



## Efeito alelopático de *Solanum pimpinellifolium* L. sobre a germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Bidens pilosa*

Allelopathic effect of *Solanum pimpinellifolium* L. on the germination and initial growth of *Lactuca sativa* and *Bidens pilosa*

R. S. Fioresi<sup>1</sup>; J. Rodrigues Filho<sup>1</sup>; I. T. A. L. Perin<sup>1</sup>; R. W. da Silva<sup>1</sup>; C. R. dos Santos<sup>1</sup>; V. B. Corte<sup>1</sup>; H. S. França<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biologia/Laboratório de sementes e ecofisiologia florestal/Setor Botânica, Universidade Federal do Espírito Santo, 29075-910, Vitória-ES, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/Campus Vila Velha, 29106-010, Vila Velha-ES, Brasil

\*hildegardo.franca@ifes.edu.br

(Recebido em 06 de maio de 2020; aceito em 06 de maio de 2021)

Alelopatia é a interferência causada por substâncias químicas produzidas por plantas em organismos da comunidade, acarretando tanto efeitos benéficos quanto prejudiciais. Devido ao grande potencial alelopático do gênero *Solanum*, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito alelopático dos extratos hexânico, metanólico e de acetato de etila de folhas de *Solanum pimpinellifolium* L. sobre a germinação de *Lactuca sativa* e *Bidens pilosa*. Os extratos foram obtidos por maceração à temperatura ambiente por 7 dias. Depois foram secos e diluídos para as concentrações 1,0; 2,0 e 5,0 mg/mL. Em seguida, 100 sementes de cada espécie foram distribuídas em placas de Petri umedecidas com as diferentes concentrações de cada extrato e colocadas para germinar sob luz constante em câmara de germinação tipo BOD. Os bioensaios foram monitorados diariamente, obtendo-se ao final de 7 dias a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG). Dos três extratos analisados, o obtido pela extração com acetato de etila apresentou melhor desempenho, diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação em todas as concentrações e na concentração 5,0 mg/mL apresentou apenas 7% de germinação para *L. sativa*. O extrato hexânico diminuiu a velocidade e a porcentagem de germinação de *B. pilosa* em todas as concentrações. As análises fitoquímicas realizadas por meio de técnica de cromatografia em camada delgada (CCD) nos extratos de folha de *Solanum pimpinellifolium* identificaram quatro grupos químicos: flavonoides, saponinas, alcaloides e mono e diterpenos, sendo apenas esta última classe presente em todos os extratos analisados.

Palavras-chave: Alelopatia, germinação, *Solanum*.

Allelopathy is the interference caused by chemical substances produced by plants in community organisms, causing both beneficial and harmful effects. The genus *Solanum* has great allelopathic potential, therefore the aim of the present study was to evaluate the allelopathic effect of hexanic, methanolic and ethyl acetate leaves extract from *Solanum pimpinellifolium* on the germination of *Lactuca sativa* and *Bidens pilosa*. The extracts were obtained by maceration at room temperature for 7 days. Then they were dried and diluted to concentrations 1, 2 and 5 mg / ml. Then, 100 seeds of each species were distributed in Petri dishes moistened with different concentrations of each extract and placed to germinate under constant light in a BOD type germination chamber. The bioassays were monitored daily, obtaining at the end of 7 days the percentage of germination and germination speed index (GSI). Of the three extracts, ethyl acetate performed better, decreasing the speed and percentage of germination in all concentrations, with the concentration 5,0 mg/mL showed 7% germination for *L. sativa*. For *B. pilosa* the hexanic extract presented better performance, decreasing the speed and the germination percentage in all concentrations. Phytochemical analyzes performed using thin layer chromatography (TLC) techniques on leaf extracts of *Solanum pimpinellifolium* identified four chemical groups: flavonoids, saponins, alkaloids and mono and diterpenes, the latter being present in all analyzed extracts.

Keywords: Allelopathy, germination, *Solanum*.

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura no Brasil é considerada um dos maiores consumidores de pesticidas do mundo devido a vasta área de plantio. Para manter a alta produção agrícola os produtores lançam mão do uso de substâncias para controlar e eliminar pragas [1, 2]. O problema é o uso dessas substâncias de forma descontrolada que acarreta sérios danos ao meio ambiente e a saúde dos seres vivos, além do desenvolvimento de resistências das pragas contra estes agrotóxicos [3, 4]. A procura de novas substâncias de origem natural é uma alternativa sustentável e menos danosa à saúde humana, sendo uma tendência mundial na agricultura moderna com o uso de novos métodos biológicos e ecológicos [4].

Neste contexto, as substâncias produzidas pelas plantas, uma vez liberadas no meio ambiente, possuem efeitos diretos ou indiretos, benéficos ou maléficos em outros vegetais ou mesmo microorganismos. Essa interação é definida como alelopatia e as substâncias com essa atividade é dado o nome de aleloquímicos, que são compostos do metabolismo secundário das plantas com grande diversidade química, tendo como as principais classes de substâncias os terpenos, compostos fenólicos e alcalóides [5, 6]. Seus efeitos biológicos em outras espécies são manifestados pelo comprometimento na assimilação de nutrientes, fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, permeabilidade da membrana celular e atividade enzimática, sendo a inibição da germinação das sementes e do crescimento das plantas um dos resultados mais frequentemente verificados pela ação dos aleloquímicos [7, 8].

Pesquisas têm sido realizadas em busca de plantas que favoreçam a inibição natural, consistindo na produção de substâncias alelopáticas que atuem inibindo o crescimento e o desenvolvimento de plantas invasoras [9, 10]. *Solanum pimpinellifolium* L., conhecido vulgarmente como tomatinho, tomate-de-molho ou tomate-do-mato, pertence à família Solanaceae, é uma erva anual, rasteira, de ramos alongados e ramificados. Pode desenvolver em ambientes mais secos e com menos recurso hídrico e seus frutos apresentam quantidade de licopeno 40 vezes maior que os tomates domesticados [11]. O gênero *Solanum* produz alcalóides, como a solanina, além de fenóis que são comumente encontrados nas folhas. Esses compostos podem atuar como aleloquímicos, pois já demonstraram efeito alelopático sobre a germinação de sementes de agrião e tomate [12].

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial alelopático de diferentes tipos de extratos a partir das folhas do tomatinho-do mato na germinação e crescimento de picão preto (*Bidens pilosa*) e alface americana (*Lactuca sativa*).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material botânico

Foram utilizadas folhas de tomatinho do mato (*Solanum pimpinellifolium* L.- Solanaceae) para produção dos extratos na região de Muniz Freire (20° 26' S; 41° 33' O) a 534 metros de altitude. Para as plantas testes foram utilizadas sementes de alface americana (*Lactuca sativa* L.), cultivar Aurélia (manteiga); lote 037362; safra 2014 pureza de 99% adquiridas no comércio e sementes de picão preto (*Bidens pilosa*) coletadas no mesmo local que o tomatinho.

### 2.2 Preparação do extrato

Após a coleta, o material vegetal foi previamente desidratado em estufa a 40°C, por 42 horas, e triturado em almofariz, por 5 minutos. Posteriormente, 300 mg das folhas trituradas foram colocadas separadamente em frascos contendo 150 mL de hexano PA, acetato de etila PA e metanol PA, para maceração por 7 dias. Os extratos obtidos foram filtrados em papel filtro e o solvente evaporado em temperatura ambiente por 72 horas, sendo em seguida utilizados para preparação de soluções nas concentrações de 1,0 mg/mL; 2,0 mg/mL e 5,0 mg/mL.

### 2.3 Medição do pH e potencial osmótico

A determinação do potencial osmótico e do pH foram realizadas para verificação da influência destes parâmetros nos extratos analisados sobre a germinação e crescimento inicial das plântulas garantindo que os resultados observados eram consequência de efeitos alelopáticos. Foi utilizado o WP4C Analisador Potencial Hídrico P. Orvalho para leituras de potencial hídrico de solos, tecidos vegetais e materiais porosos no Laboratório do Núcleo de Pesquisas em Sementes do Instituto de Botânica de São Paulo. Para medição do pH foi usado o pHmetro (Q400AS) previamente calibrado com soluções tampão com pH 4,0 e 7,0.

### 2.4 Prospecção fitoquímica por cromatografia em camada delgada

Os extratos foram submetidos as análises fitoquímicas utilizando-se a técnica de cromatografia em camada delgada (CCD). As placas de cromatografia são de sílica gel 60 f<sub>254</sub> com suporte de alumínio. As amostras (5,0 µL de cada extrato) foram aplicadas com uma microseringa de 50 µL e utilizados diferentes sistemas de solventes para caracterizar os metabólitos secundários em destaque. Após eluição as placas foram visualizadas em câmara de UV nos comprimentos de onda de 254 e 365nm. Sistema de eluição e reveladores específicos para cada grupo químico foram utilizados para caracterizar as classes de metabólitos [13], conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Sistemas de eluição e reveladores químicos para caracterizar a presença de grupos químicos do metabolismo secundário pela técnica de cromatografia de camada delgada.

Grupo químico	Sistema de eluição	Reagente revelador
Alcalóides	Tolueno, acetato de etila e dietilamina (70:20: 10)	Reagente de Dragendorff
Mono e diterpenos	Tolueno e acetato de etila (93:7)	Reagente de Vanilina sulfúrica
Flavonóides	Acetato de etila, metanol e água (100:13,5:10)	NEP/PEG
Saponinas	Diclorometano, ácido acético, metanol e água (64:32:12:8)	Anisaldeido sulfúrico

Fonte: Wagner e Bladt 1996 [13].

### 2.5 Teste de germinação e crescimento inicial com *Lactuca sativa* e *Bidens pilosa*

As análises de efeito alelopáticos foram conduzidas no Laboratório de Sementes e Ecofisiologia de Espécies Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória-ES. Cada extrato nas diferentes concentrações foi utilizado para umedecer duas folhas de papel filtro em placas de Petri. Foram distribuídas 20 sementes por placa, com 5 repetições, mantidas em estufa climatizada (tipo BOD) à 20°C sob luz constante para germinação de alface (*Lactuca sativa*) e 25°C para o picão preto (*Bidens pilosa*). No sétimo dia foram avaliados a Porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e crescimento inicial [14].

### 2.6 Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3 x 4 sendo os dados obtidos submetidos à análise de variância e teste de Scott-Knott, adotando-se o nível de significância de 5%.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH encontrado para os extratos nas três concentrações estudadas foram de 6,30 a 6,69, tendo como controle a água com pH de 6,88 (Tabela 2). Os valores de pH não foram ajustados para não interferir nas características químicas do extrato. Para o potencial osmótico os valores encontrados variaram de -0,22 a -0,38 Mpa para os extratos estudados e zero para a água.

Tabela 2: Características físico-químicas dos extratos de *Solanum pimpinellifolium*.

Concentração (mg/mL)	pH	Potencial Osmótico (Mpa)
água	6,88	0
1,0	6,30	-0,22
2,0	6,69	-0,30
5,0	6,47	-0,38

Os valores de potencial osmóticos são utilizados como parâmetros para averiguar se os efeitos sobre a germinação das sementes estão relacionados à água presente no meio ou às amostras testes. Isso deve ser considerado, pois pode influenciar nos resultados obtidos. Os valores de potencial osmótico indicam que não houve influência no potencial hídrico dos extratos sobre a germinação das sementes testadas [15]. O pH apresentado deve estar dentro da faixa de germinação das sementes testadas que é de 3 a 9 [16]. Os extratos vegetais apresentam inúmeros metabólitos secundários que pode interferir na acidez ou basicidade do meio e a avaliação do pH é importante para averiguar esse parâmetro de interferência nos testes de germinação.

As análises de prospecção fitoquímicas por CCD realizadas nos extratos de folhas de *Solanum pimpinellifolium* estão apresentadas na Tabela 3 e Figura 1. Foram identificados os quatro grupos químicos: mono e diterpenos, saponinas, flavonóides e alcalóides, no extrato metanólico. Isso ocorre devido a não seletividade do solvente utilizado no processo de extração acarretando a retirada de grupos químicos sem distinção de propriedades física e química, como polaridade, dos metabólitos presentes nas folhas da planta. A medida que são realizadas extrações com solventes seletivos os grupos químicos serão separados de acordo com características de polaridade do solvente utilizado [17].

Tabela 3: Resultados dos testes de detecção das classes químicas presentes nos extratos hexânico, acetato de etila e metanólico de sementes de *Solanum pimpinellifolium*.

Classe de metabólitos secundários	Extrato metanólico	Extrato hexânico	Extrato de acetato de etila
Mono e diterpenos	+	+	+
Saponinas	+	-	+
Flavonoides	+	-	-
Alcaloides	+	-	+

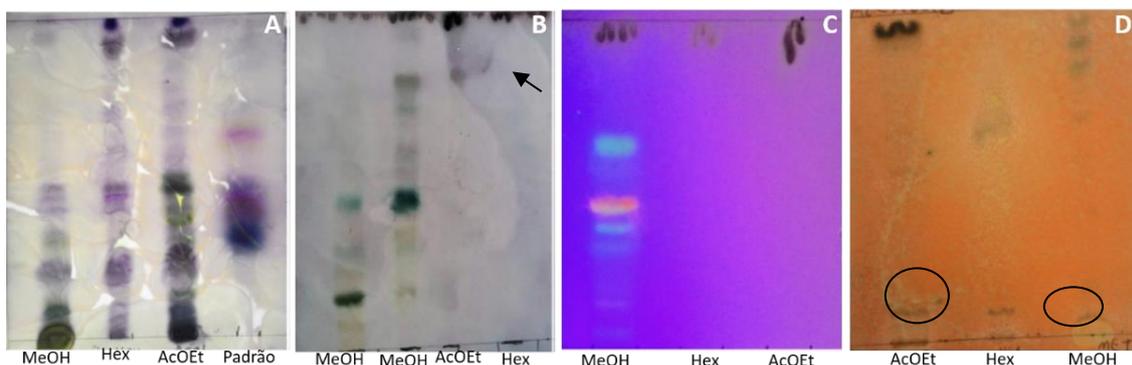


Figura 1: Cromatograma da prospecção fitoquímica dos extratos metanólico, hexânico e acetato de folha de *Solanum pimpinellifolium* L. A- Grupo dos mono e sesquiterpenos; B- saponinas; C- Flavonóides; D- Alcalóides. MeOH = Extrato metanólico; Hex = Extrato hexânico; AcOEt = Extrato acetato de etila.

Nesse caso, no extrato hexânico, que é o solvente apolar, observa-se a presença exclusiva dos grupos de monoterpenos e sesquiterpenos, quando comparado com outros solventes utilizados no processo de extração, como o acetato de etila e metanol. Os monoterpenos e sesquiterpenos caracterizam-se por serem hidrocarbonetos de cadeias com 10 e 15 átomos de carbono, podendo apresentar funções orgânicas como alcenos, alcoois, aldeídos, cetonas e derivados de ácidos carboxílicos. A presença de grupos funcionais como hidroxilas ( $^{\circ}\text{OH}$ ) e carbonilas ( $\text{C}=\text{O}$ ) nas cadeias de carbono dos monoterpenos e sesquiterpenos aumentam a polaridade quando comparado com terpenos somente com ligações duplas. Isso pode explicar a presença desse grupo de metabólitos na fração do acetato de etila [18].

A presença das saponinas foi evidente no extrato metanólico e uma única mancha (seta na figura 1) de menor intensidade na fração de acetato de etila. Já no extrato hexânico não observa nenhuma mancha referente a presença desse grupo de metabólito. As saponinas caracterizam pela presença de uma porção de triterpenos e esteróides ligados a uma porção de açúcar. A porção açúcar dá a esse grupo químico característica hidrofílica enquanto a parte terpenoídica fornece à molécula propriedade lipofílica. O solvente hexano não teve a capacidade de extrair as saponinas, uma vez que esses metabólitos não possuem polaridade semelhante ao solvente.

Na análise de CCD para o grupo dos alcalóides foi possível observar manchas amarelas claras no local de aplicação do extrato indicando a presença desse grupo químico no extrato metanólico e no acetato de etila (em destaque na Figura 1). Já para o grupo dos flavonóides, observa-se presença de uma mancha laranja no meio do cromatograma. As outras manchas em tonalidades azuis indicam a presença de compostos fenólicos mais simples, sendo observado somente no extrato metanólico, que além de ser não seletivo tem polaridade semelhante a esses compostos.

Grande variedade de substâncias químicas produzidas pelas plantas atua como agentes aleloquímicos, os quais podem estimular ou inibir o desenvolvimento de outras plantas, de acordo com a concentração em que se encontram. Ao realizar as análises fitoquímicas nos extratos de *Solanum pimpinellifolium* foram identificados quatro grupos químicos: flavonóides, mono e diterpenos, saponinas e alcalóides; resultado similar ao encontrado por Silva et al. (2015) [19] ao estudar a fitoquímica do extrato etanólico de folhas *Solanum lycocarpum*.

Alcalóides e flavonóides identificados no extrato metanólico são comumente encontrados no gênero *Solanum*, descrito como tendo grande potencial de atividade alelopática [20]. Em experimento realizado por Borella et al. (2011) [21], flavonóides presentes no extrato aquoso de frutos de *Solanum americanum* foram responsáveis pela inibição do crescimento radicular de *Raphanus sativus*. Os flavonóides apresentam conhecida ação na proteção de plantas por inibição do crescimento de outros microrganismos patogênicos e do bloqueio da germinação e crescimento da radícula de diversas espécies de angiospermas [22]. No grupo das saponinas, foram encontrados três tipos diferentes, todos no extrato metanólico. As saponinas podem interagir com as membranas celulares e afetar o processo fotossintético, dentre outros efeitos negativos [23].

No presente trabalho o extrato metanólico de *Solanum pimpinellifolium* reduziu a germinação do picão preto a partir da menor concentração (1,0 mg/mL) e não afetou a germinação da alface em

nenhuma concentração. Os extratos acetato de etila e hexânico apresentaram forte inibição da germinação das sementes de picão preto, não apresentando nenhuma germinação para os dois extratos na maior concentração (5,0 mg/mL). Entretanto, pode-se destacar que a germinação das sementes da alface foi afetada apenas pelo extrato de acetato de etila (Tabela 4).

Tabela 4: Porcentagem de germinação de sementes de picão preto e alface submetidas a extratos foliares de *Solanum pimpinellifolium*. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Letras minúsculas comparam as médias na coluna e as maiúsculas na linha.

Planta teste	Concentração (mg/mL)	Extratos		
		Metanol	Acetato de Etila	Hexano
Picão preto	0,0	87 <sup>dA</sup>	87 <sup>cA</sup>	87 <sup>cA</sup>
	1,0	84 <sup>eA</sup>	87 <sup>cA</sup>	23 <sup>dC</sup>
	2,0	84 <sup>eA</sup>	27 <sup>eB</sup>	14 <sup>eC</sup>
	5,0	83 <sup>eA</sup>	0 <sup>gB</sup>	0 <sup>fB</sup>
Alface	0,0	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>
	1,0	100 <sup>aB</sup>	83 <sup>dC</sup>	100 <sup>aA</sup>
	2,0	100 <sup>aA</sup>	27 <sup>eC</sup>	100 <sup>aB</sup>
	5,0	100 <sup>aA</sup>	7 <sup>fB</sup>	100 <sup>aA</sup>

O extrato metanólico de folhas de *Solanum pimpinellifolium* diminuiu o índice de velocidade de germinação (IVG) do picão preto em todas as concentrações testadas. Da mesma forma, o extrato de acetato de etila apresentou diminuição do IVG, chegando a zero na concentração de 5,0 mg/mL. Já o extrato hexânico mostrou uma queda mais acentuada no IVG na concentração de 1,0 mg/mL quando comparado com os outros extratos. Houve redução no IVG das sementes da alface quando submetidas a todos os extratos de *Solanum pimpinellifolium*. Entretanto, o extrato de acetato de etila mostrou maior taxa de redução quando comparado com os extratos metanólico e hexânico em todas as concentrações testadas (Tabela 5).

Tabela 5: Índice de velocidade de germinação de sementes de picão preto e alface submetidas a extratos foliares de *Solanum pimpinellifolium*. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Letras minúsculas comparam as médias na coluna e as maiúsculas na linha.

Planta	Concentração (mg/mL)	Extratos		
		Metanol	Acetato de Etila	Hexano
Picão preto	0,0	0.42 <sup>eA</sup>	0.42 <sup>bA</sup>	0.42 <sup>eA</sup>
	1,0	0.37 <sup>fA</sup>	0.38 <sup>cA</sup>	0.26 <sup>fB</sup>
	2,0	0.32 <sup>gA</sup>	0.18 <sup>fB</sup>	0.19 <sup>gB</sup>
	5,0	0.32 <sup>gA</sup>	0.00 <sup>gB</sup>	0.00 <sup>hB</sup>
Alface	0,0	0.98 <sup>aA</sup>	0.98 <sup>aA</sup>	0.98 <sup>aA</sup>
	1,0	0.72 <sup>cB</sup>	0.44 <sup>bC</sup>	0.86 <sup>bA</sup>
	2,0	0.74 <sup>bA</sup>	0.27 <sup>dC</sup>	0.58 <sup>cB</sup>
	5,0	0.57 <sup>dA</sup>	0.22 <sup>eC</sup>	0.48 <sup>dB</sup>

O extrato metanólico não afetou o crescimento das raízes do picão preto. Os extratos de acetato de etila e hexano diminuíram o crescimento das raízes a partir da concentração de 2,0 mg/mL. A concentração de 5,0 mg/mL não mostrou crescimento de raiz por não haver germinação nesta concentração para os extratos de acetato de etila e hexânico. O único extrato que afetou o

crescimento da raiz da alface foi o acetato de etila. Ele reduziu o tamanho da raiz em 50% quando comparado ao controle na concentração de 1,0 mg/mL e reduziu para 10% na concentração de 5,0 mg/mL (Tabela 6).

Tabela 6: Crescimento inicial em centímetros das radículas de plântulas de picão preto e alface submetidas a extratos foliares de *Solanum pimpinellifolium*. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Letras minúsculas comparam as médias na coluna e as maiúsculas na linha.

Planta	Concentração (mg/mL)	Extratos		
		Metanol	Acetato de Etila	Hexano
<b>Picão preto</b>	0,0	3.92 <sup>aA</sup>	3.92 <sup>aA</sup>	3.92 <sup>aA</sup>
	1,0	3.98 <sup>aA</sup>	3.83 <sup>aA</sup>	3.83 <sup>aA</sup>
	2,0	3.71 <sup>aA</sup>	2.69 <sup>bB</sup>	2.11 <sup>bB</sup>
	5,0	4.55 <sup>aA</sup>	0.00 <sup>dB</sup>	0.00 <sup>cB</sup>
<b>Alface</b>	0,0	4.60 <sup>aA</sup>	4.60 <sup>aA</sup>	4.60 <sup>aA</sup>
	1,0	4.43 <sup>aA</sup>	2.28 <sup>bB</sup>	4.70 <sup>aA</sup>
	2,0	4.06 <sup>aA</sup>	1.34 <sup>cB</sup>	4.00 <sup>aA</sup>
	5,0	4.51 <sup>aA</sup>	0.46 <sup>dB</sup>	4.18 <sup>aA</sup>

Um das variáveis mais estudadas para se avaliar os efeitos alelopáticos é a porcentagem de germinação [24], porém há uma tendência em se considerar também outros parâmetros como o índice de velocidade de germinação [25] e o crescimento inicial [21]. Segundo Ferreira e Borguetti (2004) [25], o efeito alelopático pode provocar alterações nos padrões germinativos devido a um possível ruído informacional causado por perturbações fisiológicas, retardando o andamento de processos metabólicos, que culminarão em déficit no desenvolvimento.

O extrato metanólico diminuiu a porcentagem de germinação no picão e reduziu o IVG tanto da alface, como do picão desde a menor concentração testada (1,0 mg/mL). Estes resultados são corroborados por Silva et al. (2015) [19], onde o extrato metanólico de folha de *Solanum lycocarpum* diminuiu a germinação e o IVG da alface. Resultado parecido foi encontrado por Morais et al. (2013) [20] que ao avaliarem a atividade fitotóxica de *Solanum lycocarpum*, usando estes mesmos solventes para a produção dos extratos demonstraram inibição significativa na germinação de cebola.

O extrato de acetato de etila promoveu redução da germinação tanto do picão preto quanto da alface, além de reduzir o tamanho do crescimento da raiz de ambas as plantas. Resultado semelhante foi observado por Oliveira et al. (2013) [26] que ao testar a atividade alelopática do extrato acetato de etila de folhas de *Solanum cernuum*, perceberam inibição da germinação, IVG e crescimento de raiz tanto de picão como da alface. Tais resultados são considerados bastante representativos, uma vez que a interferência no desenvolvimento da radícula é um dos melhores indicadores para o estudo de extratos com potencial alelopático, pois é considerada a parte mais sensível da planta [5, 27, 28]. O Extrato de acetato de etila das folhas de *Solanum megalochiton* também mostrou maior atividade alelopática na germinação e crescimento da raiz da alface [28].

Os resultados alelopáticos diferenciais apresentados pelo extrato hexânico apontam um possível caminho promissor para a pesquisa de controle biológico de plantas invasoras, já que afetou significativamente a germinação das sementes do picão (invasora altamente adaptada e resistente) ao mesmo tempo que a maior dose utilizada não prejudicou a germinação da alface, considerada uma espécie sensível aos aleloquímicos e por isso indicadora de atividade alelopática. O extrato hexânico mostrou grande atividade alelopática na planta de picão preto, diminuindo a germinação e o IVG nas três concentrações testadas e reduzindo o tamanho da raiz a partir da concentração de 2,0 mg/mL podendo associar a presença dos monoterpenos e sesquiterpenos com a atividade alelopática. Os monoterpenos e sesquiterpenos são classes químicas encontradas nos óleos essenciais, derivados vegetais extraídos por hidrodestilação e outro forma de extrair esses compostos são por solventes apolares, como hexano. Morais et al. (2013) [20] demonstraram a ação

alelopática do extrato hexânico de plantas do gênero *Solanum* ao trabalhar com a espécie *Solanum lycocarpum* e conseguir a inibição do crescimento radicular e do hipocótilo de *Allium cepa* e *Lactuca sativa*. Esses resultados são ligeiramente diferentes deste estudo, considerando que a composição química pode variar entre espécies e conseqüentemente no perfil químico do extrato hexânico obtido, que no experimento não inibiu o crescimento das raízes da alface.

Alguns testes alelopáticos porém têm sugerido que plantas de picão podem apresentar maior sensibilidade quando comparadas a alface [29]. Isto foi comprovado neste trabalho ao se usar o extrato hexânico, extrator de menor polaridade e que demonstrou alta afinidade pelos metabólitos terpenóides. Todavia, tais compostos representados neste trabalho pelos mono e diterpenos, foram os únicos encontrados em todos os extratos analisados, sendo possivelmente os responsáveis pelos resultados de atividade alelopática observados neste trabalho. Os terpenos são considerados um grupo com atividade alelopática e ocorrem normalmente nas folhas das plantas do gênero *Solanum* [30, 31].

Alves et al. (2004) [14] encontraram atividade alelopática no grupo dos terpenos quando foram analisados os extratos de canela, alecrim-pimenta, capim-citronela e alfavaca-cravo sobre sementes de alface. Ainda, estudos realizados por Azambuja et al. (2010) [32] mostraram um efeito de fitotoxicidade na germinação de picão preto, diminuindo o IVG além de reduzir o crescimento da raiz tanto no picão preto quanto do alface. Este mesmo resultado foi encontrado por Romagani et al. (2000) [33] quando testaram o monoterpene cineol na germinação de alface, o que ocasionou a diminuição da radícula devido à inibição da enzima aspargina sintetase, envolvida na biossíntese da aspargina nos tecidos vegetais. Também pode-se citar aqui os estudos de Abraham et al. (2000) [34] que ao testar vários monoterpeneos diferentes na germinação de milho, observou que a redução da mesma era causada pela diminuição da respiração mitocondrial causada pelos terpenos.

#### 4. CONCLUSÃO

Extratos de diferentes polaridades das folhas de *Solanum pimpinellifolium* apresentam um amplo espectro de metabólitos secundários, entre os quais destacam-se os flavonoides, saponinas, alcalóides e mono e diterpenos. Dos três extratos testados, o componente químico que provavelmente teve ação alelopática pertence ao grupo dos mono e diterpenos. O extrato hexânico de folhas de *Solanum pimpinellifolium* mostrou um resultado promissor para o uso como bioherbicida, uma vez que inibiu a germinação, o IVG e o crescimento inicial das sementes de *Bidens pilosa*.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tavares DCG, Shinoda DT, Moreira SSC, Fernandes AC. Utilização de agrotóxicos no Brasil e sua correlação com intoxicações. Sist Gestão. 2020;15(1):2-10, doi: 10.20985/1980-5160.2020.v15n1.1532
2. Pignati WA, Souza e Lima FAN, de Lara SS, Correa MLM, Barbosa JR, Leão LHC, et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: Uma ferramenta para a vigilância em saúde. Ciênc Saúde Colet. 2017;22(10):3281-93, doi: 10.1590/1413-812320172210.17742017
3. Mirmostafae S, Azizi M, Fujii Y. Study of allelopathic interaction of essential oils from medicinal and aromatic plants on seed germination and seedling growth of lettuce. Agronomy. 2020;10(2):163, doi: 10.3390/agronomy10020163
4. Lengai GMW, Muthomi JW, Mbega ER. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. Scientific African. 2020;7:e00239, doi: 10.1016/j.sciaf.2019.e00239
5. Reigosa M, Gomes AS, Ferreira AG, Borghetti F. Allelopathic research in Brazil. Acta Bot Bras. 2013;27(4):629-46, doi: 10.1590/S0102-33062013000400001
6. Schandry N, Becker C. Allelopathic plants: Models for studying plant-interkingdom interactions. Trends Plant Sci. 2020;25(2):176-85, doi: 10.1016/j.tplants.2019.11.004.
7. Lovett J, Ryuntyu M. Allelopathy: Broadening the context. 1. ed. Dordrecht (NL): Springer; 1992, doi : 10.1007/978-94-011-2376-1\_2.

8. Guo L, Qiu J, Li LF, Lu B, Olsen K, Fan L. Genomic clues for crop-weed interactions and evolution. *Trends Plant Sci.* 2018;23(12):1102-15, doi: 10.1016/j.tplants.2018.09.009
9. Jmii G, Molinillo JM, Zorrilla JG, Haouala R. Allelopathic activity of *Thapsia garganica* L. leaves on lettuce and weeds, and identification of the active principles. *South African J Bot.* 2020;131:188-94. doi: 10.1016/j.sajb.2020.02.027
10. Ben Kaab S, Lins L, Hanafi M, Beltaieb Rebey I, Deleu M, Fauconnier M-L, et al. *Cynara cardunculus* crude extract as a powerful natural herbicide and insight into the mode of action of its bioactive molecules. *Biomolecules.* 2020;10(2):209, doi: 10.3390/biom10020209
11. Nunoo J, Quartey EK, Amoatey HM, Klu GYP. Effect of recurrent irradiation on the improvement of a variant line of wild tomato (*Solanum pimpinellifolium*). *J Radiat Res Appl Sci.* 2014;7(4):377-83, doi: 10.1016/j.jrras.2014.07.007
12. Oliveira SCC, Ferreira AG, Borghetti F. Efeito alelopático de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (Solanaceae) na germinação e crescimento de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) sob diferentes temperaturas. *Acta Bot Brasilica.* 2004;18(3):401-6, doi: 10.1590/S0102-33062004000300001
13. Wagner H, Bladt S. *Plant Drug Analysis: a thin layer chromatography atlas.* 2. ed. New York (US): Springer; 1996.
14. Alves MCS, Medeiros Filho S, Innecco R, Torres SB. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. *Pesqui Agropecuária Bras.* 2004;39(11):1083-6, doi: 10.1590/S0100-204X2004001100005
15. Villela FA, Doni Filho L, Sequeira EL. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. *Pesqui Agropecuária Bras.* 1991;26(11/12):1957-68.
16. Eberlein C V. Germination of sorghum alnum seeds and longevity in soil. *Weed Sci.* 1987;35(6):796-801, doi: 10.1017/s0043174500079364
17. Cooper R, Nicola G. *Natural products chemistry: Sources, separations, and structures.* 1. ed. Boca Raton (US): CRC Press; 2015.
18. Ramawat KG, Merillon JM. *Natural products: Phytochemistry, Botany and metabolism of alkaloids, phenolics and terpenes.* 1. ed. New Deli (IN): Springer Berlin Heidelberg; 2013.
19. Silva ICA, Fonseca JC, Lima LARS. Efeito alelopático dos extratos hexânico e metanólico obtidos dos frutos verdes de *Solanum lycocarpum* A. St. Hil. sobre *Lactuca sativa* (alface) [resumo]. In: *Anais da V Jornada Acadêmica Internacional de Bioquímica (Blucher Biochemistry Proceedings, v. 1, n. 1).* São Paulo: Blucher; 2015. p. 53-4, doi: 10.5151/biochem-jaiqbqi-0033
20. Morais MG, Silva VCB, Oliveira GT, Ferreira JMS, Lima LARS. Allelopathic potential of the ripe fruits of *Solanum lycocarpum* a. St. Hil. (Solanaceae). *Comunicação Cien.* 2013 Dec;4:37-41, doi: 10.5433/2316-5200.2013v2n2p37
21. Borella J, Wandscheer ACD, Pastorini LH. Potencial alelopático de extratos aquosos de frutos de *Solanum americanum* Mill. sobre as sementes de rabanete. *Rev Bras Ciências Agrárias - Braz J Agric Sci.* 2011;6(2):309-13, doi: 10.5039/agraria.v6i2a1246
22. Macías FA, Simonet AM, Galindo JCG. Bioactive steroids and triterpenes from *Melilotus messanensis* and their allelopathic potential. *J Chem Ecol.* 1997;23(7):1781-803, doi: 10.1023/B:JOEC.0000006451.19649.a0
23. Oliveira AK, Pereira KC, Muller JA, Matias R. Análise fitoquímica e potencial alelopático das cascas de *Pouteria ramiflora* na germinação de alface. *Hortic Bras.* 2014;32(1):41-7, doi: 10.1590/S0102-05362014000100007
24. da Cruz-Silva CTA, Matiazzo EB, Pacheco FP, Nóbrega LHP. Allelopathy of *Crotalaria juncea* L. aqueous extracts on germination and initial development of maize. *Idesia (Arica).* 2015 Jan;33(1):27-32, doi: 10.4067/S0718-34292015000100003
25. Ferreira AG, Borguetti F. *Germinação: do Básico ao Aplicado.* 1. ed. Porto Alegre (RS): Artmed; 2004.
26. Oliveira LGA, Duque FF, Belinelo VJ, Schmildt ER, de Almeida MS. Atividade alelopática de extrato acetato-etílico de folhas de *Solanum cernuum* Vell. *Rev Cienc Agron.* 2013;44(3):538-43, doi: 10.1590/S1806-66902013000300016
27. Souza Filho APDS, Rodrigues LRDA, Rodrigues TDJD. Efeitos do potencial alelopático de três leguminosas forrageiras sobre três invasoras de pastagens. *Pesqui Agropecu Bras.* 1997;32(2):165-70.
28. Chon S, Coutts JH, Nelson CJ. Effects of Light, growth media, and seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity. *Agron J.* 2000;92(4):715-20, doi: 10.2134/agronj2000.924715x
29. Mavengahama S, McLachlan M, de Clercq W. The role of wild vegetable species in household food security in maize based subsistence cropping systems. *Food Secur.* 2013;5(2):227-33, doi: 10.1007/s12571-013-0243-2
30. Borella J, Pastorini LH. Efeito alelopático de frutos de umbu (*Phytolacca dioica* L.) sobre a germinação e crescimento inicial de alface e picão-preto. *Ciência e Agrotecnologia.* 2010;34(5):1129-35, doi: 10.1590/S1413-70542010000500008

31. Aliero AA, Asekun OT, Grierson DS, Afolayan AJ. Chemical composition of the hexane extract from the leaves of *Solanum pseudocapsicum*. Asian J Plant Sci. 2006 Jan;5(6):1054-6, doi: 10.3923/ajps.2006.1054.1056
32. Azambuja N, Emílio C, Hoffmann F, das Neves LAS, Goulart PL. Allelopathic potential of *Plectranthus barbatus* Andrews on *Lactuca sativa* L. and *Bidens pilosa* L. seeds germination. Rev Ciências Agroveterinárias Lages. 2010;9(1):66-73.
33. Romagni JG, Duke SO, Dayan FE. Inhibition of plant asparagine synthetase by monoterpene cineoles. Plant Physiol. 2000;123(2):725-32, doi: 10.1104/pp.123.2.725
34. Abraham D, Braguini WL, Kelmer-Bracht AM, Ishii-Iwamoto EL. Effects of four monoterpenes on germination, primary root growth, and mitochondrial respiration of maize. J Chem Ecol. 2000;26(3):611-24, doi: 10.1023/A:1005467903297