

Potencial Alelopático de Extratos Aquosos e Hidroalcoólicos de *Eucalyptus grandis*, *Plantago major*, *Mentha spicata* E *Canavalia ensiformis*

Allelopathic Potential of Aqueous and Hydroalcoholic Extracts of Eucalyptus grandis, Plantago major, Mentha spicata And Canavalia ensiformis

Deisy Brasil Gonçalves^{*a}; Hilda Hildebrand Soriani^a; Genésio Mario da Rosa^a; Kauane Andressa Flach^a; Ubiratan Alegransi Bones^a

^aUniversidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência e Tecnologia Ambiental. RS, Brasil.

*E-mail: deisy.gbr@gmail.com

Resumo

A crescente consciência sobre os problemas ambientais e de saúde, ligados ao uso excessivo de agroquímicos, tem estimulado o interesse por bioherbicidas. A alelopatia tem-se mostrado promissora, pois através da liberação de metabólitos secundários oriundos de plantas bioativas, consegue-se inibir ou potencializar o crescimento de outras espécies. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo determinar o efeito alelopático de diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%) de extratos aquosos e hidroalcoólicos de folhas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), hortelã (*Mentha spicata*), tansagem (*Plantago major*) e de sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) na germinação e crescimento inicial de plântulas de alface (*Lactuca sativa*) e trigo (*Triticum sp.*). O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado no sistema fatorial, em triplicata de 25 sementes para cada tratamento, onde foram analisados os seguintes parâmetros: porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da radícula e comprimento da parte aérea. Os extratos hidroalcoólicos das quatro plantas testadas apresentaram maiores efeitos na redução das variáveis analisadas quando comparado aos extratos aquosos, causando em concentrações elevadas inibição total da germinação da alface e do trigo. O extrato hidroalcoólico de eucalipto mostrou-se com maior potencial alelopático quando comparado com os extratos das demais espécies, enquanto o extrato aquoso da tansagem nas menores concentrações (1 e 2,5%) teve efeito positivo sobre a germinação e IVG. O aumento das concentrações influenciou diretamente no potencial alelopático, ocorrendo decréscimos nas variáveis de crescimento até a inibição total da capacidade germinativa.

Palavras-chave: Agricultura Sustentável. Bioherbicida. Extratos Vegetais. Metabólitos Secundários.

Abstract

Growing awareness of environmental and health problems linked to excessive use of agrochemicals has stimulated interest in bioherbicides. Allelopathy has shown promise, as through the release of secondary metabolites originating from bioactive plants, it is possible to inhibit or enhance the growth of other species. In this sense, the present work aimed to determine the allelopathic effect of different concentrations (0; 1; 2.5; 5 and 10%) of aqueous and hydroalcoholic extracts of eucalyptus leaves (*Eucalyptus grandis*), mint (*Mentha spicata*), tansagem (*Plantago major*) and jack bean (*Canavalia ensiformis*) seeds on germination and initial growth of lettuce (*Lactuca sativa*) and wheat (*Triticum sp.*) seedlings. The experimental design employed was a completely randomized factorial system, in triplicate of 25 seeds for each treatment, where the following parameters were analyzed: germination percentage, germination speed index (GVI), radicle length and part length. aerial. The hydroalcoholic extracts of the four tested plants showed greater effects in the reduction of the controlled variables when compared to the aqueous extracts, causing, in reduced concentrations, the total germination of ce-alpha and wheat. The hydroalcoholic extract of eucalyptus showed a greater allelopathic potential when compared to the extracts of the other species, while the aqueous extract of tansagem at lower concentrations (1 and 2.5%) had a positive effect on germination and IVG. The increase in concentrations directly influenced the allelopathic potential, with decreases in growth variables occurring up to the total followed by germination capacity.

Keywords: Sustainable Agriculture. Bioherbicide. Vegetable Extracts. Secondary Metabolites.

1 Introdução

Diante das problemáticas ambientais e de saúde pública envolvendo o uso de agrotóxicos, muitos ingredientes ativos destinados ao uso agrícola foram banidos do Brasil (ANVISA, 2019). Neste sentido, a tecnologia e a inovação, bem como a crescente consciência sobre os problemas ambientais e de saúde pública, ligados ao uso excessivo de produtos agroquímicos, têm estimulado o interesse na busca de novos herbicidas seletivos, facilmente degradáveis e ambientalmente seguros que auxiliem no manejo sustentável da produção agrícola (CHENG; CHENG, 2015; LI et al., 2021; LUCINI et

al., 2019; RICE, 2013; VARGAS; PASSOS; KARAM, 2018).

A alelopatia é um fenômeno que pode ajudar nesse sentido, pois pode ser caracterizado como um efeito direto ou indireto, positivo ou negativo de espécies vegetais sobre outras espécies vegetais e microrganismos, através da liberação de metabólitos secundários conhecidos como aleloquímicos (FERREIRA; AQUILA, 2000). Na hipótese de que aleloquímicos derivados de plantas exercem poucos efeitos residuais ou tóxicos, são considerados os substitutos ideais para herbicidas sintéticos (CHENG; CHENG, 2015).

Pesquisas com plantas podem propiciar excelentes

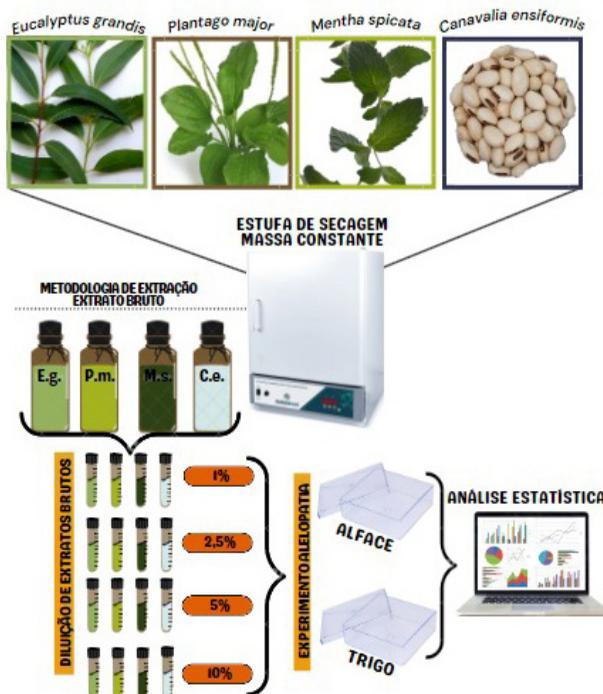
oportunidades de descoberta de novas moléculas que possuam potencial de inibir ou potencializar o crescimento de outras plantas, acarretando menores consequências ao meio ambiente, quando comparado aos herbicidas sintéticos usados na agricultura (QIMING et al., 2006; ZERA; BETTIOL; SANT'ANNA, 2019).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo determinar o efeito alelopático de diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%) de extratos aquosos e hidroalcoólicos de folhas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), tansagem (*Plantago major*), hortelã (*Mentha spicata*) e sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) na germinação e crescimento inicial de plântulas de alface (*Lactuca sativa*) e trigo (*Triticum* sp.).

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório de Análise de Águas, Laboratório de Microbiologia e Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen - RS. Na Figura 1 pode-se visualizar um fluxograma geral das atividades desenvolvidas durante todo o procedimento de análise.

Figura 1 - Fluxograma da análise de alelopatia utilizando extratos aquosos e hidroalcoólicos das espécies eucalipto (*E. grandis*), tansagem (*P. major*), hortelã (*M. spicata*) e feijão-de-porco (*C. ensiformis*) sobre alface (*L. sativa*) e trigo (*Triticum* sp.)



Fonte: dados da pesquisa.

2.1 Espécies doadoras e receptoras dos extratos

A alface (*Lactuca sativa* L.) e o trigo (*Triticum* sp.) foram utilizados como espécies receptoras dos extratos aquosos e hidroalcoólicos. A alface é considerada uma espécie receptora modelo comumente utilizada em estudos de potencial

alelopático devido ao fato dela requerer um pequeno período tanto para a sua germinação (24 a 48 horas) quanto para o seu crescimento (FERREIRA, 2004). O trigo foi utilizado neste estudo, por tratar-se de uma espécie de cultivo anual, sendo o segundo cereal mais produzido no mundo, e é cultivado em diversas regiões do Brasil (DERNARDI et al., 2018). As sementes de ambas as espécies foram obtidas no comércio local e testes preliminares foram realizados em laboratório para verificação da viabilidade e do vigor da germinação das sementes.

As espécies doadoras, utilizadas para formulação dos extratos aquosos e hidroalcoólicos foram o eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden), a hortelã (*Mentha spicata* L.), o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), e a tansagem (*Plantago major* L.).

2.2 Preparação dos extratos aquosos e hidroalcoólicos

Folhas maduras de eucalipto, hortelã e tansagem, e sementes orgânicas de feijão-de-porco foram coletadas no município de Frederico Westphalen, RS e Ametista do Sul, RS, nas primeiras horas do dia, sem precipitação pluvial no mês de agosto de 2021. Após a coleta, as partes vegetais estudadas foram higienizadas e secas em estufa com circulação forçada de ar, durante 48h a 45 °C até atingirem massa constante e, posteriormente, trituradas em moinho de facas em peneira de 30 mesh, modelo willey.

Os extratos brutos aquosos e hidroalcoólicos obtidos por maceração foram preparados conforme metodologias e definições descritas no Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira (ANVISA, 2022), utilizando-se 20 g do material seco e triturado para 100 mL de solvente (água destilada). A mistura foi deixada em temperatura ambiente por 5 dias com agitação diária. Posteriormente o extrato foi filtrado em funil-de-Büchner, por duas vezes, usando-se membrana filtrante com poros de 0,45 µm.

Realizou-se uma evaporação com bomba de vácuo e agitação, no condensador e evaporador paralelo à vácuo, no qual a amostra foi inserida em um frasco de evaporação e, em seguida, colocado no banho de aquecimento. Depois de inserida, a amostra passou pelo processo de evaporação do solvente por destilação em evaporador rotatório na temperatura de 79 °C e sob baixa pressão. Na sequência, os extratos foram levados à estufa (50 °C) para obtenção do extrato bruto, em seguida, acondicionados em geladeira à temperatura de 5 °C. Os extratos brutos foram diluídos em 4 concentrações (1; 2,5; 5 e 10%), sendo usados como diluentes a água destilada e o álcool para o extrato aquoso e o extrato hidroalcoólico, respectivamente.

2.3 Bioensaio de germinação

2.3.1 Tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro concentrações do extrato bruto aquoso e hidroalcoólico (1%, 2,5%; 5% e 10%)

mais o controle (0%), com 3 repetições para cada tratamento.

Para a variável germinação foi seguida a metodologia da RAS (Regras para Análise de Sementes) (BRASIL, 2009), sendo dispostas 25 sementes em substrato composto de duas folhas de papel do tipo germitest, em caixas de acrílico tipo “gerbox” (11 cm x 11 cm x 4 cm), previamente esterilizadas com hipoclorito de sódio (NaClO) a 1%.

As caixas plásticas do tipo gerbox utilizadas para a germinação não podem ser autoclavadas e, portanto, para a realização do experimento elas foram lavadas com água e sabão e imersas em água clorada 5% (50 mL de NaClO comercial para 1.000 mL de água) por três horas. Além disso, foi realizada a secagem das caixas em estufa e colocadas sob luz UVC em câmara de fluxo laminar por 20 minutos. As sementes foram desinfetadas em solução de NaClO à 1% por 10 minutos e lavadas em água destilada, e todos os demais materiais utilizados no experimento foram autoclavados para completa esterilização.

Para o experimento com os extratos alcoólicos, necessitou-se colocar os extratos com 24 horas de antecedência, a fim de permitir a evaporação total do álcool em câmara de fluxo laminar. Posteriormente, 6 mL de água autoclavada foram acrescentados na caixa gerbox previamente à inoculação das sementes.

As caixas gerbox foram vedadas com filme plástico e inseridas na incubadora B.O.D. a uma temperatura de 17 °C para as sementes de alface e 20 °C para as sementes de trigo, com fotoperíodo de 12 horas, regime de luz mais próximo às condições naturais (BRASIL, 2009).

O experimento foi mantido por um período de sete dias para as sementes de alface e oito dias para as sementes de trigo. As caixas passaram por distribuição casualizada a cada 24 horas para que todas tivessem o mesmo grau de estímulo, sendo o número de sementes germinadas aferido a cada 24 horas durante este período.

2.3.2 Avaliação do efeito alelopático

Para a análise do efeito alelopático foram utilizadas quatro variáveis, sendo elas: a porcentagem de sementes germinadas, o índice de velocidade de germinação (IVG), o comprimento da parte aérea e o comprimento da radícula.

Foram avaliados a velocidade de germinação e o índice de velocidade de germinação, os quais estimaram, respectivamente, o número médio de dias necessários para a ocorrência da emergência e o número médio de plântulas normais emergidas por dia (ÁVILA et al., 2005). O número final de plântulas corresponde à porcentagem de germinação. Para isso, o número de sementes germinadas foi contado diariamente após 24 horas da instalação do experimento e calculou-se a porcentagem de sementes germinadas (% SG), enquanto o IVG foi calculado de acordo com Maguire (1962).

Após sete dias, para as sementes de alface e oito dias para as sementes de trigo, as plântulas foram retiradas das caixas gerbox e o comprimento da radícula e da parte aérea

foram medidos com auxílio de um paquímetro digital (mm) (ISTA, 2014). Considerou-se semente germinada aquela que apresentou extensão radicular igual ou superior a 2,0 mm (BRASIL, 2009).

2.3.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 5x4x2, sendo cinco concentrações de extratos (0, 1,0; 2,5; 5,0 e 10%), quatro espécies para a formulação do extrato (eucalipto, hortelã, tansagem e feijão-de-porco) e dois tipos de solvente nos extratos (aquosos e hidroalcoólicos), com três repetições por tratamento.

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2000), e realizados testes *a posteriori*: análise de regressão para as diferentes concentrações de extratos, testes de Tukey para comparação entre as espécies utilizadas na formulação dos extratos e test t para comparação entre os extratos aquosos e hidroalcoólicos, todos utilizando-se 5% de probabilidade de erro.

3 Resultados e Discussão

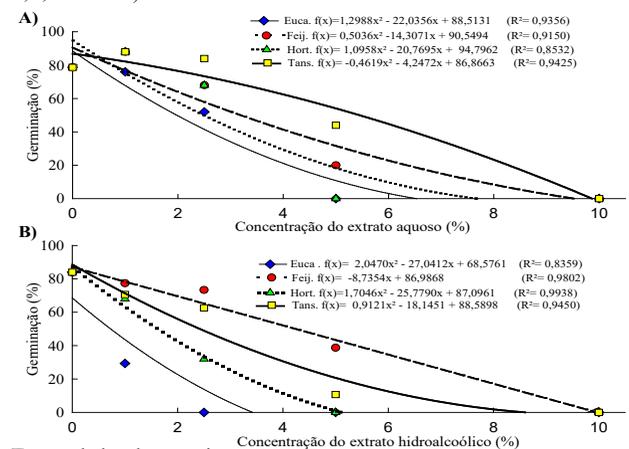
3.1 Espécie receptora alface (*Lactuca sativa* L.)

3.1.1 Germinação

A primeira variável avaliada nos experimentos com a alface foi a porcentagem de germinação das sementes, sendo utilizados extratos aquosos e hidroalcoólicos de folhas de eucalipto, hortelã, tansagem e sementes de feijão-de-porco, em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%).

Para a análise de regressão dos dados observou-se ajuste quadrático dos dados para todas as espécies testadas com extrato aquoso e quando utilizado extrato hidroalcoólico obteve-se ajuste quadrático para todas as espécies, exceto para o feijão-de-porco, que apresentou ajuste linear.

Figura 2 - Porcentagem de germinação (%) de sementes de alface quando utilizados A) extratos aquosos e B) extratos hidroalcoólicos de folhas de eucalipto, hortelã e tansagem e sementes de feijão-se-porco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%)



Fonte: dados da pesquisa.

As concentrações de 5% tanto com extratos aquosos quanto hidroalcoólicos apresentaram menores valores de porcentagem de germinação em relação ao controle (0%) para todas as espécies testadas, não ocorrendo índice de germinação nas sementes submetidas ao extrato de eucalipto e hortelã. Na concentração de 10% não ocorreu germinação em nenhum dos extratos. Vale destacar que a utilização de extrato aquoso de tansagem em baixas concentrações (1 e 2,5%) e de feijão-de-porco e hortelã na menor concentração (1%) teve efeito positivo sobre a germinação da alface. Nesse sentido, houve acréscimo de 9,4% na germinação das sementes de alface submetidas à concentração de 1% do extrato aquoso em relação ao controle (0%) (Quadro 1).

Quadro 1 - Germinação (%) das sementes de alface quando utilizados extratos de folhas de eucalipto, hortelã e tansagem e sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações (0, 1, 2,5,5 e 10%)

		Espécies			
Extrato	[]%	Euca.	Feij.	Hort.	Tans.
Padrão	0	78,6 Aa*	78,6 Aa	78,6 Aa	78,6 Aa
Aquoso	1	76,0 Ba	88,0 Aa	88,0 Aa	88,0 Aa
	2,5	52,0 Ca	68,0 Ba	68,0 Ba	84,0 Aa
	5	0 Ca	20,0 Bb	0 Ca	44,0 Aa
	10	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
Hidroalcoólico	1	29,3 Bb	77,3 Ab	68,0 Ab	70,6 Ab
	2,5	0 Cb	73,3 Aa	32,0 Bb	62,6 Ab
	5	0 Ba	38,6 Aa	0 Ba	10,6 Bb
	10	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa

*Maiúsculo para comparação entre espécies dentro de cada extrato e concentração (teste Tukey). *Minúsculo para comparação entre extratos dentro de cada espécie e concentração (teste t).

Fonte: dados da pesquisa.

Pereira et al. (2018) analisaram o efeito de extrato etanólico de feijão-de-porco em alface, e diferentemente do presente estudo, não observaram potencialização do crescimento da alface em nenhuma concentração testada (0; 1; 2,5; 5; 10%), porém, para a concentração de 10% de extrato, a germinação foi 100% reduzida, assim como no presente estudo.

Reigosa et al. (2013) afirmam que são comuns os efeitos onde concentrações baixas favorecem a germinação, intermediárias e altas inibem o potencial germinativo. Esta afirmação vai de encontro com os dados obtidos neste trabalho, no qual observou-se uma variação dos efeitos alelopáticos, principalmente com o extrato aquoso, relacionada à concentração dos extratos das espécies avaliadas, ou seja, não houve relação dose-dependente na maioria dos casos para os extratos aquosos testados. Resultados semelhantes também foram observados por Cattelan et al. (2007) para valores de índice de velocidade de germinação quando testaram a atividade alelopática de extratos aquosos de diferentes

espécies do gênero *Plantago*.

Rice (2013), lembra que os efeitos benéficos de uma planta sobre outra não devem ser desvinculados do conceito de alelopatia, uma vez que um dado composto químico pode ter efeito inibitório ou estimulante, dependendo da concentração do mesmo no meio ambiente.

Observou-se ainda uma redução de 100% na germinação da alface quando em contato com o extrato hidroalcoólico de eucalipto a partir da concentração 2,5% (Figura 2 e Quadro 1). Outros estudos encontraram resultados semelhantes, concluindo que extratos provenientes de folhas de eucalipto interferem negativamente na germinação de hortaliças e plantas invasoras (ESPINOSA et al., 2019; SILVA et al., 2015).

Quando utilizado extrato hidroalcoólico de hortelã, a redução total da germinação ocorreu a partir da concentração de 5%, por outro lado, para os extratos de tansagem e feijão-de-porco, a inibição total da germinação ocorreu apenas na concentração máxima do extrato (10%). Assim, em todos os quatro extratos hidroalcoólicos testados na alface, observou-se relação dose-dependente, sendo que conforme maior a concentração de extrato, maior a inibição da % de germinação.

Quando comparados os extratos aquosos e hidroalcoólicos (teste t), observou-se diferença significativa nas concentrações de 1 e 2,5% para todas as espécies, exceto para feijão de porco na concentração de 2,5 %, enquanto que os extratos aquosos e hidroalcoólicos 5% concentrados diferiram apenas nas espécies feijão-de-porco e tansagem. Cabe ressaltar que não houve diferença entre os extratos na concentração de 10% devido ao fato de não ter ocorrido germinação nessa concentração (Quadro 1).

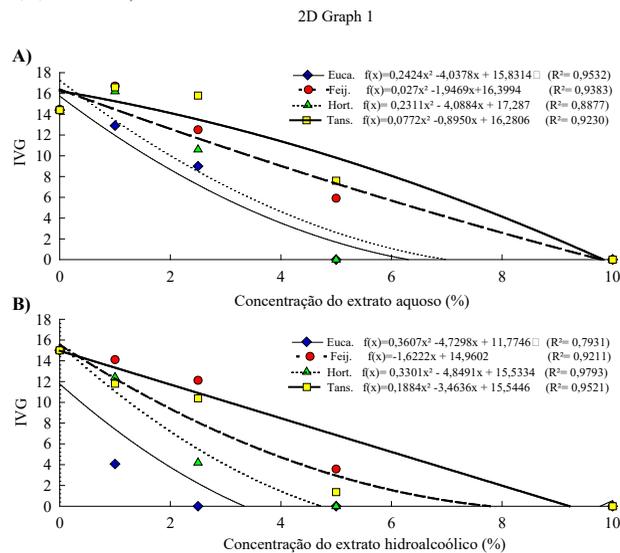
Dentre as espécies testadas, tanto para o extrato aquoso quanto para o extrato hidroalcoólico, o eucalipto apresentou o maior potencial na redução da germinação da alface seguido pela espécie hortelã (Quadro 1).

Segundo Ferreira e Áquila (2000), a germinação é menos sensível aos aleloquímicos que o crescimento da plântula. Porém, neste trabalho quando realizado o teste de germinação, foi observado efeito alelopático dos extratos desde a concentração 2,5%, inclusive observou-se a inibição total da germinação nesta porcentagem com o extrato hidroalcoólico de eucalipto, indicando assim a importância desta variável para observação do efeito do extrato destas espécies.

3.1.2 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Na análise de regressão dos dados do índice de velocidade de germinação (IVG) da alface, observou-se ajuste quadrático para todas as espécies testadas com extrato aquoso (Figura 3A). Para os extratos hidroalcoólicos, obteve-se ajuste quadrático do IVG para todas as espécies testadas, excetuando-se o feijão-de-porco que apresentou ajuste linear (Figura 3B).

Figura 3 – Índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de alface quando utilizados extratos aquosos (A) e hidroalcoólicos (B) de folhas de eucalipto, hortelã, tansagem e sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%).



Fonte: dados da pesquisa.

Com a utilização do extrato hidroalcoólico, observou-se redução total do IVG da alface com o extrato de eucalipto a partir da concentração 2,5%, enquanto o mesmo resultado foi encontrado para o extrato de hortelã a partir de 5%, e para os extratos de tansagem e feijão-de-porco apenas na concentração máxima, em 10% (Quadro 2).

Quadro 2 - Índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de alface usando utilizados extratos aquosos e hidroalcoólicos de folhas de eucalipto, hortelã, tansagem e sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%)

		Espécies			
Extrato	[] %	Euca.	Feij.	Hort.	Tans.
Padrão	0	14,4 Aa*	14,4 Aa	14,4 Aa	14,4 Aa
Aquoso	1	12,9 Ba	16,7 Aa	16,2 Aa	16,6 Aa
	2,5	9,0 Ca	12,5 Ba	10,6 BCa	15,8 Aa
	5	0 Ca	5,9 Ba	0 Ca	7,6 Aa
	10	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
Hidroalcoólico	1	4,0 Cb	14,1 Bb	12,4 ABb	11,8 Ab
	2,5	0 Cb	12,1 Aa	4,1 Bb	10,3 Ab
	5	0 Ba	3,5 Ab	0 Ba	1,3 Bb
	10	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa

*Maiúsculo para comparação entre espécies dentro de cada extrato e concentração (teste Tukey). *Minúsculo para comparação entre extratos dentro de cada espécie e concentração (teste t).

Fonte: dados da pesquisa.

Para a comparação entre os extratos das diferentes espécies, detectou-se os menores valores de IVG nos extratos aquosos e hidroalcoólicos da espécie eucalipto nas concentrações 1 e 2,5%, enquanto os maiores valores de IVG foram observados quando utilizado o extrato aquoso das folhas de tansagem, principalmente na concentração 2,5 e 5%.

Ao comparar os extratos aquosos e hidroalcoólicos (teste t) houve diferença significativa no IVG nas concentrações 1 e

2,5%, exceto para feijão-de-porco na concentração de 2,5% de extrato. Além disso, nos extratos onde ocorreu a germinação na concentração de 5%, sendo eles o feijão-de-porco e tansagem, ocorreu diferença significativa do IVG, pelo teste t. (Quadro 2).

Quanto maior o índice de velocidade de germinação (IVG), maior será a velocidade de germinação das sementes e sua homogeneidade, pois o IVG representa o somatório da razão de sementes germinadas/dia após a semeadura, até não haver mais mudança no número de sementes germinadas durante determinado período (MAGUIRE, 1962).

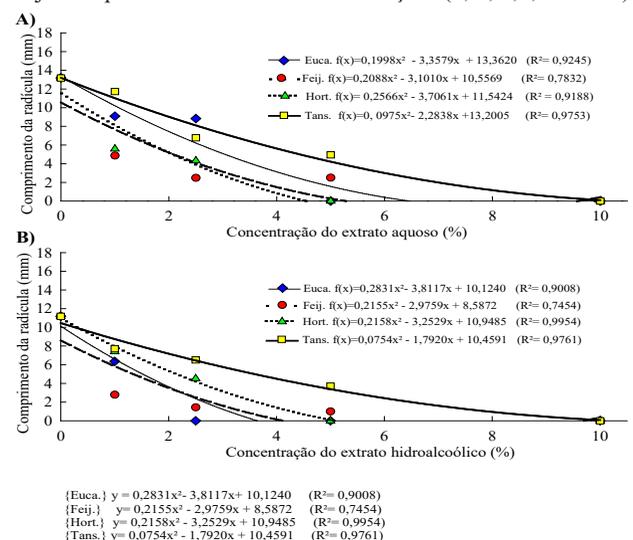
Tanto fatores abióticos, como a temperatura e a umidade, quanto bióticos, como a presença de substâncias tóxicas produzidas por plantas vivas ou mortas presentes no local (como resíduos vegetais) têm influência na germinação (FERREIRA; BORGHETTI, 2004), e, portanto, no IVG. Quando utilizados extratos das espécies testadas houve um retardo na germinação da alface, assim como um menor número de sementes germinadas/dia, refletindo em redução do IVG.

Da Silva, Ximenez e Pastorini (2022) observaram que a maior concentração de extrato aquoso (10%) de *Diatenopteryx sorbifolia* (maria-preta) reduziu o IVG da alface, além de provocar retardo na germinação da espécie-alvo. O presente estudo apresentou o mesmo resultado, no qual observou-se diminuição do IVG com o aumento da concentração dos extratos, tanto aquosos quanto hidroalcoólicos, das quatro espécies testadas.

3.1.3 Comprimento da radícula

Realizada a análise de regressão, ajustou-se o modelo quadrático dos dados para o comprimento de radícula da alface para as quatro espécies testadas tanto com o extrato aquoso quanto com o extrato hidroalcoólico, mostrando que com o aumento da concentração dos extratos houve decréscimo no comprimento da radícula da alface (Figura 4).

Figura 4 – Comprimento da radícula (mm) das plântulas de alface quando utilizados extratos aquosos (A) e hidroalcoólicos (B) de folhas de eucalipto, hortelã e tansagem, e sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%)



Fonte: dados da pesquisa.

Avaliando-se a redução no comprimento da radícula da alfaca observa-se que os extratos aquosos e hidroalcoólicos de feijão-de-porco tiveram maior efeito inibitório, principalmente nas concentrações (1 e 2,5%), enquanto os extratos de tansagem apresentaram um menor efeito inibitório comparado às demais espécies utilizadas (Quadro 3).

Quadro 3 - Comprimento da radícula (mm) das plântulas de alfaca quando utilizados extratos aquosos e hidroalcoólicos de folhas de eucalipto, hortelã e tansagem e sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%)

Extrato	[]%	Espécies			
		Euca.	Feij.	Hort.	Tans.
Padrão	0	13,1 Aa*	13,1 Aa	13,1 Aa	13,1 Aa
Aquoso	1	9,0 Ba	4,8 Da	5,5 Cb	11,7 Aa
	2,5	8,8 Aa	2,4 Da	4,32 Ca	6,7 Ba
	5	0 Ca	2,5 Ba	0 Ca	4,9 Aa
	10	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
Hidroalcoólico	1	6,3 Bb	2,7 Cb	7,4 Aa	7,7 Ab
	2,5	0 Db	2,1 Ca	4,5 Ba	6,5 Aa
	5	0 Ca	2 Ba	0 Ca	3,7 Ab
	10	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa

*Maiúsculo para comparação entre espécies dentro de cada extrato e concentração (teste Tukey). *Minúsculo para comparação entre extratos dentro de cada espécie e concentração (teste t).

Fonte: dados da pesquisa

Esses resultados corroboram com as observações de Flach et al. (2021), que verificaram efeitos inibitórios no comprimento da radícula da alfaca com o aumento da concentração dos extratos testados (com espécies do gênero *Baccharis*). Logo, quanto maior a concentração, menor o comprimento da radícula de alfaca.

Vale ressaltar que em todas as concentrações de extratos utilizadas foi possível visualizar sintomas alelopáticos de toxicidade, e até mesmo na menor concentração testada notou-se inúmeros sintomas de toxicidade dos extratos na estrutura da raiz. Os sintomas mais evidentes são raízes atrofiadas, mais grossas e escurecidas e com medidas desproporcionais em relação às plântulas controle. Observou-se ainda, oxidação e necrose das raízes em grande parte das concentrações em que se permitiu a germinação. Segundo Ferreira e Áquila (2000) a anormalidade de plântulas é um instrumento valioso em ensaios com alelopatia, sendo a necrose da raiz o sintoma mais comum da anormalidade.

De acordo Carvalho et al. (2014) o sistema radicular das plantas é o mais sensível à ação de aleloquímicos, porque o seu alongamento depende das divisões celulares, que, se inibidas, comprometem o seu desenvolvimento normal. Além disso, as sementes que levam mais tempo para germinar, medido pelo IVG possuem maior dificuldade para alongar o sistema radicular, pois ficam mais tempo em contato com os aleloquímicos presentes nos extratos.

Pawlowski e Soares (2007), além de observarem percentual germinativo significativamente menor em sementes de alfaca tratadas com extratos de espécies do gênero *Schinus* comparadas com as sem tratamento, também relataram

diferenças significativas no comprimento médio das raízes das plântulas. Esses autores observaram ainda alterações morfológicas nas raízes como ausência de pelos absorventes, redução e ausência da zona de crescimento e necrose.

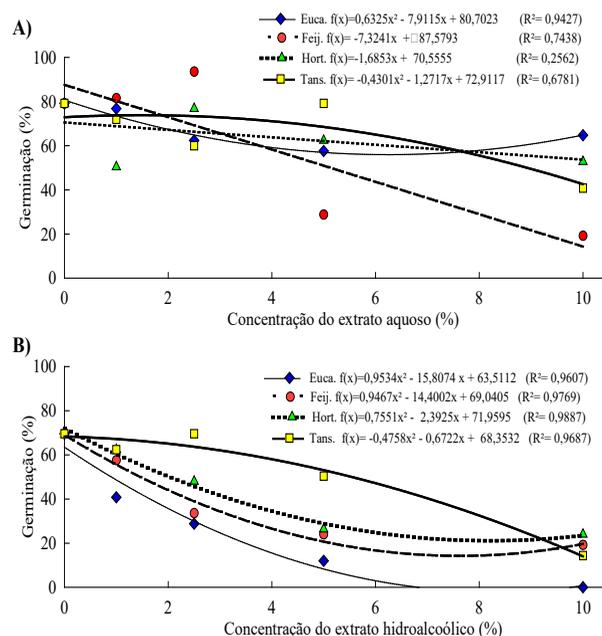
Com a exposição das raízes a substâncias citotóxicas, pode haver um extravasamento do conteúdo celular devido à peroxidação lipídica, levando à morte celular por apoptose e necrose (BEZERRA et al., 2020; YUAN et al., 2020) e o não desenvolvimento da plântula.

3.2 Espécie receptora trigo (*Triticum* sp.)

3.2.1 Germinação

Realizada a análise de regressão dos dados de porcentagem de germinação de sementes de trigo, observou-se ajuste quadrático quando utilizados extratos aquosos de eucalipto e tansagem e ajuste linear quando utilizados extratos de feijão-de-porco e hortelã. Por outro lado, todos os extratos hidroalcoólicos apresentaram ajuste quadrático (Figura 5A e 5B).

Figura 5 – Porcentagem de germinação (%) de sementes de trigo quando utilizados A) extratos aquosos e B) extratos hidroalcoólicos foliares de eucalipto, hortelã, tansagem e de sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%).



Fonte: dados da pesquisa.

O extrato aquoso de feijão-de-porco em baixas concentrações (1 e 2,5%) promoveram acréscimos na porcentagem de germinação do trigo, porém nas maiores concentrações utilizadas (5 e 10%) ocasionou drástica redução na porcentagem de germinação, atingindo os menores valores observados dentre os extratos aquosos (28,8 e 19,2%) (Quadro 4).

Quadro 4 - Germinação (%) das sementes de trigo quando utilizados extratos de folhas de eucalipto, hortelã e tansagem, e sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações (0, 1, 2,5,5 e 10%)

		Espécies			
Extrato	[]%	Euca.	Feij.	Hort.	Tans.
Padrão	0	79,2 Aa*	79,2 Aa	79,2 Aa	79,2 Aa
Aquoso	1	76,8 Aa	81,6 Aa	50,4 Bb	72,0 Aa
	2,5	62,4 Ca	93,6 Aa	76,8 Ba	60,0 Ca
	5	57,6 Ba	28,8 Ca	62,4 Ba	79,2 Aa
	10	64,8 Aa	19,2 Db	52,8 Ba	40,8 Ca
Hidroalcoólico	1	40,8 Bb	57,6 Ab	62,4 Aa	62,4 Ab
	2,5	28,8 Cb	33,6 Cb	48,0 Bb	69,6 Ab
	5	12,0 Cb	24,0 Ba	26,4 Bb	50,4 Ab
	10	0 Bb	19,2 Aa	24,0 Ab	14,4 Ab

*Maiúsculo para comparação entre espécies dentro de cada extrato e concentração (teste Tukey).

*Minúsculo para comparação entre extratos dentro de cada espécie e concentração (teste t).

Fonte: dados da pesquisa.

No Quadro 4 observa-se que a utilização dos extratos, aquosos e hidroalcoólicos, das quatro espécies testadas não inibiram completamente a germinação do trigo, assim como com a semente de alface, exceto na maior concentração do extrato hidroalcoólico de eucalipto (10%) houve a total inibição da germinação do trigo.

Diferenças de sensibilidade entre espécies alvo são comuns em trabalhos verificando alelopatia (ALMEIDA et al., 2008; 1999; HOFFMANN et al., 2007). Os estudos de Pereira et al. (2018), que verificaram os efeitos alelopáticos dos metabólitos secundários do feijão-de-porco em sementes de alface (*L. sativa*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*), serralhinha (*Emilia coccinea*) e beldroega (*Portulaca oleracea*) obedeceu a seguinte ordem de sensibilidade a germinação: *L. sativa* > *P. oleracea* > *D. insularis* > *E. coccinea*.

As diferenças ocorrem devido aos diferentes mecanismos de absorção, translocação e sítio ativo dos receptores das espécies alvos, podendo essa sensibilidade ser alterada de acordo com a concentração do extrato, condições ambientais e estágio de desenvolvimento da planta (MAGIERO et al., 2009; TAIZ; ZEIGER, 2013; WEIR et al., 2004).

Os efeitos alelopáticos menos expressíveis na semente de trigo devem-se ao fato desta ser uma espécie geneticamente melhorada, o que a torna tolerante a eventuais viscidões em que é exposta (EMBRAPA, 2016). As sementes de alface, extremamente sensíveis, são consideradas por como bioindicadoras de atividade alelopática, pois permitem expressar resultados sob baixas concentrações de compostos alelopáticos (ALVES et al., 2004).

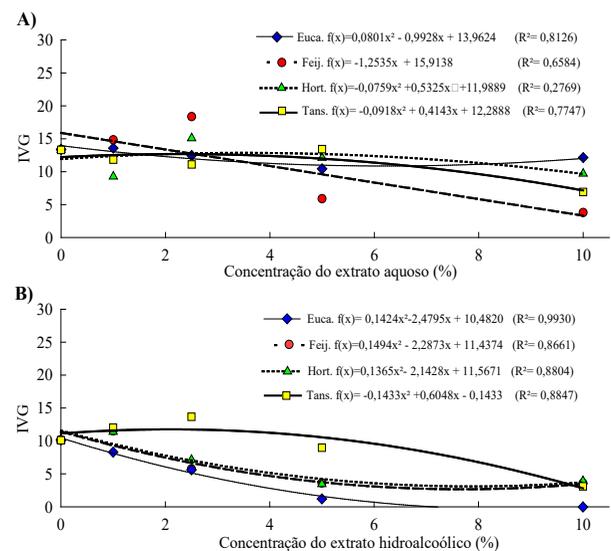
A redução na germinação do trigo acentuou-se quando utilizados os extratos hidroalcoólicos, apresentando diferença significativa em comparação ao aquoso em todas as concentrações exceto em feijão-de-porco nas concentrações de 5 e 10%, na espécie de hortelã na concentração de 2,5% e na espécie de tansagem na concentração de 1%. Ressalta-se também maiores decréscimos de germinação nas sementes

submetidas ao extrato hidroalcoólico de eucalipto, enquanto os menores decréscimos foram observados com os extratos de tansagem, principalmente nas concentrações 2,5 e 5%.

3.2.2 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Na análise de regressão dos dados de IVG do trigo, apresentou-se ajuste quadrático dos dados para todas as espécies, exceto no extrato aquoso de feijão-de-porco (Figura 6).

Figura 6 – Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de trigo quando utilizados A) extratos aquosos e B) extratos hidroalcoólicos foliares de eucalipto, hortelã, tansagem e de sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%)



Fonte: dados da pesquisa.

Assim como o extrato aquoso de feijão-de-porco estimulou a porcentagem de germinação, o IVG também foi estimulado nas concentrações 1 e 2,5% e inibido nas demais concentrações (5 e 10%), apresentando as menores médias em comparação as outras espécies (Quadro 5). Neste sentido, Anwar (2017) conclui ser uma tendência que os aleloquímicos revertam seu impacto conforme a concentração, pois muitas vezes o aumento da concentração causa efeito positivo e depois negativo.

Quadro 5 – Índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de trigo quando utilizados extratos aquosos e hidroalcoólicos de folhas de eucalipto, hortelã, tansagem e sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%)

		Espécies			
Extrato	[]%	Euca.	Feij.	Hort.	Tans.
Aquoso	0	13,3 Aa*	13,3 Aa	13,3 Aa	13,3 Aa
	1	13,5 Aa	14,8 Aa	9,3 Ba	11,9 ABa
	2,5	12,4 BCa	18,3 Aa	15,1 Ba	11,1 Cb
	5	10,4 Ba	5,9 Ca	12,1 ABa	13,5 Aa
	10	12,1 Aa	3,8 Ca	9,7 ABa	7,0 Ba

Hidroalcoólico	0	13,3 Aa	13,3 Aa	13,3 Aa	13,3 Aa
	1	8,3 Bb	11,5 Ab	11,4 Aa	12,0 Aa
	2,5	5,6 Bb	5,7 Bb	7,18 Bb	13,7 Aa
	5	1,2 Bb	3,6 Bb	3,50 Bb	9,0 Ab
	10	0 Bb	3,5 Aa	3,9 Ab	3,1 Ab

*Maiúsculo para comparação entre espécies dentro de cada extrato e concentração (teste Tukey). *Minúsculo para comparação entre extratos dentro de cada espécie e concentração (teste t).

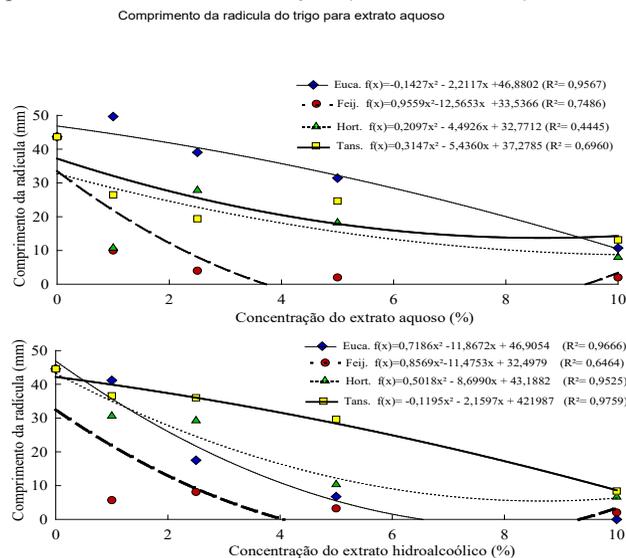
Fonte: dados da pesquisa.

Considerando o extrato hidroalcoólico, a espécie tansagem apresentou maiores IVG nas concentrações 1, 2,5 e 5%, sendo que na maior concentração (10%), o extrato de eucalipto reduziu o IVG a zero. Resultados semelhantes foram encontrados por Cattelan et al. (2007) os quais observaram uma redução do índice de velocidade de germinação, obtendo-se maiores reduções com extrato aquoso a 5% de *Plantago australis* e extrato aquoso a 10% de *Plantago brasiliensis*.

3.2.3 Comprimento da radícula

Na análise de regressão dos dados de comprimento da radícula das plântulas de trigo, observou-se ajuste quadrático para todas as espécies testadas com extrato aquoso (Figura 7A) e hidroalcoólico (Figura 7B).

Figura 8 – Comprimento da radícula (mm) das plântulas de trigo quando utilizados extratos aquosos (A) e hidroalcoólicos (B) de folhas de eucalipto, hortelã, tansagem e sementes de feijão-deporco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%)



Fonte: dados da pesquisa.

Com o aumento na concentração dos extratos aquosos e hidroalcoólicos percebe-se redução do comprimento da radícula, sendo de maior magnitude com a utilização do extrato hidroalcoólico na maior concentração (10%) (Quadro 6). Estes resultados corroboram os dados obtidos por Ullah et al. (2020), os quais perceberam que à medida que se aumentava a concentração do extrato de árvore-do-céu (*Ailanthus altissima*) sobre sementes de trigo, o decréscimo no comprimento da radícula aumentava.

Quadro 6 – Comprimento da radícula (mm) das plântulas de trigo quando utilizados extratos aquosos e hidroalcoólicos de folhas de eucalipto, hortelã, tansagem e sementes de feijão-deporco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%)

Extrato	[] %	Espécies			
		Euca.	Feij.	Hort.	Tans.
Padrão	0	43,6 Aa*	43,6 Aa	43,6 Aa	43,6 Aa
Aquoso	1	49,6 Aa	9,9 Ca	10,7 Cb	26,5 Bb
	2,5	39,0 Aa	3,9 Db	27,8 Ba	19,4 Cb
	5	31,4 Aa	2 Da	18,2 Ca	24,6 Bb
	10	10,7 Ba	2 Da	8,0 Ca	13,1 Aa
Hidroalcoólico	1	41,1 Ab	5,6 Db	30,6 Ca	36,6 Ba
	2,5	17,5 Cb	8,0 Da	29,2 Ba	36,0 Aa
	5	6,7 Cb	3,2 Da	10,3 Bb	29,6 Aa
	10	0 Bb	2 Ba	6,6 Aa	8,3 Ab

*Maiúsculo para comparação entre espécies dentro de cada extrato e concentração (teste Tukey).

*Minúsculo para comparação entre extratos dentro de cada espécie e concentração (teste t).

Fonte: dados da pesquisa.

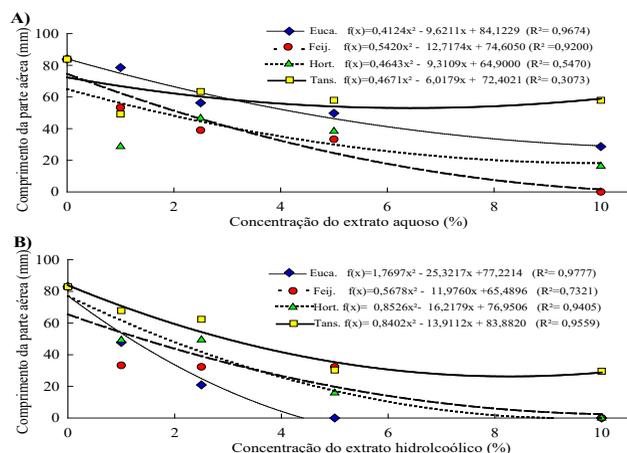
A alelopatia influencia primeiramente na germinação, porém, o crescimento da plântula é mais sensível aos aleloquímicos, podendo afetar a velocidade e o tempo de germinação, ou mesmo, causar raízes necrosadas ou plântulas anormais (ROSA et al., 2011).

Quanto as espécies doadoras, os extratos de feijão-deporco, tanto aquosos quanto hidroalcoólicos provocaram os maiores decréscimos no comprimento da radícula, além disso, para o extrato hidroalcoólico de eucalipto na maior concentração (10%) não houve sementes germinadas e, portanto, o comprimento da radícula ficou nulo (Quadro 6).

3.2.4 Comprimento da parte aérea

Realizada a análise de regressão dos dados de comprimento de parte aérea das plântulas de trigo, observou-se ajuste quadrático para todos os extratos utilizados, tanto aquosos como hidroalcoólicos das quatro espécies doadoras (Figura 8A e 8B).

Figura 8 – Comprimento da parte aérea (mm) das plântulas de trigo quando utilizados extratos aquosos (A) e hidroalcoólicos (B) de folhas de eucalipto, hortelã e tansagem e de sementes de feijão-deporco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%)



Fonte: dados da pesquisa.

Em ambos os extratos se observou-se inibições significativas nos hipocótilos das plântulas, quando comparadas ao tratamento controle, com maiores reduções na concentração de 5 e 10% dos extratos hidroalcoólicos da espécie eucalipto, feijão-de-porco e hortelã. Nesta perspectiva, a espécie que menos influenciou negativamente no crescimento de parte aérea do trigo foi a tansagem, principalmente o extrato aquoso. O extrato hidroalcoólico da tansagem foi o único a não inibir totalmente o crescimento da parte aérea do trigo na maior concentração (Quadro 7).

Quadro 7 – Comprimento da parte aérea (mm) das plântulas de trigo quando utilizados extratos aquosos e hidroalcoólicos de folhas de eucalipto, hortelã e tansagem e sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações (0; 1; 2,5; 5 e 10%)

Extrato	[] %	Espécies			
		Euca.	Feij.	Hort.	Tans.
Padrão	0	83,8 Aa*	83,8 Aa	83,8 Aa	83,8 Aa
	1	78,5 Aa	53,3 Ba	28,6 Db	49,2 Cb
	2,5	56,3 Ba	38,9 Da	46,5 Cb	63,4 Aa
	5	49,76 Ba	33,2 Da	38,3 Ca	57,9 Aa
	10	28,6 Ba	0 Da	16,2 Ca	57,9 Aa
Aquoso	1	47,7 Bb	33,2 Cb	49,2 Ba	67,8 Aa
	2,5	20,9 Db	32,3 Cb	49,3 Ba	62,4 Aa
	5	0 Cb	32,3 Aa	15,8 Bb	30,3 Ab
Hidroalcoólico	10	0 Bb	0 Ba	0 Bb	29,5 Ab

*Maiúsculo para comparação entre espécies dentro de cada extrato e concentração (teste Tukey).

*Minúsculo para comparação entre extratos dentro de cada espécie e concentração (teste t).

Fonte: dados da pesquisa.

O extrato hidroalcoólico em todas as concentrações, exceto na 1 e 2,5% da espécie hortelã, apresentou-se mais efetivo que o extrato aquoso na redução do comprimento da parte aérea das plântulas de trigo (Quadro 7). Esse fato justifica-se devido à capacidade do extrato hidroalcoólico extrair grande quantidade de compostos alelopáticos. De acordo com experimento feito por Oliveira et al. (2016), no qual foram feitas diferentes técnicas de extração, observou-se que o extrato hidroalcoólico a 70% apresentou um melhor rendimento e que na maioria das extrações a utilização do solvente hidroalcoólico favoreceu a extração de compostos fenólicos.

Na concentração de 1% do extrato hidroalcoólico, a espécie que apresentou o menor crescimento da parte aérea foi o feijão-de-porco, o qual diferiu estatisticamente das demais espécies. Na concentração de 2,5% todas as espécies diferiram estatisticamente entre si, sendo que o eucalipto apresentou o menor comprimento de parte aérea, além disso, na concentração de 5% foi a única a não apresentar crescimento, enquanto na concentração de 10% a tansagem foi a única espécie a apresentar o crescimento da parte aérea.

4 Conclusão

A partir das variáveis analisadas foi possível observar que os extratos das quatro plantas doadoras (eucalipto, hortelã,

feijão-de-porco e tansagem) possuem diferentes potenciais de inibição da germinação e crescimento de plântulas de alface e trigo, sendo que o extrato de eucalipto apresentou o maior potencial inibitório e, de forma geral os extratos formulados a partir de álcool e água (hidroalcoólico) foram mais eficientes na inibição da germinação e crescimento de radícula de alface e trigo.

Além disso, foi possível verificar que as concentrações utilizadas influenciaram diretamente no potencial alelopático sobre as espécies receptoras, de maneira que o aumento das concentrações apresentou decréscimo das variáveis de crescimento até a inibição da capacidade germinativa.

Constatou-se também que o trigo foi menos afetado pelos extratos quando comparado à alface, uma vez que esta última é considerada uma planta sensível a compostos alelopáticos enquanto o trigo, por ser uma espécie melhorada apresenta maior tolerância.

Referências

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). Regulamentação. Anvisa aprova novo marco regulatório para agrotóxicos. Brasília: ANVISA, 2019.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira. Brasília, DF: ANVISA, 2ª edição, 2022.

ALMEIDA, L.F.R. et al. In vitro allelopathic potential of *Leonurus sibiricus* L. leaves. *J. Plant Int.*, v.3. p.39-48, 2008. doi: 10.1080/17429140701749906.

ALVES, M.C.S. et al. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.30, n.11, p.1083-1086, 2004.

ANWAR, S. Effect of aqueous extracts of allelopathic plants on growth and biomass of wheat and weeds. *Pure Appl. Biol.*, v.6, n.4, p.1161-1170, 2017.

ÁVILA, M.R. et al. Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas em campo. *Rev Bras. Sem.*, v.27, n.1, p.62-70, 2005. doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100008>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

CARVALHO, W.P. et al. Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. *Biosc. J.*, v.30, p.1-11, 2014.

CATTELAN, L.V. et al. Atividade Alelopática de Extratos Aquosos de Diferentes Espécies de *Plantago* L. *Rev Bras. Biociê.*, v.5, p.210-212, 2007.

CHENG, F.; CHENG, Z.H. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontier in Plant Scie.*, v.6 n.1020, 2015. doi: 10.3389/fpls.2015.01020.

DA SILVA, M.; XIMENEZ, T.R.; PASTORINI, L.G. Potencial alelopático e análise fitoquímica de *Diatenopteryx sorbifolia* Radlk. *Arq. Mudi.*, v.26, p.175-189, 2022. doi: <https://doi.org/10.4025/arqmudi.v26i1.62737>.

EMBRAPA. Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2016 / 9ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Passo Fundo, Biotrigo Genética, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/1729833/>

- Informacoes+Tecnicas+Trigo+e+Triticale+Safr+2016.pdf/12cba90b-6483-4e41-b95e-089a06451f61 Acesso em: 16 nov. 2022.
- ESPINOSA, R.Z. et al. Atividade alelopática de extrato aquoso de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden sobre alface (*Lactuca sativa* L.) e picao-preto (*Bidens pilosa* L.). Rev. Valore, v.4, p.1-14, 2019. doi: <https://doi.org/10.22408/rev4020193111-14>.
- FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. Rev. Bras. Fisiol. Veg., v.12, p.175-204, 2000.
- FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- FLACH, K.A. et al. Allelopathic effect and chemical analysis of hydroalcoholic extracts of *Baccharis dracunculifolia*, *Baccharis trimera* and *Baccharis gaudichaudiana* on *Lactuca sativa* L. Res. Soc. Develop., v.10, n.11, 2021. doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19487>.
- HOFFMANN, C.E.F. et al. Atividade alelopática de *Nerium Oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott em sementes de *Lactuca Sativa* L. e *Bidens pilosa* L. Rev. Ciênc. Agrovet., v.6, n.1, p.11-21, 2007.
- ISTA, International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, 2014. Disponível em: <https://www.scirp.org/%28S%28351jmbntvnsjt1aadkozje%29%29/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2952410>. Acesso em: 4 fev. 2022.
- LI, J. et al. Allelopathic effect of *Artemisia argyi* on the germination and growth of various weeds. Scientific Reports. v.11, n. 4303, 2021. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83752-6>.
- LUCINI, J.C. et al. Controle de picão-preto com extrato de *Nicotiana tabacum* L. Anais eletrônicos, In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA. 2019. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/3358/1/JULIA%20BAVARESCO.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2022.
- MAGIERO, E.C. et al. Efeito alelopático de *Artemisia annua* L. na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.). Rev. Bras. Plantas Med., v.11, n.3, p.317-324, 2009. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722009000300014>.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Scie., v.2, n.2, p.176-77, 1962. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.
- OLIVEIRA, V.B. et al. Efeito de diferentes técnicas extrativas no rendimento, atividade antioxidante, doseamentos totais e no perfil por CLAE-DAD de *Dicksonia sellowiana* (presl.) Hook, dicksoniaceae. Rev. Bras. Plantas Med., v.18, n.1, p.230-239, 2016. doi: https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_106.
- PAWLOWSKI, A.S.L.G. Inibição da germinação e do crescimento radical de alface (*Lactuca sativa* CV. Grand rapids) por extratos alcoólicos de espécies de *Schinus* l. Rev. Bras. Biociê., v.5, p.666-668, 2007.
- PEREIRA, J. C et al. Potencial alelopático e identificação dos metabólitos secundários em extratos de *Canavalia ensiformis* L. Revista Ceres, Viçosa-BH. V. 65, n. 3, p. 243-252, 2018. doi: [10.1590/0034-737X201865030004](https://doi.org/10.1590/0034-737X201865030004).
- QIMING X. et al. Allelopathic activity of volatile substance from submerged macrophytes on *Microcystis aeruginosa*, Acta Ecol. Sinica, v.26, n.11, p. 549-554, 2006. doi: [https://doi.org/10.1016/S1872-2032\(06\)60054-1](https://doi.org/10.1016/S1872-2032(06)60054-1).
- REIGOSA, M. et al. Allelopathic research in Brazil. Acta Bot. Bras., v.27, n. 4, p.629-646, 2013. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102->.
- RICE, E. Allelopathy. New York: Academic Press, 2013.
- ROSA, D.M. et al. Potencial alelopático de *Panicum maximum* JACQ sobre a germinação de sementes de espécies nativas. Floresta Amb., 2011. doi: [10.4322/foram.2011.038](https://doi.org/10.4322/foram.2011.038).
- SILVA, L.C.V. et al. Efeito alelopático do extrato foliar de eucalipto na germinação de sementes de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) Braz. J. Anim. Environ. Res., v.4, n.1, p.1315-1320, 2021. doi: <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n1-107>.
- SILVA; S.L.R. et al. Alelopatia de espécies da família Lamiaceae sobre o desenvolvimento de alface. Rev. Cultiv. Saber, v.8, n.1, p.59-73, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; SANTARÉM, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- ULLAH, Z. et al. Allelopathic effect of *Ailanthus altissima* on wheat (*Triticum aestivum* L.). Pure Appl. Biol., v.9, n.1, p.309-319, 2020.
- VARGAS, L.A.; PASSOS, A.M.; KARAM, D. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle da Vassourinha-de-Botão (*Spermacoce verticillata*). Planta Daninha, v.36, p.1-8, 2018.
- WEIR, T.; PARK, S.; VIVANCO, J. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. Curr. Opin. Plant Biol., v.7, p.472-479, 2004. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.05.00>.
- ZERA, F.; BETTIOL, J.V.; SANT'ANNA, C.D. Potencial alelopático do capim-camalote na germinação e no desenvolvimento inicial de alface e capim-colônião. Nucleus, v.16, n.1, 2019. doi: [10.3738/1982.2278.3058](https://doi.org/10.3738/1982.2278.3058).
- YUAN, R. et al. The allelopathic effects of aqueous extracts from *Spartina alterniflora* on controlling the *Microcystis aeruginosa* blooms. Scie. Total Environ., v.712, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136332>.