



Extrato pirolenhoso de eucalipto na germinação e no crescimento inicial do cártamo

Pyroligneous eucalyptus extract in the germination and initial growth of safflower

Diego Maradona Paulino de Oliveira^{1*}; Daniel Ramos da Costa²; Thomaz Gabriel Barros da Rocha³; Igor Luiz de Oliveira Melo⁴; Maria Rita Macêdo de Moraes⁵; Larissa Beatriz Campos Santos⁶; Juliana Espada Lichston⁷; Alexandre Santos Pimenta⁸

¹Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil; di.maradona.998@gmail.com. ²Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil; cramos.daniel@gmail.com. ³Doutorando em Ecologia; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil; thomaz.gabriel1998@gmail.com. ⁴Graduando em Ciências Biológicas - Licenciatura; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil; igorlme30@gmail.com. ⁵Mestranda em Ciências Florestais; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil; mariaritamora680@gmail.com. ⁶Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil; larissa.campos.107@ufrn.edu.br. ⁷Doutorado em Biologia Comparada; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil; j.lichston@gmail.com. ⁸Doutorado em Ciência Florestal; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil; alexandre.pimenta@ufrn.br. *Autor correspondente

NOTA

Recebido: 24-05-2025
Aprovado: 20-12-2025

Palavras-chave:

Ácido pirolenhoso
Fitotoxicidade
Inibição germinativa
Carthamus tinctorius L.

RESUMO

O extrato pirolenhoso (EP) é um subproduto da produção de carvão vegetal, obtido pela condensação dos gases liberados durante a carbonização da madeira, cuja captação contribui para a redução da poluição ambiental. Em sua composição, o EP apresenta substâncias bioativas capazes de influenciar processos fisiológicos em sementes e plantas. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de extrato pirolenhoso de eucalipto híbrido sobre a germinação e o crescimento inicial de sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). O experimento foi conduzido em condições laboratoriais, utilizando o método do papel para germinação, com aplicação única do extrato correspondente a 1,5 vezes o peso do papel. Foram testadas quatro concentrações (0; 2,5; 5 e 7,5% v.v.) em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 75 sementes cada. Avaliaram-se o percentual de germinação (%G) e o índice de velocidade de germinação (IVG), além de parâmetros morfológicos das plântulas: comprimento da parte aérea (CP), comprimento da radícula (CR), teor de água (TA) e massa seca (MS). Observou-se que o EP de eucalipto apresentou efeito fitotóxico sobre a germinação e o crescimento inicial das plântulas de cártamo, uma vez que todas as concentrações resultaram em desempenho inferior ao do grupo controle. Portanto, pode-se concluir que o extrato pirolenhoso de eucalipto, nas condições avaliadas, não é recomendado para promover a germinação e o crescimento inicial de sementes de cártamo.

ABSTRACT

Pyroligneous extract (PE) is a byproduct of charcoal production, obtained through the condensation of gases released during wood carbonization, and its capture contributes to the reduction of environmental pollution. In its composition, PE contains bioactive substances capable of influencing physiological processes in seeds and plants. The aim of this study was to evaluate the effect of different concentrations of pyroligneous extract from hybrid eucalyptus on the germination and initial growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds. The experiment was conducted under laboratory conditions using the germination paper method, with a single application of the extract equivalent to 1.5 times the weight of the paper. Four concentrations (0, 2.5, 5, and 7.5% v/v) were tested in a completely randomized design, with four replicates of 75 seeds each. The evaluated parameters included germination percentage (%G) and germination speed index (GSI), as well as seedling morphological traits: shoot length (SL), radicle length (RL), water content (WC), and dry mass (DM). The results showed that eucalyptus PE had a phytotoxic effect on both germination and early seedling growth of safflower, as all tested concentrations resulted in lower performance compared to the control group. Therefore, it can be concluded that, under the evaluated conditions, pyroligneous extract from eucalyptus is not recommended for promoting germination and early growth of safflower seeds.

Key words:

Pyroligneous acid
Phytotoxicity
Germination inhibition
Carthamus tinctorius L.



INTRODUÇÃO

Novas tecnologias aplicadas à agricultura têm se beneficiado de produtos derivados de fontes renováveis, os quais se destacam por apresentarem menor impacto ambiental. Entre esses produtos, o carvão vegetal, produto oriundo de fontes renováveis, como madeira, bem como outros materiais orgânicos (casca de arroz orgânico, resíduos de poda, serragem, entre outros), e seus subprodutos vêm ganhando relevância como alternativas sustentáveis para o manejo agrícola (CAMPOS, 2018).

Durante o processo de produção do carvão vegetal, ocorre a liberação de gases que podem contribuir para a poluição atmosférica. No entanto, a captura e condensação desses gases origina um composto líquido denominado extrato pirolenhoso (EP), também conhecido como ácido pirolenhoso (SCHNITZER et al., 2015). O EP é uma mistura complexa de compostos orgânicos, como ácidos, álcoois, cetonas, furanos e fenóis, cuja composição varia conforme a biomassa e as condições de carbonização (CAMPOS, 2018; MEDEIROS et al., 2019).

Diversos estudos relatam o potencial do EP como condicionador de solo, repelente natural e bioestimulante vegetal, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos benéficos e a assimilação de nutrientes, promovendo a redução do uso de agroquímicos na agricultura (TOGORO, 2012; SCHNITZER et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2019). Em termos conceituais, bioestimulantes são substâncias orgânicas ou microrganismos que, aplicados às plantas, aumentam sua eficiência nutricional, resistência ao estresse e qualidade de crescimento (DU JARDIN, 2015; KOVALSKI, 2020). Assim, o uso de bioestimulantes, como o EP, representa uma estratégia promissora para a agricultura moderna, contribuindo para a redução do uso de insumos químicos e a mitigação dos efeitos de estresses ambientais (SILVA et al., 2021a; DUARTE et al., 2021).

Em contrapartida, o EP pode ser utilizado como herbicida, o que é interessante à agricultura (SANTOS et al., 2024). Essa diversidade de efeitos pode ser justificada pela presença de mais de 200 compostos que participam de sua composição (ROCHA et al., 2022). Porém, os resultados esperados são dependentes da dose e da espécie-alvo que receberá a aplicação do vinagre pirolenhoso (SILVA et al., 2026).

Embora o uso agrícola do EP ainda seja recente no Brasil, o país se destaca como um dos maiores produtores mundiais de carvão vegetal, o que evidencia o potencial para a produção e aplicação desse subproduto (IBÁ, 2025; BOA et al., 2022). No entanto, as respostas fisiológicas de diferentes espécies vegetais ao EP variam amplamente, e há poucos estudos sobre seu efeito em oleaginosas, especialmente em condições semiáridas.

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), pertencente à família Asteraceae, é uma oleaginosa de múltiplas finalidades, como alimentar, industrial e energética, que apresenta potencial de cultivo em regiões de clima seco, como o Semiárido brasileiro (MOURA et al., 2015; KUMAR et al., 2016). Esta cultura está entre as principais espécies produtoras de óleo, destacando-se como uma das principais oleaginosas (SHARIFI et al., 2017). Seu óleo apresenta em sua composição ácidos linoleico e oleico, sendo conhecido como um óleo vegetal saudável (OLIVEIRA, 2021). Contudo, pesquisas

sobre sua germinação e estabelecimento inicial ainda são escassas, o que limita a adoção dessa cultura em sistemas agrícolas sustentáveis.

Dessa forma, considera-se relevante investigar se o extrato pirolenhoso pode atuar como bioestimulante ou exercer efeito fitotóxico sobre o cártamo em condições de cultivo inicial. Parte-se da hipótese de que diferentes concentrações de EP podem influenciar o desempenho germinativo e o crescimento inicial das plântulas, podendo contribuir para o uso racional de bioestimulantes em ambientes de restrição hídrica, como o Semiárido (SANTOS et al., 2017).

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes concentrações de extrato pirolenhoso de eucalipto sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O extrato pirolenhoso (EP) utilizado neste estudo foi obtido a partir da carbonização de troncos de madeira de eucalipto híbrido (*Eucalyptus urograndis*), realizada em forno de alvenaria do tipo retangular, pertencente ao Laboratório de Tecnologia da Madeira da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (EAJ/UFRN), localizada no município de Macaíba, Rio Grande do Norte, nas coordenadas geográficas 5°53'11"S e 35°21'49"W.

Os ensaios experimentais foram conduzidos no Laboratório de Investigação de Matriz Vegetais Energéticas, vinculado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), em Natal – RN. Utilizou-se a cultivar de cártamo IMAMT S325, cujos frutos foram obtidos de cultivo experimental conduzido em campo no mês de maio de 2024. Após a colheita, as sementes foram acondicionadas em recipientes herméticos e mantidas em temperatura ambiente (≈ 25 °C) até o início dos testes de germinação.

O processo de carbonização através da queima da madeira ocorreu no período de 5 a 7 dias consecutivos, após a queima, esperou-se o intervalo de 168 horas para o resfriamento do carvão vegetal obtido (adaptado de SENA et al., 2014).

Durante a combustão, por meio de um recuperador de fumaça, foi extraído o extrato pirolenhoso pela condensação da fumaça oriunda da queima da madeira, gerando como produto final o extrato pirolenhoso bruto (EPB), os gases condensados são originários da quebra de moléculas de hemicelulose, celulose e ligninas (adaptado de SENA et al., 2014; LI et al., 2017).

Ao final, o EPB foi armazenado, como etapa inicial de decantação, com a finalidade de iniciar o processo de refinamento do líquido, separando-o em duas frações (líquida e alcatrão insolúvel). Por fim, o extrato pirolenhoso passou pelo processo de destilação simples em laboratório, com a finalidade de obter o extrato pirolenhoso purificado e com baixa toxicidade para realização dos testes de germinação (adaptado de SENA et al., 2014).

No teste de germinação foram utilizadas 300 sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) da cultivar IMAMT S325, obtidas de um mesmo lote experimental de plantas cultivadas em campo, garantindo uniformidade fisiológica. As sementes foram inicialmente selecionadas visualmente, descartando-se aquelas danificadas ou com indícios de patologia. Em seguida, procedeu-se à higienização e desinfestação superficial,

mediante imersão em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 5% por 3 minutos, seguida de três lavagens consecutivas com água destilada por 1 minuto cada, para completa remoção do reagente. O teste de germinação foi conduzido em papel toalha tipo Germitest®, umedecido com volume de água destilada ou solução de extrato pirolenhoso equivalente a 1,5 vezes o peso do papel, conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As sementes foram dispostas sobre o papel em rolos, contendo 25 sementes por rolo, organizadas em fileiras, totalizando 3 repetições por tratamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos: 0% (controle), 2,5%, 5% e 7,5% (v.v.) de extrato pirolenhoso (EP), totalizando 12 rolos e 75 sementes por tratamento. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos transparentes lacrados e mantidos em câmara de germinação TE-4013 TECNAL®, com sistema B.O.D., temperatura constante de 30 °C e fotoperíodo de 12 horas claro/12 horas escuro, durante 8 dias de avaliação.

A porcentagem de germinação (%G) foi determinada pela relação entre o número de sementes germinadas e o total de sementes semeadas, expressa em percentual $G = (N/A) \times 100$, onde N representa o número de sementes germinadas e A o número total de sementes testadas. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado pela equação $IVG = \sum(N_i/T_i)$, em que N_i é o número de sementes germinadas no tempo i e T_i o tempo decorrido (em dias) após a semeadura. O comprimento da parte aérea (CP) e o comprimento da radícula (CR) foram mensurados com régua milimetrada, considerando o eixo entre a inserção do hipocótilo e a extremidade da raiz principal. O teor de água (TA) foi obtido por diferença entre a massa fresca e a massa seca das plântulas, expressa em percentual, e a massa seca (MS) foi obtida pela pesagem conjunta das plântulas germinadas em cada repetição após secagem do material vegetal em estufa a 60 °C por 24 horas, utilizando balança analítica de precisão, sendo os valores expressos como média por plântula (g).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em delineamento inteiramente casualizado (DIC), considerando os diferentes tratamentos de concentração de extrato pirolenhoso como fator fixo. Quando observada significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), visando identificar diferenças entre os tratamentos. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software RStudio (versão 2019), empregando os pacotes estatísticos apropriados para a execução dos testes de ANOVA e comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostraram que houve efeito significativo das concentrações de EP entre controle e tratamentos e entre as concentrações diferentes de extrato testadas. As diferentes diluições do extrato causaram efeito quanto à resposta germinativa, e nas concentrações 5 e 7,5% observaram-se considerável redução da porcentagem de germinação, com as médias 51 e 17,5%, respectivamente, indicando que a aplicação de concentrações mais altas de EP afetam a respostas germinativa do cártamo, possivelmente devido ao vinagre apresentar efeito fitotóxico nas plântulas (Figura 1). O EP apresentou efeito redutor na germinação, obtendo índices menores que o controle em todas as concentrações.. A aplicação do extrato pirolenhoso influencia

na germinação das espécies por meio de uma série de compostos que se relacionam com grupos moleculares de fitormônios, como as citocininas, giberelinas e etilenos, que interagem, em diversas espécies, e são dose-dependentes. Em doses elevadas, a abundância desses compostos pode gerar uma resposta inibitória em processos germinativos, afetando o desenvolvimento das plântulas (SILVEIRA, 2010; LOURENÇO et al., 2018).

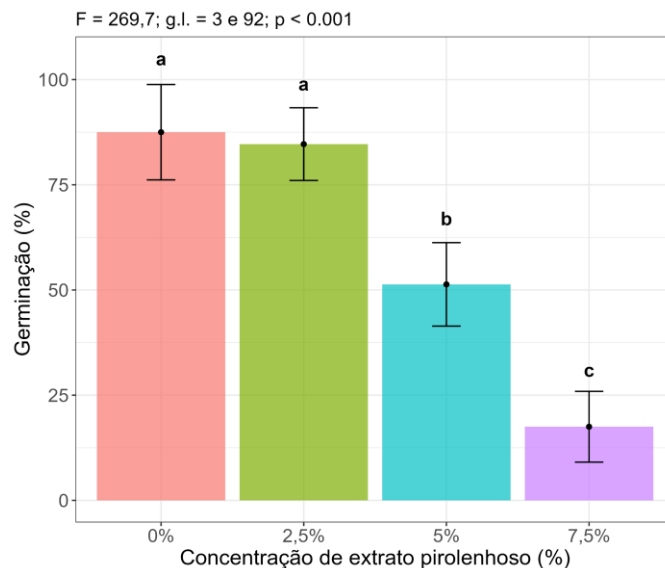


Figura 1. Percentual de germinação (%G) de sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius* L., cultivar IMAMT S325) submetidas a diferentes concentrações do extrato pirolenhoso (EP) de eucalipto (0; 2,5; 5 e 7,5% v.v.). As barras representam as médias \pm desvio padrão. Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras apresentam os valores das médias com o desvio padrão para cada tratamento e apresentando F Estatístico = 269,7; Grau de Liberdade = 3 e 99 e p-valor < 0,001.

Silveira (2010) mostrou que o extrato pirolenhoso (EP) não influenciou a porcentagem de germinação de sementes de milho submetidas a diferentes concentrações. No presente estudo, entretanto, observou-se resposta oposta nas sementes de cártamo (Figura 1). Essa divergência pode estar relacionada à diferença de sensibilidade entre espécies, uma vez que o milho, por possuir sementes de maior tamanho e reservas mais abundantes, pode tolerar melhor compostos fenólicos presentes no extrato, enquanto o cártamo parece ser mais suscetível aos efeitos fitotóxicos desses compostos.

O extrato pirolenhoso apresentou efeito estimulante sobre a germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, conforme relatado por Lourenço et al. (2021). No estudo, o EP favoreceu a germinação mesmo sem a necessidade de tratamento para quebra de dormência, nas mesmas concentrações avaliadas no presente trabalho. Resultados semelhantes foram observados em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.), que também pertence à família botânica Asteraceae, onde concentrações mais elevadas do EP apresentou efeito fitotóxico, inibindo a germinação das sementes (SILVA et al., 2026). Em contraste, Lourenço et al. (2018) observaram efeito inibitório do EP na germinação de *Leucaena leucocephala* (Fabaceae), resultado semelhante ao

obtido aqui com sementes de cártamo. Assim, os resultados deste trabalho reforçam que o efeito do EP sobre a germinação é espécie-dependente e pode variar conforme a concentração e o tipo de semente.

Entre esses compostos presentes no EP, destaca-se o 3,4,5-trimetilfurano-2(5H)-ona, também conhecido como 2,3,4-trimetilbut-2-enolida, identificado como inibidor natural de germinação em extratos vegetais. Esse composto pertence ao grupo das butenolidas e apresenta ação antagonista aos carriquinólidos, substâncias promotoras de germinação. Estudos mostram que, em concentrações elevadas, essa butenolida (3,4,5-trimetilfurano-2(5H)-ona) bloqueia os receptores de germinação ou interfere nas vias de sinalização associadas à ativação metabólica do embrião, resultando em inibição completa ou retardo expressivo da germinação (PATTENDEN, 1978; LIGHT et al., 2010).

Como consequência desse ambiente inibitório, observou-se redução significativa no índice de velocidade de germinação (IVG), conforme apresentado na Figura 2. O maior valor de IVG foi obtido no grupo testemunha, onde não houve aplicação do extrato. Pela análise dos resultados, nota-se que o aumento das concentrações do EP influenciou negativamente o desempenho germinativo das sementes de cártamo. (Figura 2).

O aumento da concentração do extrato pirolenhoso reduziu significativamente o índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de cártamo, indicando que compostos presentes no extrato, como compostos do grupo das butenolidas, podem ter interferido em processos metabólicos essenciais à germinação, retardando a ativação enzimática e a mobilização de reservas (JAIN; VAN STADEN, 2006; OKAZAWA et al., 2021). Esse comportamento evidencia um efeito fitotóxico em concentrações mais elevadas, enquanto doses mais baixas apresentaram desempenho semelhante ao controle. Resultados que corroboram foram relatados por Silva et al. (2021b) em sementes de milho e feijão, nas quais o aumento da concentração do extrato pirolenhoso também reduziu o IVG, confirmando que o efeito do EP é dependente da dose.

Os efeitos observados na germinação refletiram-se também no desenvolvimento inicial das plântulas que apresentaram uma resposta contraproducente às concentrações do extrato aplicadas. A aplicação do extrato nos diferentes tratamentos interferiu no comprimento da parte aérea (CP), comprimento da radícula (CR), teor de água (TA) e massa seca

(MS) (Tabela 1). As sementes de cártamo do grupo testemunha (0 %) apresentaram melhor desenvolvimento das plântulas, com altura média de 3,97 cm, em contrapartida, as sementes submetidas à concentração 7,5 % não apresentaram crescimento de plântulas, onde as sementes tratadas com esta concentração não se desenvolveram. O comprimento da radícula também sofreu influência do EP. O crescimento radicular com maiores valores obtidos encontra-se no grupo testemunha, os demais tratamentos também sofreram influência do EP, levando em consideração que, conforme maior o gradiente de concentração, menor o crescimento radicular, com destaque para o tratamento com 7,5 % do ácido pirolenhoso onde as sementes não se desenvolveram (Tabela 1).

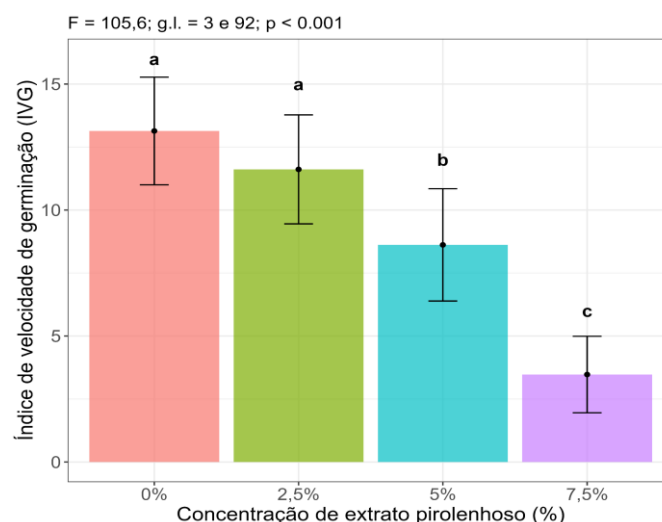


Figura 2: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius* L., cultivar IMAMT S325) submetidas a diferentes concentrações do extrato pirolenhoso (EP) de eucalipto (0; 2,5; 5 e 7,5% v.v.). As barras representam as médias \pm desvio padrão. Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras apresentam os valores das médias com o desvio padrão para cada tratamento e apresentando F Estatístico = 105,6; Grau de Liberdade = 3 e 92 e p-valor < 0,001.

Tabela 1. Teor de água (TA), percentual de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CP), comprimento da radícula (CR) e massa seca (MS) de plântulas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L., cv. IMAMT S325) submetidas a diferentes concentrações de extrato pirolenhoso (EP) de eucalipto. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

	TA (% H ₂ O)		CP (cm)		CR (cm)		MS (g)	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
S325								
0%	86,250 a	2,465	3,974 a	0,818	9,147 a	4,206	0,022 a	0,004
2,5 %	55,388 b	35,950	1,758 b	1,315	2,333 b	2,328	0,015 b	0,010
5 %	12,607 c	28,872	0,343 c	0,807	0,122 c	0,358	0,003 c	0,008
7,5 %	0 c	0	0 c	0	0 c	0	0 c	0

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,001$).

Os resultados obtidos apontam que as concentrações do extrato foram um fator motivador em relação ao desempenho desfavorável na resposta no crescimento e desenvolvimento das plântulas. Contudo, análogo aos resultados obtidos neste trabalho, Souza-Silva et al. (2006) verificaram que o aumento da concentração e aplicação do EP em muda de eucalipto provocou a diminuição do diâmetro,

Os maiores valores de teor de água (TA) foram observados nas plântulas oriundas do grupo controle (0%), enquanto as demais concentrações apresentaram redução progressiva desse parâmetro. Esse resultado indica que o extrato pode ter afetado a absorção e o acúmulo hídrico durante a germinação, comprometendo a hidratação necessária ao desenvolvimento inicial. A presença de ácidos orgânicos e compostos fenólicos na composição do EP (CAMPOS, 2018), quando em maiores concentrações, podem afetar a permeabilidade das membranas, afetando a mobilização de reservas (ZHOU et al., 2025).

De forma semelhante, a massa seca (MS) das plântulas também apresentou valores superiores no grupo controle, evidenciando que o aumento da concentração do extrato pirolenhoso resultou em menor acúmulo de biomassa. Esses dados sugerem que a presença do extrato promoveu um ambiente fisiologicamente desfavorável, reduzindo o crescimento e o investimento energético das plântulas em massa vegetal. O EP apresenta em sua composição ácidos orgânicos, compostos fenólicos e substâncias que afetam grupos moleculares de hormônios vegetais. Essas compostos químicos afetam a absorção de água reduzindo a permeabilidade das membranas, além de gerar um desequilíbrio hormonal, esses fatores podem afetar a fotossíntese, reduzindo-a, e consequentemente gerando um decréscimo no incremento de massa (SILVEIRA, 2010; CAMPOS, 2018; LOURENÇO et al., 2018; ZHOU et al., 2025).

Portanto, os resultados obtidos na presente pesquisa contraindicam o uso do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* na cultura de cártamo durante o desenvolvimento inicial das plantas. Esses resultados estão associados à interferência dos compostos fenólicos e ácidos orgânicos possivelmente presentes no extrato sobre processos fisiológicos iniciais, como a embebição e a mobilização de reservas (CAMPOS, 2018; HAGHIGHI et al., 2021; TONGUÇ et al., 2023; FIORIO et al., 2025).

CONCLUSÕES

O extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*, apresenta efeitos fitotóxicos na germinação, na velocidade de emergência e no incremento de biomassa das plântulas de *Carthamus tinctorius* L.

REFERÊNCIAS

BOA, E. A. F. DE SOUZA BERNABE, M. C. D., CORTAT, L. H., SCARDINI, J. D. P. P., BOLZAN, R. P., DA SILVA, S. A. A., MENDONÇA, P. P. VARGAS JÚNIOR, J. G. Extrato pirolenhoso e outros aditivos em alimentação animal. Tópicos especiais em ciência animal XI, 1ª edição, em dezembro de 2022. Editor: CAUFES, p. 181-198. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes/Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CAMPOS, A. D. Informação Técnica sobre Extrato Pirolenhoso. Circular Técnica 177, Pelotas, RS: Embrapa, p. 1-9, 2018. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1092513>

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, v. 196, p.3-14, 2015. [10.1016/j.scienta.2015.09.021](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021)

DUARTE, J. P.; RUFF, O. J.; SANTOS, C. L. R. Inoculação de milho com inoculante à base de *Azospirillum brasilense* sob doses de nitrogênio em solo arenoso. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 8, 2021. [10.36560/14820211391](https://doi.org/10.36560/14820211391)

FIORIO, M. S.; BUTZGE, J. C.; APEL, M. A. Chemical composition, production, biological properties, and patent registrations of *Eucalyptus* spp. pyroligneous extract: A systematic review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 190, p. 107155, 2025. [10.1016/j.jaap.2025.107155](https://doi.org/10.1016/j.jaap.2025.107155)

HAGHIGHI, T. M. SAHARKHIZ, M. J. Phytotoxic potential of Vitex pseudo-negundo leaf and flower extracts and analysis of phenolic compounds. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. v. 34, 2021. [10.1016/j.bcab.2021.102018](https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102018)

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. Capítulo II Produção Industrial - Carvão Vegetal. São Paulo, 2025. p. 42.

JAIN, N.; VAN STADEN, J. A smoke-derived butenolide improves early growth of tomato seedlings. *Plant Growth Regulation*, v. 50, n. 2, p. 139-148, 2006. [10.1007/s10725-006-9110-x](https://doi.org/10.1007/s10725-006-9110-x)

KOVALSKI, A. R. Avaliação do Desempenho Agrônomico de Diferentes Cultivares de Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) Com Uso de Bioestimulantes e Herbicida Hormonal. *PesquisAgro*, v. 3, n. 1, p. 4-23, 2020. [10.33912/pagro.v3i1.651](https://doi.org/10.33912/pagro.v3i1.651).

KUMAR, S.; AMBREEN, H.; VARIATH, M. T.; RAO, A. R.; AGARWAL, M.; KUMAR, A.; JAGANNATH, A. Utilization of molecular, phenotypic, and geographical diversity to develop compact composite core collection in the oilseed crop, safflower (*Carthamus tinctorius* L.) through maximization strategy. *Frontiers in Plant Science*, v. 7, n. 1554, 2016. [10.3389/fpls.2016.01554](https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01554)

LI, R.; NARYTA, R.; NISHIMURAL, H.; MARUMOTO, S.; YAMAMOTO, S. P.; OUDA, R.; YATAGAI, M.; FUJITA, T.; WATANABE, T. Antiviral activity of phenolic derivatives in pyroligneous acid from Hardwood, Softwood and Bamboo. *Sustainable Chemistry & Engineering*, v. 6, n. 1, p. 119-126, 2017. [10.1021/acssuschemeng.7b01265](https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b01265)

LIGHT, M. E.; BURGER, B. V.; STAERK, D.; KOHOUT, L.; VAN STADEN, J. Butenolides from plant-derived smoke: natural plant-growth regulators with antagonistic actions on seed germination. *Journal of Natural Products*, v. 73, p. 267-269, 2010. [10.1021/np900630w](https://doi.org/10.1021/np900630w)

- LOURENÇO, Y. B. C.; LIMA, N. S.; CASTRO, M. L. L.; FELIX, F. C.; FERRARI, C. S.; PIMENTA, A. S. Germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. sob influência do extrato pirolenhoso. In: X Simpósio Brasileiro de Pós-graduação em Ciências Florestais, Natal, 2018.
- LOURENÇO, Y. B. C.; LIMA, N. S.; SOUZA, E. C.; SILVA, B. R. F.; SILVA, K. C. A.; GOMES, S. H. B.; NASCIMENTO, M. B.; PIMENTA, A. S. Influência do extrato pirolenhoso na germinação de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 3, p. 31016-31035, 2021. [10.34117/bjdv7n3-701](https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-701)
- MEDEIROS, L. C. D.; PIMENTA, A. S.; BRAGA, R. M.; CARNAVAL, T. K. A.; MEDEIROS NETO, P. N.; MELO, D. M. de A. Effect of pyrolysis heating rate on the chemical composition of wood vinegar from *Eucalyptus urograndis* and *Mimosa tenuiflora*. *Revista Árvore*, v. 43, n. 4, e430408. [10.1590/1806-90882019000400008](https://doi.org/10.1590/1806-90882019000400008)
- MOURA, P. C. S.; BORTOLHEIRO, F. P. A. P.; GUIMARÃES, T. M.; LEAL, D. P. V.; SILVA, M. A. Características gerais e ecofisiologia do cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agronomic Sciences, Brazil*, v. 4, p. 136-50, 2015.
- OKAZAWA, A.; SAMEJIMA, H.; KITANI, S.; SUGIMOTO, Y.; OHTA, D. Germination stimulatory activity of bacterial butenolide hormones from *Streptomyces albus* J1074 on seeds of the root parasitic weed *Orobancha minor*. *Journal of pesticide science*, v. 46, n. 2, p. 242-247, 2021. [10.1584/jpestics.D21-014](https://doi.org/10.1584/jpestics.D21-014)
- OLIVEIRA, G. P.; FIGUEIROA, L. E.; SILVA, A. B.; ARAÚJO, A. M. N.; FARIAS, L. R. A.; ESPINOSA, D. J. L.; TRINDADE, R. C. P. Atividade repelente do extrato pirolenhoso de *Bambusa vulgaris* sobre *Sitophilus zeamais*. *Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 9, n. 5, p. b-68, 2019.
- OLIVEIRA, A. J. The culture of *Carthamus tinctorius* L.: Main uses and genetic variability. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. e24810212683, 2021. [10.33448/rsd-v10i2.12683](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12683).
- PATTENDEN, G. Natural 4-Ylidenbutenolides and 4-Ylidenetronic Acids. In: HERZ, W., GRISEBACH, H., KIRBY, G.W. (eds) *Fortschritte der Chemie Organischer Naturstoffe/Progress in the Chemistry of Organic Natural Products*. Vienna: Springer Vienna, 1978. p. 133-198. [10.1007/978-3-7091-8505-6_3](https://doi.org/10.1007/978-3-7091-8505-6_3)
- ROCHA, F. T., CRUZ, I. V., LEITE, H. M. F., DE FRANÇA NETO, A. C., FERREIRA, E. Extrato pirolenhoso na germinação de sementes forrageiras. *Conjecturas*, v. 22, p. 485-499, 2022. [10.53660/CONJ-680-811](https://doi.org/10.53660/CONJ-680-811)
- SANTOS, W. M.; SOUZA, R. M. S.; SOUZA, E. S.; ALMEIDA, A. Q.; ANTONINO, A. C. D. Variabilidade espacial da sazonalidade da chuva no semiárido brasileiro. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 2, n. 4, p. 368-376 2017. [10.24221/jeap.2.4.2017.1466.368-376](https://doi.org/10.24221/jeap.2.4.2017.1466.368-376)
- SANTOS, L. L. C.; SOUZA, R. C.; BULHÕES, L. E. L.; SOLETTI, J. I.; CUNHA, J. L. X. L. Ação bioherbicida de extrato pirolenhoso no manejo pós-emergência de plantas infestantes. *Cadernos de Agroecologia*, v. 19, n. 1, 2024.
- SCHNITZER, J. A.; SU, M. J.; VENTURA, M. U.; FARIA, R. T. Doses de extrato pirolenhoso no cultivo de orquídea. *Revista Ceres*, v. 62, n. 1, p. 101-106, 2015. [10.1590/0034-737X201562010013](https://doi.org/10.1590/0034-737X201562010013)
- SENA, M. F. M.; ANDRADE, A. M.; THODE FILHO, S.; SANTOS, F. R.; PEREIRA, L. F. Potencialidades do extrato pirolenhoso: práticas de caracterização. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 8, n. 14, p. 41-44, 2014. [10.5902/2236117013808](https://doi.org/10.5902/2236117013808)
- SHARIFI, R. S.; NAMVAR, A.; SHARIFI, R. S. Grain filling and fatty acid composition of safflower fertilized with integrated nitrogen fertilizer and biofertilizers. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 4, p. 236-243, 2017. [10.1590/S0100-204X2017000400003](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000400003)
- SILVA, C. M.; SILVA, A. V.; FREITAS, B. A. L.; MAIA, W.M. P.; SILVA, D. A. M.; CORTEZ, L. C. A.; ALMEIDA, L. J.M. Bioestimulantes na agricultura. In: SILVA, A. V.; SILVA, C. N.; SILVA, J. H. B. (Org). *Pesquisas em ciências agrárias*. Editora CRV, v. 2, p. 39-51, 2021a.
- SILVA, D. W.; CANEPELLE, E.; WRITZL, T. C.; STEFFER, A. D.; STEIN, J. E. S.; GUERRA, D.; SILVA, D. M.; REDIN, M.; Efeito do extrato pirolenhoso no desenvolvimento inicial de plantas de milho e feijão. *Revista Eletrônica Científica*, v. 7, n. 1, p. 93-102, 2021b. [10.21674/2448-0479.71.93-102](https://doi.org/10.21674/2448-0479.71.93-102)
- SILVA, W. M. da. Influência do extrato pirolenhoso na germinação e crescimento inicial de híbridos de girassol. *Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal Goiano, Urutaí*, 2026.
- SILVEIRA, C. M. D. Influência do extrato pirolenhoso no desenvolvimento e crescimento de plantas de milho. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010.
- SOUZA-SILVA, A. ZANETTI, R., CARVALHO, G. A., MENDONÇA, L. A. Qualidade de mudas de eucalipto tratadas com extrato pirolenhoso. *Cerne*, v. 12, n. 1, p. 19-26, 2006.
- TOGORO, A. H. Uso do extrato pirolenhoso: Efeito no solo e nas plantas de tomate. 2012. XVI, 69 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012.
- TONGUÇ, M., GULER, M., ONDER, S. Germination, reserve metabolism and antioxidant enzyme activities in safflower as affected by seed treatments after accelerated aging. *South African Journal of Botany*. v. 153, p. 209-218, 2023. [10.1016/j.sajb.2022.12.021](https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.12.021)
- ZHOU, H., ZHANG, N., MU, L., GAO, L., BAO, L. TANG, C. New enlightenment on the regulatory effects of acids and phenolic compounds in wood vinegar, a by-product of biomass pyrolysis, on tomato production. *Frontiers in Microbiology*, v. 16, p. 1538998, 2025. [10.3389/fmicb.2025.1538998](https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1538998)