morfofisiológicas e de acúmulo de biomassa. Os dados foram submetidos à Análise de Variância ou ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com comparações múltiplas. Os resultados indicaram efeito significativo das doses tanto na emergência quanto no desenvolvimento morfofisiológico, com inibição severa a partir da concentração de vinte e cinco por cento. Conclui-se que o bio-óleo de casca de café possui expressivo potencial bioherbicida, atuando tanto na fase de germinação/emergência quanto no crescimento inicial do capim-amargoso.
Palavras-chave: Alelopatia. Bioherbicida. Casca de café. *Digitaria insularis*. Manejo Integrado de Plantas Daninhas.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias / Agronomia.

Introdução

Segundo Mendes *et al*. (2025), nas culturas agrícolas as plantas daninhas competem de forma direta por espaço, água, luz, CO_2 e minerais essenciais ocorrendo também em alguns casos a liberação de substâncias com efeitos alelopáticos, causando a redução no crescimento, desenvolvimento e produtividade de determinada cultura. A prática do uso de herbicidas tem sido ao longo dos anos o método mais eficiente utilizado para o controle de plantas daninhas, mas com repetidas aplicações com o mesmo mecanismo de ação e doses elevadas as plantas daninhas tem selecionado resistência a esses herbicidas tradicionais, tornando maior o número de casos desses biótipos resistentes (MENDES; SILVA, 2022). Tem se buscado constantemente alternativas sustentáveis e o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) para prevenir, controlar ou reduzir a população das espécies invasoras, minimizando o alto uso de herbicidas.

O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é uma gramínea perene que se reproduz por semente e pequenos rizomas com a formação de touceiras, tendo uma taxa de disseminação alta principalmente por causa da sua grande produção de sementes pilosas que podem ser dispersas a longas distâncias pelo vento durante todo o ano, tendo um bom poder germinativo (KISSMANN & GROTH, 1997). No Brasil a Digitaria spp. está entre as espécies de plantas daninhas que possui alta facilidade para desenvolver resistência a herbicidas inibidores da ALS, acetil-coenzima A carboxilase (ACCase), 5-enolpiruvilchiquimato, 3-fosfato sintase (EPSPs), protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX) e auxinas sintéticas, como o 2,4-D e o dicamba, devido sua variabilidade genética congênita (ANDRES *et al.*, 2017). Uma das crescentes consequências referente a resistência dessas plantas, tem sido o aumento do custo de controle, sendo o maior problema dos produtores quando o capim-amargoso se encontra na fase adulta já entouceirada, onde a aplicação de herbicidas não mostra a eficiência desejada com a ocorrência de rebrotas, necessitando de mais aplicações (VARGAS *et al*., 2016).

A cafeicultura gera volumes expressivos de resíduos sólidos durante o beneficiamento dos grãos, destacando-se a casca de café (LAGE *et al*., 2026). No entanto, sob a perspectiva da economia circular, esse subproduto apresenta elevado potencial para a conversão termoquímica e obtenção de bio-óleo

rico em compostos orgânicos funcionais (SILVA *et al*., 2017). Além disso, a casca de café possui metabólitos secundários e aleloquímicos capazes de causar inibição na germinação e no desenvolvimento inicial de plantas invasoras (MINASSA, 2014), justificando a investigação do bio-óleo como uma alternativa ecológica para o manejo sustentável de plantas daninhas. Diante do exposto, o objetivo dessa pesquisa é avaliar o potencial herbicida de diferentes concentrações do bio-óleo de casca de café sobre a taxa de germinação e os parâmetros morfológicos iniciais de capim-amargoso.

Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se, quanto à sua natureza, como aplicada, e quanto aos seus objetivos, como explicativa e experimental, adotando uma abordagem quantitativa do problema por meio da mensuração de dados biológicos e biométricos. O estudo constitui um subprojeto vinculado ao Projeto de Iniciação Científica (PIIC/UFES), voltado à valorização de resíduos da agroindústria cafeeira no Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD). O ensaio experimental foi conduzido em ambiente controlado, utilizando o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x5, combinando 3 genótipos de *Digitaria insularis* e 5 concentrações do bio-óleo obtido da casca de café (0%, controle com água destilada; 25%; 50%; 75% e 100%). O experimento contou com 15 tratamentos e 4 repetições, totalizando 60 unidades experimentais compostas por vasos de 1 L contendo 50 sementes cada. O tratamento das informações compreendeu o monitoramento da emergência das plântulas em três momentos (7º, 14º e 60º dias após a semeadura) e, aos 40 dias após a emergência, a coleta de variáveis morfofisiológicas e biométricas, incluindo comprimento total da planta (CT), diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF) e o acúmulo de biomassa fresca e seca, discriminadas entre parte aérea (BMFV, BMFS) e sistema radicular (BMRS). A partir das contagens de emergência, calculou-se o percentual de emergência final (dia 60) e um índice de velocidade de emergência (IVE) adaptado do índice de Maguire (1962).

Os dados quantitativos obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) fatorial (Genótipo × Dose) em Delineamento Inteiramente Casualizado, precedida da verificação do pressuposto de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk (α=0,05). Nas variáveis em que os resíduos não atenderam a esse pressuposto na escala original, testaram-se as transformações log(x+1) e raiz quadrada; quando nenhuma delas normalizou os resíduos, a variável foi reanalisada pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com comparações múltiplas pelo teste de Dunn (ajuste de Benjamini-Hochberg). Para as variáveis analisadas por ANOVA, o efeito da Dose foi descrito por modelos de regressão polinomial. Todas as análises foram conduzidas no software R.

Resultados

A avaliação do crescimento e do acúmulo de massa nos três genótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) submetidos a doses crescentes de bio-óleo de casca de café mostrou que o produto reduziu o desenvolvimento vegetal em todas as nove variáveis avaliadas (Tabela 1). Antes da definitiva, verificou-se a normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk). Para Comprimento Total (CT) e Número de Folhas (NF), a transformação logarítmica log(x+1) corrigiu a distribuição (p=0,332 e p=0,432), permitindo a condução da ANOVA. O Diâmetro do Colmo (DC) manteve-se na escala original (p=0,080). Para Comprimento da Folha (CF) e biomassa (BMFV, BMFS, BMRS), as transformações não normalizaram os resíduos devido aos valores nulos nas doses elevadas, optando-se pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Tabela 1 – Resumo da análise estatística (ANOVA/Kruskal-Wallis) para as variáveis morfológicas e de massa nos três genótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) submetidos a doses de bio-óleo de casca de café.

Variável	Método	Genótipo (p)	Dose (p)	Interação G×D (p)	CV (%)	Normalidade dos resíduos
CT	ANOVA — log(x+1)	0,115 ns	<0,001*	0,036*	56,56	Normais (p=0,332)
NF	ANOVA — log(x+1)	0,075 ns	<0,001*	0,148 ns	52,18	Normais (p=0,432)
DC	ANOVA — original	0,194 ns	<0,001*	0,012*	62,84	Normais (p=0,080)
CF	Kruskal-Wallis	0,399 ns	<0,001*	n/a[1]	—	Não normais (sem transf. eficaz)
BMFV	Kruskal-Wallis	0,608 ns	<0,001*	n/a[1]	—	Não normais (sem transf. eficaz)
BMFS	Kruskal-Wallis	0,556 ns	<0,001*	n/a[1]	—	Não normais (sem transf. eficaz)
BMRS	Kruskal-Wallis	0,840 ns	<0,001*	n/a[1]	—	Não normais (sem transf. eficaz)
% Emergência	ANOVA — log(x+1)	0,069 ns	<0,001*	0,257 ns	51,86	Normais (p=0,253)
IVE adaptado	Kruskal-Wallis	0,491 ns	<0,001*	n/a[1]	—	Não normais (sem transf. eficaz)

Fonte: Produção do próprio autor (2026).
Legenda: * Significativo a 5% de probabilidade (p<0,05); ns Não significativo (p≥0,05). CV: Coeficiente de Variação.
[1] Teste de Kruskal-Wallis avalia um fator por vez.

Para as variáveis analisadas por ANOVA (CT, NF e DC), a Dose aplicada teve efeito significativo (p<0,001), enquanto o Genótipo não diferiu estatisticamente (p>0,05). Houve interação significativa entre Genótipo e Dose para CT (p=0,036) e DC (p=0,012); para NF, a interação não foi significativa (p=0,148).

Para as quatro variáveis de biomassa analisadas por Kruskal-Wallis (CF, BMFV, BMFS, BMRS), o efeito da Dose foi significativo em todos os casos (p<0,001), sem diferença entre genótipos (p variando de 0,40 a 0,84).

Quanto à fase de germinação/emergência, o percentual final de emergência (dia 60) apresentou efeito significativo da Dose (p<0,001), caindo de 31,8% na testemunha para 4,2% na dose 25%, 1,8% na dose 50%, 1,7% na dose 75% e 0,5% na dose 100% (R^2=0,708). Para o Índice de Velocidade de Emergência (IVE), o efeito da Dose também foi significativo (p<0,001), indicando inibição do início da emergência já nas menores concentrações.

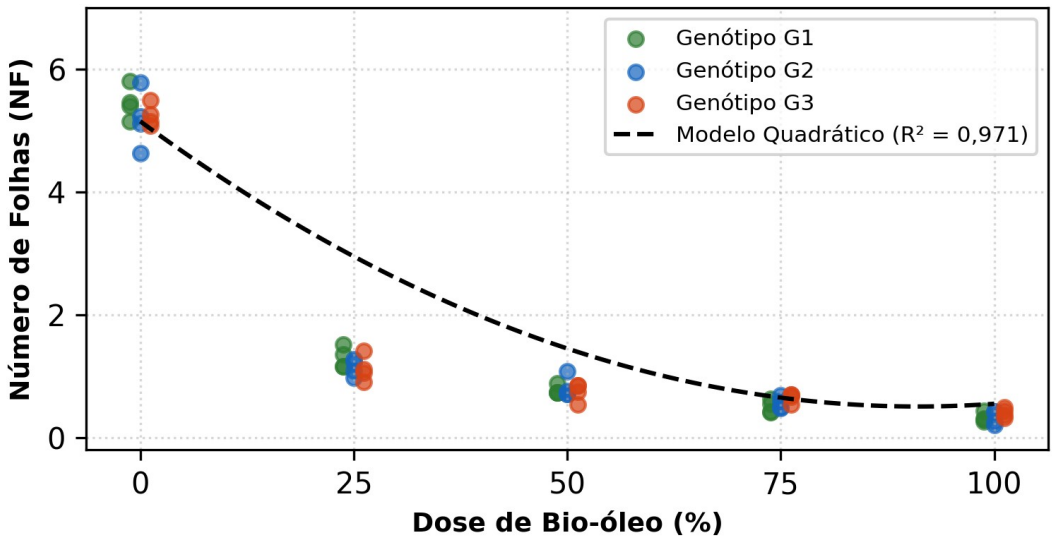
Discussão

As comparações múltiplas de Dunn revelam um padrão consistente nas variáveis de biomassa e em CF: a diferença estatisticamente significativa concentra-se entre a testemunha (dose 0%) e as doses a partir de 25%–50%, enquanto as doses intermediárias entre si (25% a 100%) não diferem na maioria das comparações (p>0,10). Esse padrão indica um efeito de limiar: a inibição se manifesta nas primeiras concentrações testadas e tende a se estabilizar nas doses mais altas, sugerindo que concentrações mais baixas do bio-óleo já promovem redução substancial do desenvolvimento.

Do ponto de vista fisiológico, essa resposta é atribuída aos compostos orgânicos e metabólitos presentes no óleo de pirólise da casca de café (MINASSA, 2014; PEREIRA, 2023), que afetam processos celulares essenciais como respiração e alongamento (FERREIRA; ÁQUILA, 2000; SOUZA

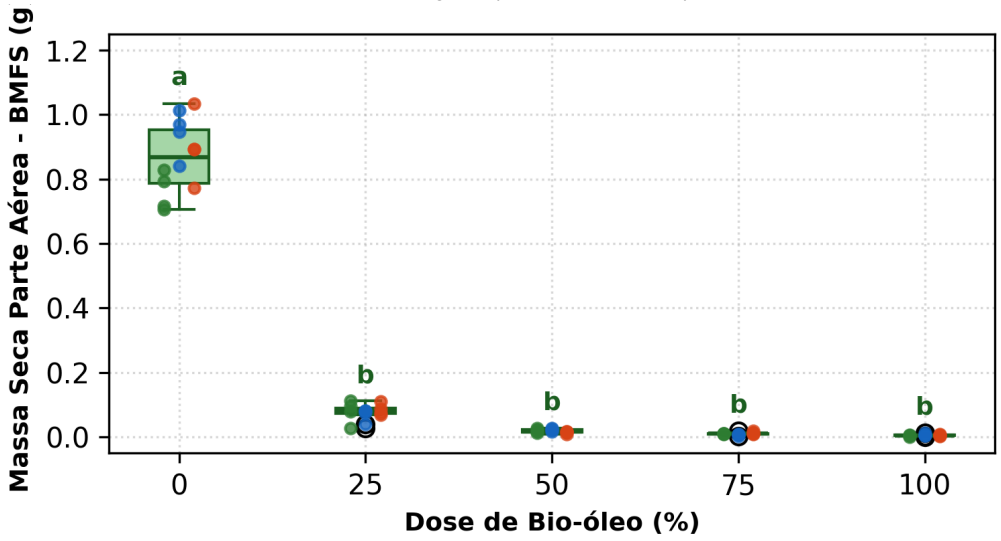
FILHO *et al*., 2011). O atrofiamento das raízes compromete a absorção hídrica e nutricional, refletindo-se na menor biomassa observada nas doses a partir de 25% (DAYAN *et al*., 2009).

Figura 1 – Efeito de doses crescentes de bio-óleo de casca de café no número de folhas por planta (*Digitaria insularis*).



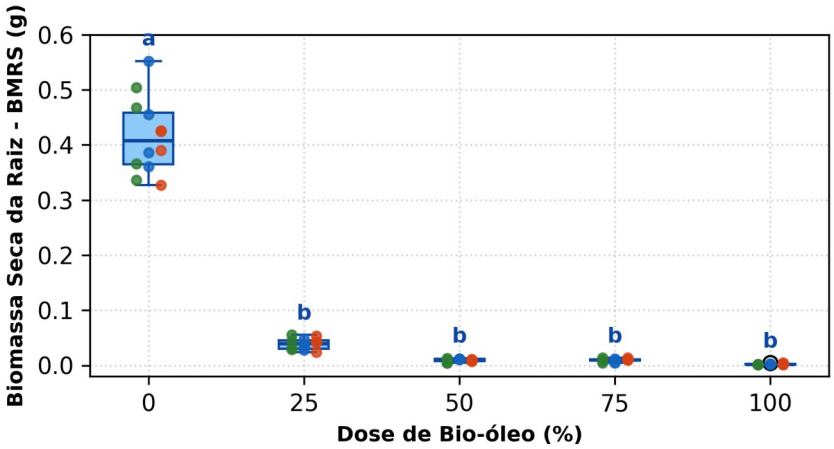
Fonte: Produção do próprio autor (2026). Nota: Modelo quadrático ajustado (R² = 0,971).

Figura 2 – Efeito de doses crescentes de bio-óleo de casca de café na massa seca da parte aérea (BMFS) de capim-amargoso (*Digitaria insularis*).



Fonte: Produção do próprio autor (2026). Nota: Letras iguais não diferem pelo teste de Dunn (p≥0,05).

Figura 3 – Efeito de doses crescentes de bio-óleo de casca de café na biomassa seca da raiz (BMRS) de capim-amargoso (*Digitaria insularis*).



Fonte: Produção do próprio autor (2026). Nota: Letras iguais não diferem pelo teste de Dunn (p≥0,05).

Conclusão

Os resultados obtidos demonstram que o bio-óleo da conversão termoquímica da casca de café apresenta potencial bioherbicida no controle inicial de *Digitaria insularis*. A aplicação causou inibição no desenvolvimento vegetativo e no acúmulo de biomassa em todos os genótipos avaliados, com efeitos observados a partir da concentração de 25%. A pesquisa contribui para a valorização de um subproduto agroindustrial da cafeicultura no Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), em alinhamento aos preceitos da economia circular. Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de testes em campo e o fracionamento químico do bio-óleo.

Referências

ANDRES, André; CONCENÇO, Germani; SCHREIBER, Fábio; AGOSTINETTO, Dirceu; VARGAS, Leandro; BEHENCK, João; CAPUTO, Giovanni Antoniaci; ALVES, Ygor Sulzbach. Predictions for weed resistance to herbicides in Brazil: a botanical approach. In: PACANOSKI, Z. (ed.). Herbicide resistance in weeds and crops. London: InTech, 2017. cap. 6, p. 133-157. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1084437. Acesso em: 18 ago. 2026.

DAYAN, Franck E.; CANTRELL, Charles L.; DUKE, Stephen O. Natural products in crop protection. Bioorganic & Medicinal Chemistry, [s.l.], v. 17, n. 12, p. 4022-4034, 2009.

FERREIRA, Alfredo Gui; ÁQUILA, Maria Estefania Alves. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Lavras, v. 12, ed. especial, p. 175-204, 2000.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. Plantas infestantes e nocivas. 2. ed. São Paulo: BASF Brasileira, 1997. t. 1: Plantas inferiores e monocotiledôneas, 825 p.

LAGE, V. C. P. *et al*. Valorização biotecnológica da casca do café: perspectivas nutricionais e aplicações na economia circular agroindustrial. Revista Técnica da Agroindústria, v. 3, n. 2, art. 106, 2026.

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

MENDES, Kássio F.; SILVA, Antonio Alberto da. Plantas Daninhas: Biologia e Manejo (v. 1). Porto Alegre: Oficina de Texto, 2025. E-book. pág. 50. ISBN 9786586235753. Disponível em:

https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786586235753/. Acesso em: 18 ago. 2026.

MENDES, Kassio Ferreira; SILVA, Antonio Alberto da (org.). Plantas daninhas: herbicidas (v. 2). São Paulo: Grupo A, 2022. E-book. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: 18 ago. 2026.

MINASSA, Elisa Maria Campos. Efeito alelopático da palha de café (Coffea canephora L. e Coffea arabica L.) sobre plantas cultivadas e espontâneas. Orientador: Silvério de Paiva Freitas. 2014. 93 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

PEREIRA, Thiago de Assis. Economia circular no manejo de resíduos da cafeicultura e efeitos sobre o sistema solo-planta. Orientador: Leônidas Carrijo Azevedo Melo. 2023. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2023.

SILVA, I. O. *et a*l. Evaluation of the performance of bio-oil obtained through pyrolysis of coffee waste. Revista de Eletrônica e Gestão das Tecnologias Ambientais (REGET), v. 21, e29741, 2017.

SOUZA FILHO, Antonio Pedro da Silva; TREZZI, Michelangelo Muzell; INOUE, Miriam Hiroko. Sementes como fonte alternativa de substâncias químicas com atividade alelopática. Planta Daninha, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 709-716, 2011.

VARGAS, L. *et al*. Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil: histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. In: MESCHEDE, D. K.; GAZZIERO, D. L. P. (org.). A era glyphosate: agricultura, meio ambiente e homem. Londrina: Midiograf II, 2016. cap. 20, p. 219- 239. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1048114. Acesso em: 18 ago. 2026.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo suporte e infraestrutura concedidos para realização deste trabalho de iniciação científica voluntária.