

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE DA COSTA ANTUNES

**EXTRATO FOLIAR DE CROTALÁRIA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
PLANTAS DANINHAS**

Santa Helena

2023

FELIPE DA COSTA ANTUNES

**EXTRATO FOLIAR DE CROTALÁRIA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
PLANTAS DANINHAS
CROTALARIA LEAF EXTRACT FOR GERMINATION OF WEED SEEDS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Santa Helena.

Orientador: Prof. Dra. Cintia Maria Teixeira Fialho
Coorientador: Prof. Dra. Edicléia Aparecida Bonini e Silva

Santa Helena

2023



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

FELIPE DA COSTA ANTUNES

**EXTRATO FOLIAR DE CROTALÁRIA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
PLANTAS DANINHAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Santa Helena.

Aprovada em: Santa Helena, 07 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Cintia Maria Teixeira Fialho

UTFPR

Profa. Dra. Nádia Graciele Krohn

UTFPR

Profa. Me. Lisiane Sobucki

UTFPR

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso, em especial:

À minha família pelo apoio e compreensão. Vocês foram minha base, fonte de inspiração e força em cada passo desta trajetória.

À minha orientadora Cintia e coorientadora Edicléia pelas orientações, paciência e dedicação.

A todos os meus amigos, que se fizeram presentes nos momentos de descontração e nos momentos difíceis. Vocês tornaram essa trajetória mais leve e memorável.

A todos os professores e profissionais que compartilharam conhecimentos e experiências que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Agradeço a cada um que cruzou meu caminho, seja por um breve momento ou por toda a trajetória.

EPÍGRAFE

"O importante não é acumular conhecimento, mas transformá-lo em sabedoria."

Immanuel Kant

RESUMO

Os herbicidas podem degradar os recursos naturais do ambiente, além de poder resultar em pressão de seleção em biótipos de plantas daninhas, resultando no aparecimento de resistência aos mesmos. A resistência é um dos maiores problemas enfrentados no manejo de plantas daninhas na atualidade. Uma das alternativas é incluir ao sistema de produção estratégias para reduzir a dependência de herbicidas, como uso de plantas de cobertura com potencial de liberação de aleloquímicos, sendo a crotalária uma espécie de ampla utilização e com potencial alelopático. Desta forma, objetivou-se avaliar a atividade alelopática dos extratos e frações foliares de *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis* na germinação e no vigor de sementes de *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus* e *Eleusine indica*. O experimento foi dividido em duas etapas: a primeira consistiu no cultivo, colheita das três espécies de crotalária e extração do extrato bruto, e as frações extrato etanólico (EB-Co), extrato fração hexânica (Hex-Co) e extrato fração acetato de etila (AcOEt-Co). Na segunda etapa, foram realizados os testes dos extratos e frações de crotalária nas sementes de *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus* e *Eleusine indica*. As variáveis analisadas foram germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e crescimento de parte aérea e radícula das plântulas. Todos os testes foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado em quatro repetições. Inicialmente, os testes foram feitos com sementes de alface (*Lactuca sativa*). Após seleção da espécie de crotalária e fração com maior potencial alelopático, realizaram-se os testes nas sementes de plantas daninhas. Foi utilizado o extrato hexânico de *Crotalaria juncea*, nas seguintes diluições: 0,5 g L⁻¹, 1,0 g L⁻¹ e 2,0 g L⁻¹. No experimento com *Lactuca sativa*, houve redução significativa da germinação apenas para o extrato bruto de *Crotalaria juncea*, sendo a fração hexânica com maior potencial alelopático. A fração hexânica de *Crotalaria juncea* teve efeitos negativos na germinação e IVG de *Eleusine indica* e no crescimento de parte aérea e crescimento da radícula de *Amaranthus hybridus*. O crescimento de parte aérea e crescimento da radícula de *Eleusine indica* não foi influenciado pelo extrato da fração hexânica de *Crotalaria juncea*.

Palavras-chave: *Eleusine indica*. Alelopatia. *Amaranthus hybridus*. *Crotalaria juncea*.

ABSTRACT

Herbicides can degrade natural resources in the environment, and can result in selection pressure on weed biotypes, resulting in the emergence of resistance to herbicides. Resistance is one of the biggest problems faced in weed management today. One of the alternatives is to include strategies in the production system to reduce dependence on herbicides, such as the use of cover crops with the potential to release allelochemicals, with sunn hemp being a species of wide use and with allelopathic potential. Thus, the objective was to evaluate the allelopathic activity of extracts and leaf fractions of *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca* and *Crotalaria spectabilis* on the germination and vigor of seeds of *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus* and *Eleusine indica*. The experiment was divided into two stages: the first consisted of planting, harvesting the three species of sunn hemp and extracting the crude extract, and the ethanolic extract fractions (EB-Co), hexane fraction extract (Hex-Co) and ethanol acetate fraction extract. ethyl (AcOEt-Co). In the second stage, tests of sunn hemp extracts and fractions were carried out on *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus* and *Eleusine indica* seeds. The variables analyzed were germination, Germination Speed Index (GVI) and growth of shoots and radicles of seedlings. All tests were conducted in a completely randomized design with four replications. Initially, the tests were carried out with lettuce seeds (*Lactuca sativa*). After selecting the sunn hemp species and fraction with the greatest allelopathic potential, tests were carried out on weed seeds. The hexanic extract of *Crotalaria juncea* was used in the following dilutions: 0.5 g L⁻¹, 1.0 g L⁻¹ and 2.0 g L⁻¹. In the experiment with *Lactuca sativa*, there was a significant reduction in germination only for the crude extract of *Crotalaria juncea*, with the hexane fraction having the greatest allelopathic potential. The hexane fraction of *Crotalaria juncea* had negative effects on the germination and IVG of *Eleusine indica* and on the shoot growth and radicle growth of *Amaranthus hybridus*. The growth of aerial part and radicle growth of *Eleusine indica* was not influenced by the hexane fraction extract of *Crotalaria juncea*.

Keywords: *Eleusine indica*. Allelopathy. *Amaranthus hybridus*. *Crotalaria juncea*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Germinação de <i>Lactuca sativa</i> em concentrações crescentes de substrato bruto de <i>Crotalaria juncea</i> , <i>Crotalaria spectabilis</i> , <i>Crotalaria ochroleuca</i> .)	31
Tabela 2 – Germinação de <i>Lactuca sativa</i> em concentrações de extrato etanólico (EB-Co), extrato fração acetato de etila (AcOEt-Co) e extrato fração hexânica (Hex-Co).	32
Tabela 3 – Germinação e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de <i>Lactuca sativa</i> em concentrações crescentes da fração hexânica da <i>Crotalaria juncea</i>	33
Tabela 4 – Germinação e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) do <i>Eleusine indica</i> em concentrações crescentes da fração hexânica da <i>Crotalaria juncea</i>	34
Tabela 5– Crescimento da parte área e radícula de plântulas de <i>Eleusine indica</i> em concentrações crescentes da fração hexânica da <i>Crotalaria juncea</i>	34
Tabela 6 – Crescimento da parte área e radícula de plântulas de <i>Amaranthus hybridus</i> em concentrações crescentes da fração hexânica da <i>Crotalaria juncea</i>	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
	2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO	19
	3.1 PLANTAS DANINHAS.....	19
	3.2 <i>Amaranthus hybridus</i>	20
	3.3 <i>Eleusine indica</i>	21
	3.4 ALELOPATIA	22
	3.5 CROTALÁRIA E SEU EFEITO EM PLANTAS DANINHAS	23
	3.6 EFEITOS ALELOPÁTICOS DA CROTALÁRIA	26
4	MÉTODO	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas são indesejáveis nas áreas de cultivos agrícolas, pois elas afetam a produção, aumentando custos de produção, tempo de trabalho, utilização de insumos e reduzindo a produtividade, portanto, é interessante utilizar diferentes estratégias de manejo para reduzir perdas e evitar futuros problemas.

Segundo Sampietro (2001), plantas desenvolvendo-se próximas podem interferir no desenvolvimento uma das outras. Pode ocorrer competição por luz, água e nutrientes, gerando concorrência constante entre elas. Pode ocorrer também interações alelopáticas entre as espécies com influência negativa, positiva ou neutra.

Com o crescente aumento da população e conseqüentemente aumento da demanda de produção de alimentos, a prática da utilização do uso de herbicidas vem aumentando a cada ano no Brasil, tornando um dos países que mais faz a utilização de agroquímicos (REVISTA GALILEU, 2018). É comum e prático a utilização de herbicidas para controle de plantas daninhas, porém com o uso indiscriminado do mesmo, muitas vezes, pode causar efeitos negativos, como riscos à população e ao meio ambiente.

Devido a variabilidade genética das plantas daninhas, é possível que essas espécies se adaptem e sobrevivam em diferentes condições do ambiente e ecossistema agrícola. Com essa capacidade adaptativa e o uso intenso de herbicidas, algumas populações de plantas daninhas são selecionadas devido à pressão de seleção causada pelos herbicidas e a seleção de biótipos resistentes a eles (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Assim, a necessidade de estudo de novas estratégias de controle de plantas daninhas e adoção de manejo integrado se torna ainda mais necessária. O manejo integrado de plantas daninhas baseia-se na integração de métodos de controle, e não somente na utilização de herbicidas, sendo considerado a principal ferramenta para reduzir o uso e conseqüentemente o impacto ambiental de herbicidas. Os métodos de controle de plantas daninhas, são: preventivo, cultural, mecânico, físico, biológico e químico (NUNES; TREZZI; DEBASTIANI, 2010).

Dentre os métodos citados destaca-se os métodos culturais que são todos os manejos que favorecem a cultura em detrimento das plantas daninhas, como: espaçamento entre plantas, época de plantio, uso de cobertura morta, adubações

adequadas, rotação de culturas e adubação verde. Dentre os vários métodos culturais citados pode se dar destaque para a adubação verde por apresentar inúmeros benefícios ao sistema agrícola, pois permite que a cultura principal inicie o seu desenvolvimento com maior disponibilidade de nutrientes e menor competição de plantas daninhas (KOUDAHE; TODOS; DJMAN, 2022).

A crotalária é frequentemente utilizada como planta de cobertura no manejo agrícola sendo utilizada na rotação de cultura, pode apresentar também uma virtude pouco conhecida que é o efeito alelopático, ocasionado pelas substâncias presentes em todos os seus tecidos, mas comumente encontradas em maior abundância nas folhas e raízes (ARAÚJO et al., 2010).

A alelopatia foi definida por Molisch em 1937, para se referir às interações bioquímicas tanto benéficas quanto maléficas entre as plantas e microrganismos mediante a produção de compostos químicos liberados no ambiente (RICE, 1984). Algumas plantas desenvolvem mecanismos de defesa que se baseiam na síntese de alguns metabólitos secundários, chamados de compostos aleloquímicos, liberados no ambiente e que irão interferir em alguma etapa do ciclo de vida de outra planta (SAMPIETRO apud ALVES et al., 2004). Essas substâncias podem ser utilizadas como uma maneira de diminuir ou até mesmo substituir a utilização de defensivos pelo seu efeito benéfico em muitas espécies que são de interesse econômico.

Já foram realizados vários estudos referentes à alelopatia visando o controle de plantas daninhas. Bianchini (2017), verificou que quinoa pode apresentar-se como potencial planta de cobertura devido ao seu efeito supressor de plantas daninhas. Vilella (2018), verificou que os extratos de brachiaria (*Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*) apresentam efeitos alelopáticos com potencial supressor de plantas daninhas como buva, trapoeraba e picão-preto. Segundo Moraes et al. (2010), os efeitos alelopáticos causados pelas plantas de cobertura sobre as plantas daninhas depende da espécie, qualidade, quantidade de matéria gerada e velocidade de decomposição dessas plantas.

As plantas do gênero crotalária possuem potencial alelopático, o que significa que apresentam a capacidade de produzir compostos químicos que podem ter efeitos positivos ou negativos sobre outros organismos. Esses compostos químicos quando

liberados podem inibir o crescimento de outras plantas. Essa propriedade é pouco conhecida pelos agricultores, mas pode ser uma aliada importante para uma agricultura sustentável (ARAÚJO et al., 2010; GLIESSMAN, 2000). Os aleloquímicos produzidos podem afetar o crescimento, fotossíntese, respiração, transporte na membrana celular e também podem atuar como inibidores da atividade proteica e enzimática de outras plantas (EINHELLIG et al., 1986).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito alelopático dos extratos e frações foliares de *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca* sobre a germinação e o vigor de sementes de *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus* e *Eleusine indica*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Selecionar a espécie de crotalária com maior potencial alelopático na germinação e vigor de *Lactuca sativa*.

Determinar a fração orgânica com maior efeito alelopático.

Avaliar os efeitos alelopáticos sobre a germinação e o vigor das espécies de plantas daninhas: *Amaranthus hybridus* e *Eleusine indica*.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PLANTAS DANINHAS

A presença de plantas daninhas em áreas de cultivo agrícola vem se tornando um problema maior devido à alta habilidade competitiva das espécies das mesmas e a resistência de biótipos a herbicidas, o que ocasiona grandes prejuízos, prejudicando a produção, qualidade dos subprodutos e reduzindo o retorno econômico. As plantas daninhas podem reduzir drasticamente a produção, podendo resultar em perda total ou parcial da lavoura (FONTES; SHIRATSUCHI,2003).

As plantas daninhas exigem cada vez mais adaptabilidade agronômica e versatilidade no desenvolvimento de soluções para os problemas. Durante uma fase da “revolução verde”, surgiram os herbicidas, uma ferramenta química para o controle de plantas daninhas que contribuiu positivamente para o manejo fitossanitário das mesmas. No entanto, o uso indevido e exagerado dos herbicidas se tornou um problema, devido ao grande impacto ambiental, além de crescentes relatos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, alguns trabalhos comprovam os erros de gestão (THOMAZINI et al., 2019; SILVA et al., 2021; ALBRECHT et al., 2018; TAKANO, 2017; NUNES, 2020; CARVALHO et al., 2015). Nesse sentido se faz necessário a utilização de alternativas como o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD).

A resistência de plantas daninhas a herbicidas pode ser compreendida como a capacidade adquirida dos biótipos de uma população de plantas em resistir e sobreviver à aplicação de herbicida, em condições normais, mesmo que a dose seja fatal para outros biótipos dessa mesma população. A resistência pode ocorrer de duas formas, sendo elas, natural, o qual é a seleção do biótipo ou por indução, isso ocorre quando as moléculas de herbicidas são utilizadas repetidamente. Isto pode levar à seleção de biótipos de resistência já presentes nas populações de plantas daninhas (DE OLIVEIRA et al., 2011).

O manejo integrado de plantas daninhas é a junção de alternativas para o controle racional por meio de medidas preventivas, de controle e erradicação. Esse

controle trata-se de medidas específicas que minimizam a competição das daninhas com a cultura de interesse para evitar que as mesmas causem danos às culturas alvo.

A alelopatia encontra-se dentro do método de controle cultural, no qual é possível dar ênfase na adubação verde por apresentar inúmeros benefícios como melhora das características físicas, químicas e biológicas do solo. Sua prática baseia-se no uso de plantas e culturas de interesse econômico em rotação ou consórcio. Essas plantas podem ser incorporadas e mantidas no solo ou manejadas quimicamente, ou ainda fisicamente e mantidas em forma de cobertura no solo, onde irá favorecer o controle de plantas daninhas, evitar erosão, manutenção de umidade, entre outros benefícios (DE OLIVEIRA et al., 2011).

3.2 *Amaranthus hybridus*

O gênero *Amaranthus* é considerado uma planta herbácea de ciclo de vida anual que se desenvolve espontaneamente por todo o Brasil com bastante frequência em áreas de cultivo agrícola (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011).

Várias espécies de plantas daninhas são conhecidas no mundo, incluindo o gênero *Amaranthus* que também é conhecido como caruru (AZARIAS et al., 2023). Esse gênero está disseminado por todo o Brasil e em diversas áreas, e dentre as espécies as que mais se destacam são: *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus lividus* entre outros (CARVALHO et al., 2006).

É considerada uma espécie invasora que possui crescimento rápido, adaptação, alta produção de sementes e capacidade de fácil disseminação, o que ajuda na fácil reprodução (SANTOS, 2020), tornando uma planta daninha de difícil controle. O rápido crescimento da planta dificulta a sua eliminação por meio de métodos mecânicos, como capina ou roçada. A produção de sementes em grande quantidade dificulta o controle químico, pois mesmo que a planta seja eliminada, as sementes podem permanecer no solo por vários anos, gerando um banco de sementes e germinar quando as condições forem favoráveis. A adaptabilidade da planta também dificulta o controle, pois ela pode sobreviver a uma variedade de condições adversas.

Esta espécie foi escolhida porque o *A. hybridus* é um problema crescente em áreas onde são cultivados milho e soja. Esta planta daninha é de grande importância econômica, pois causa danos significativos reduzindo a produtividade das culturas. De acordo com Penckowski e Maschietto (2019), a presença de *Amaranthus hybridus* nas culturas ocasionar reduções de produtividade de até 80%.

A espécie *A. hybridus* apresenta hibridação natural, que pode resultar na transferência de resistência a herbicidas para outras espécies do gênero *Amaranthus* (PENCKOWSKI; MASCHIETTO, 2019).

Um estudo realizado no Rio Grande do Sul, (LAMEGO et al., 2021) identificou biótipos de *A. hybridus* resistentes a glifosato, chlorimuron-ethyl e imazethapyr. Em outro estudo (MENDES et al., 2022) verificou-se a resistência de *A. hybridus* aos herbicidas inibidores da ALS (clorimuron-etil e metsulfuron-etil), já em outro estudo (WITTER et al., 2023) observou-se a resistência de uma população de *Amaranthus hybridus* ao imazethapyr na cidade de Cândido Mota.

3.3 *Eleusine indica*

A espécie *Eleusine indica* é uma gramínea de ciclo de vida anual que se desenvolve espontaneamente por todo o Brasil com bastante frequência em áreas de cultivo agrícola (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011).

O capim pé de galinha possui baixa exigência nutricional quanto ao solo, se reproduz por meio de sementes as quais possuem grande capacidade germinativa em ambientes quentes e úmidos, apresenta também boa capacidade de disseminação por meio do vento (KISSMANN; GROTH, 1991).

Na década de 1970, a *E. indica*, uma planta daninha de rápido crescimento e alta capacidade de reprodução, foi considerada uma das cinco plantas daninhas mais problemáticas do mundo. A planta pode ser encontrada em todo o mundo, mas é mais comum na África e América (HOLM et al., 1977). E um desses problemas é a resistência de plantas daninhas a herbicidas. Araújo et al., (2021) argumenta que esse fenômeno observado no Brasil pode ser explicado pelo aumento da pressão de seleção

exercida pelo uso repetitivo e frequente de herbicidas, na tentativa de controlar efetivamente as plantas daninhas.

O que se torna preocupante, pois *E. indica* está entre as 15 espécies de plantas daninhas com maiores casos de resistências a diferentes mecanismos de ação ocupando a 5ª colocação (HEAP, 2022b). Mundialmente ao longo dos anos já foram identificados vários biotipos de *E. indica* resistentes a herbicidas com diversos mecanismos de ação como inibidores: da mitose, ALS, ACCase, fotossistema I, EPSPS, fotossistema II, glutamina sintase e inibidores da Protox (HEAP, 2022a).

3.4 ALELOPATIA

Segundo Szczepanski (1977) o termo alelopatia foi definido como a interferência provocada por substâncias químicas liberadas por certos indivíduos no ambiente prejudicando outros indivíduos.

As substâncias alelopáticas possuem diversos grupos químicos e a principal função que essas substâncias desempenham nas plantas é a de proteção contra fatores bióticos e abióticos externos. A liberação desses compostos químicos pode ser realizada de quatro formas diferentes sendo elas, exsudação pelas raízes, volatilização, lixiviação e decomposição (DURIGAN; ALMEIDA, 1993).

A exsudação pelas raízes compreende as substâncias sintetizadas pelas plantas e liberadas pelas raízes (RICE, 1984). Na volatilização os compostos aleloquímicos são liberados de forma volátil no ambiente, o qual é um processo bem comum entre as plantas aromáticas, porém, nem todas essas plantas apresentam compostos aleloquímicos. Já na lixiviação a remoção dos resíduos químicos presente nas plantas ocorre pela ação da chuva, orvalho e neblina, ou seja, envolve a remoção de substâncias que apresentam afinidade com água. Já na decomposição, os aleloquímicos das plantas são liberados por meio da decomposição das mesmas e são posteriormente incorporados ao solo. Esse processo envolve a interação de microorganismos presentes no solo, que atuam na planta, resultando na liberação de substâncias químicas tóxicas (SOUZA FILHO; ALVEZ, 2002).

A decomposição do material vegetal e a liberação dos aleloquímicos depende de como os materiais foram incorporados ao solo, podendo assim ter efeito mais intenso como no caso de quando o material é incorporado ao solo, pois assim em áreas próximas aos resíduos em decomposição é onde se tem a maior concentração dos compostos, apresentando assim uma fitotoxicidade mais intensa (FONTES; SHIRATSUCHI, 2003).

Os compostos alelopáticos são produzidos especialmente pelo metabolismo secundário em plantas e podem ser utilizados como método de controle de plantas daninhas, inibidor da ação de predadores, patógenos e também como estimulante de crescimento e desenvolvimento de plantas. Segundo Waller (1999) os aleloquímicos, produzidos e liberados pelas plantas, podem ser usados para controlar o crescimento de plantas daninhas, insetos e nematoides (apud FERREIRA; AQUILA, 2000), assim se tornando possível a utilização de tais compostos para diminuir o uso excessivo de insumos químicos nas áreas de cultivo.

A espécie mais utilizada como planta indicadora em alelopatia é sem dúvida a alface (*Lactuca sativa*). A principal vantagem de utilizar a alface é por ela ser uma espécie com grande sensibilidade, mesmo que em baixas quantidades de aleloquímicos. A espécie também apresenta como vantagem em sua utilização a rápida germinação, insensibilidade ao potencial osmótico e crescimento linear insensível a grandes mudanças de pH (SOUZA, 2005).

3.5 CROTALÁRIA E SEU EFEITO EM PLANTAS DANINHAS

A crotalária é um arbusto da família Fabaceae que possui crescimento rápido, ereto e, determinado. É uma espécie muito utilizada na adubação verde na recuperação de solos, fixação de nitrogênio e na rotação de culturas (MORAES et al., 2006). Essa espécie é bastante conhecida por seus efeitos alelopáticos, grande produção de matéria orgânica e fixação de nitrogênio no solo, disponibilizando-o para a cultura subsequente.

A *Crotalaria spectabilis* é uma planta leguminosa anual, originária do Sudeste Asiático, que pode ser utilizada para produção de fitomassa e sementes. Possui porte ereto e crescimento relativamente precoce, porém é sensível ao fotoperíodo, apresenta vasta adaptação, sendo tolerante a solos de baixa fertilidade e a seca. Tem boa capacidade de produção de fitomassa, podendo produzir até 30 toneladas de massa verde e de 4 a 6 toneladas de massa seca por hectares, e também realiza uma boa fixação de nitrogênio, podendo fixar entre 60 e 120 kg de nitrogênio por hectare por ano (LIMA FILHO et al., 2023).

A *Crotalaria ochroleuca* é uma planta leguminosa anual, originária da África, que vem sendo muito utilizada em diversas regiões brasileiras, especialmente nos cerrados da região central do Brasil. Apresenta características como crescimento rápido, agressivo, rústico e com alta resistência ao estresse hídrico, sua utilização é recomendada para recuperação de áreas degradadas, em cultivo único ou em consorciação com outras espécies. Seu sistema radicular é bastante profundo e robusto, promovendo o rompimento de camadas compactadas no perfil do solo, possui uma boa produção de fitomassa podendo produzir de 20 a 30 toneladas de massa verde e de 7 a 10 toneladas de massa seca por hectare. Tem boa capacidade de fixação de nitrogênio, podendo fixar entre 90 e 140 kg de nitrogênio por hectare anualmente (LIMA FILHO et al., 2023).

A *Crotalaria juncea* é uma planta leguminosa originária da Índia e da Ásia Tropical. Ela é tolerante a solos de média fertilidade e pode ser cultivada em solos argilosos ou arenosos, apresenta crescimento rápido, podendo produzir de 15 a 60 toneladas de massa verde e até 15 toneladas de massa seca por hectare. Seu sistema radicular é pivotante e profundo, o que contribui para a melhoria da infiltração de água, possui capacidade de fixação de nitrogênio de 150 a 165 kg por hectare anualmente e ciclagem de nutrientes no solo. É uma excelente planta de adubação verde, pois pode fornecer nitrogênio para a cultura seguinte, além de melhorar a fertilidade do solo e suprimir o aparecimento de plantas daninhas podendo assim acarretar aumento da produtividade em culturas de rotação subsequente (LIMA FILHO et al., 2023), se destacando das demais por apresentar essas características e também por ser de fácil

adaptação, apresentar efeito alelopático, ser a espécie que produz maior quantidade de biomassa e fixação de N e possuir um sistema radicular mais profundo e ramificado.

A crotalária é uma leguminosa que pode ser utilizada de diversas maneiras na agricultura incluindo adubação verde, controle de plantas daninhas e restauração de áreas degradadas melhorando a produtividade e sustentabilidade da agricultura reduzindo o uso de herbicidas com seu potencial alelopático. O potencial alelopático das plantas de cobertura vai depender de fatores como a incidência de plantas daninhas e a quantidade de resíduos vegetais deixados no solo pela cultura de cobertura. Por meio do manejo com plantas de cobertura é possível reduzir os custos de produção e impacto ambiental causados pelo uso descontrolado e exagerado de herbicidas (TOKURA; NOBREGA, 2006).

Os estudos citados mostram que a *Crotalaria juncea* é uma planta com potencial para ser utilizada como adubo verde no controle de plantas daninhas. No estudo de Teixeira et al. (2004), a *Crotalaria juncea* foi capaz de reduzir a germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG) da alface, indicando que a planta apresenta efeitos alelopáticos, enquanto se tratando de picão preto, a mesma só foi capaz de reduzir a germinação.

Severino e Christoffoleti (2001) verificaram que a *Crotalaria juncea*, quando utilizada como adubo verde, foi capaz de reduzir significativamente a infestação de plantas daninhas em comparação com outras cultivares como fonte de adubação verde.

O estudo de CAVA et al. (2008) também confirma o potencial da *Crotalaria juncea* no controle de plantas daninhas. Os autores verificaram que a *Crotalaria juncea* apresentou maior desempenho no controle de plantas daninhas quando comparado às demais espécies testadas pois a mesma apresenta rápido crescimento, o que aumenta seu potencial de competição com as plantas daninhas.

A partir dos estudos citados é possível concluir que a *Crotalaria juncea* é uma planta promissora para ser utilizada na agricultura, podendo ser utilizada para melhorar a fertilidade do solo, fornecer nitrogênio para as culturas subsequentes e controlar plantas daninhas.

3.6 EFEITOS ALELOPÁTICOS DA CROTALÁRIA

O efeito alelopático da crotalária ocorre por meio da liberação de compostos alelopáticos chamados de aleloquímicos, que são compostos químicos produzidos pelo metabolismo secundário da planta, que podem interferir no crescimento e desenvolvimento de outras plantas. Os metabólitos secundários são compostos químicos produzidos pelas plantas que não são essenciais para o seu crescimento e desenvolvimento, mas apresentam um papel muito importante na sua sobrevivência e adaptação. Os compostos químicos podem ser divididos em quatro grupos principais sendo eles, derivados de ácidos graxos, terpenos, compostos nitrogenados e fenólicos que possuem uma ampla gama de propriedades e aplicações (MEYER et al., 2013). Sendo assim a crotalária pode ser cultivada como planta de cobertura, para liberar compostos alelopáticos que inibem o crescimento de plantas daninhas e também para produzir extratos alelopáticos, que podem ser aplicados às plantas daninhas para controlá-las.

Os três trabalhos citados avaliam o efeito alelopático do extrato de crotalária, sobre a germinação e o crescimento de diferentes plantas. De Arruda, Silva e Alves (2022) avaliaram o efeito de extratos de crotalária produzidos a partir de diferentes partes da planta (raízes, folhas e inflorescências) e diferentes concentrações (0, 25, 50 e 100%) na germinação e crescimento de plântulas de alface. Os resultados mostraram que o extrato de crotalária interfere na germinação de sementes de alface e que os extratos produzidos a partir das folhas e inflorescências têm maior efeito alelopático sobre a germinação de alface do que o extrato de raízes, porém o mesmo não apresenta muito efeito no crescimento de plântulas. No entanto, o crescimento das plântulas de alface não foi afetado significativamente, exceto na concentração de 100%, que reduziu a germinação e o crescimento de plântulas, independentemente da parte utilizada.

Rocha Cruz et al. (2021) avaliaram o efeito de extratos vegetais de crotalária em diferentes dosagens na germinação das culturas do feijão, quinoa e milho. Os resultados mostraram que houve efeito alelopático negativo em todas as culturas testadas, sendo o feijão a espécie mais afetada, seguido da quinoa e do milho. O

comprimento caulículo do feijão foi o mais afetado, já a quinoa se mostrou mais sensível a germinação e comprimento de radícula.

Oliveira et al., (2022) avaliaram o efeito alelopático do extrato aquoso de diferentes partes morfológicas de crotalária (*Crotalaria juncea*) sobre a germinação e desenvolvimento da alface crespa. Os resultados mostraram que houve um decréscimo de sementes germinadas conforme o aumento da concentração de extrato. Os extratos obtidos das folhas e inflorescências em concentração de 100% foram mais eficientes na inibição de germinação de sementes. No desenvolvimento, foi possível observar que quando foi aumentado a concentração do extrato com folhas também diminuiu o desenvolvimento da alface, porém, com o extrato obtido por meio das flores inibiram completamente o desenvolvimento.

Os resultados dos três trabalhos indicam que o extrato de crotalária tem efeito alelopático negativo sobre a germinação e o crescimento de diferentes plantas. O efeito alelopático é mais acentuado e significativo nas concentrações mais altas de extrato e nas partes aéreas da planta, especialmente nas folhas e inflorescências.

4 MÉTODO

O trabalho foi realizado na área experimental e no Laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – *Campus* Santa Helena. Localizado na região Oeste do estado do Paraná. O clima predominante da região é tropical úmido, com temperatura média anual variando de 23°C a 35°C e precipitação média anual de 1.400 mm. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico Latossólico, com textura muito argilosa (ZATTI; ROCHA, 2022).

Três espécies de crotalária foram cultivadas, em canteiros, com as seguintes densidades de semeadura: *Crotalaria juncea* com 27 a 35 kg ha⁻¹, *Crotalaria spectabilis* com 15 a 20 kg ha⁻¹ e *Crotalaria ochroleuca* com 10 a 25 kg ha⁻¹. O objetivo foi a obtenção de material para a produção dos extratos vegetais.

A colheita de biomassa das espécies de crotalária foi determinada por ocasião do florescimento, quando as plantas apresentavam 50% das flores abertas cortando-as a 0,05 m acima da superfície do solo. Após a colheita apenas das folhas, foram alocadas em sacos de papel e levadas para a secagem em estufa a 40°C por 72 horas. Após a secagem, as folhas foram trituradas em moinho de facas, sendo armazenadas sob refrigeração e protegidas de luz até o momento da extração para obtenção de extrato bruto e suas frações, no qual foi utilizado um solvente orgânico (Twin 1%) para dissolver as frações e método POP (Protocolo operacional padrão), desenvolvido pelo laboratório de bioquímica de plantas da Universidade de São Paulo, campus Ribeirão Preto.

Foram obtidos quatro extratos das três espécies de crotalária, sendo eles, extrato bruto, extrato etanólico (EB-Co), extrato fração hexânica (Hex-Co) e extrato fração acetato de etila (AcOEt-Co).

Na primeira etapa do experimento foram realizados testes preliminares com as quatro frações das três espécies de crotalária para selecionar a espécie e o extrato com maior interferência sobre a germinação e vigor de sementes de *Lactuca sativa* das quais foram adquiridas em casa agropecuária sendo sementes orgânicas sem tratamento. Os extratos brutos das espécies de crotalária foram testados inicialmente nas seguintes concentrações: 0, 0,1 g L⁻¹, 0,2 g L⁻¹, 0,4 g L⁻¹ e 1,0 g L⁻¹. Todos os testes

foram montados utilizando o delineamento estatístico inteiramente casualizado com quatro repetições. Para avaliação da porcentagem de germinação da *Lactuca sativa* foram utilizados dois papéis germitest umedecidos com os diferentes extratos bases, com uso de volume equivalente a 2,5 vezes a massa do papel germitest seco. Posteriormente as sementes de alface foram alocadas nas caixas gerbox e então levadas para câmara de germinação do tipo B.O.D. com temperatura de 20°C e fotoperíodo de 12 horas. Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes por lote. As avaliações realizadas ocorreram ao longo de 7 dias após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais. A primeira contagem de germinação ocorreu no 4º dia após a semeadura e a última contagem no 7º dia (BRASIL, 2009).

Após seleção do extrato hexânico, que causou maior efeito alelopático nas sementes de *Lactuca sativa*, foram realizados os testes de germinação e vigor nas sementes *A. hybridus* e *E. indica*. A fração hexânica foi utilizada nas concentrações 0, 0,5 g/L, 1,0 g/L e 2,0 g/L, com quatro repetições de 25 sementes por tratamento nos quais foram utilizados os mesmos métodos já descritos na primeira etapa para a germinação, diferindo-se apenas o fotoperíodo e temperatura, que foram adequados para cada espécie de planta daninha. Para *A. hybridus* a condição de fotoperíodo com alternância de temperatura nas seguintes condições, 8 horas de luz a 30°C e 16 horas de escuro a 20°C (CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007), já para *Eleusine indica* foram adotadas temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas conforme estabelecido para a espécie de *Eleusine coracana* mais próxima padronizada (BRASIL, 2009).

Além do teste de germinação foram realizados os testes de índice de velocidade de germinação (IVG) e crescimento de parte aérea e radícula de plantas. O índice de velocidade de germinação foi obtido por meio das contagens realizadas diariamente das sementes germinadas, com protrusão radicular mínima de 3 a 4 milímetros. As contagens foram realizadas até que a germinação estabilize e o cálculo do IVG seja obtido pela fórmula sugerida por Maguire (1962).

Para as variáveis de crescimento de parte aérea e radícula de plântulas foram realizadas avaliações no 10º dia de semeadura, selecionando 10 plântulas aleatórias e

realizando medidas de comprimento da parte radicular e comprimento da parte aérea das plântulas em milímetros, com o auxílio de uma régua.

As médias dos dados foram submetidas à análise de variância, posteriormente realizando o teste de Tukey a 5% de significância utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a aplicação de extrato bruto das três espécies de crotalária (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca*) em diferentes concentrações, ocorreu menor germinação de sementes de *Lactuca sativa* no tratamento com *Crotalaria juncea* (Tabela 1). Pode-se observar que as sementes de *Lactuca sativa* tratadas com extrato bruto de *Crotalaria juncea* na concentração de 1 g/L tiveram menor germinação em relação às outras duas espécies de crotalária. Com concentrações menores e igual a 0,8 g/L não houve diferença entre os tratamentos.

Tabela 1. Germinação de *Lactuca sativa* em concentrações crescentes de extrato bruto de *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca*.)

	Concentrações (g/L)				
	0	0,2 g/L	0,4 g/L	0,8g/L	1 g/L
<i>Crotalaria spectabilis</i>	99 aA	100 aA	98 aA	100 aA	99 aA
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	99 aA	97 aA	100 aA	95 aA	97 abA
<i>Crotalaria juncea</i>	99 aA	100 aA	100 aA	100 aA	91 bB
CV (%)	3,99				

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não difere estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV%: Coeficiente de Variação.

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Os resultados desse trabalho corroboram com os resultados de Teixeira et al. (2004), que estudou o potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de picão preto e verificou que o extrato aquoso de *Crotalaria juncea* em concentração de 0,12 g L⁻¹, resultou na menor geminação da *Lactuca sativa* e *Bidens pilosa*, verificando que a mesma influencia negativamente na germinação das duas espécies.

Como outras pesquisas já realizadas sobre crotalária (Adler e Chase, 2007; Skinner et al., 2012; Bundit, Ostlie e Prom-U-Thai, 2021) avaliando os efeitos alelopáticos na germinação de outras plantas, também verificaram que resíduos secos moídos de crotalária e extrato aquoso influenciam negativamente na germinação e crescimento de diversas plantas daninhas e culturas de cobertura. A capacidade da crotalária de produzir substâncias que interferem no crescimento de outras plantas, pode ser uma ferramenta útil para o manejo de plantas daninhas em sistemas de

produção sustentáveis. O fato da *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* não terem influenciado na germinação da *Lactuca sativa* pode estar relacionado à concentração do extrato que foi utilizado.

Após identificar a espécie de crotalária com maior efeito alelopático negativo na germinação de *Lactuca sativa* na concentração máxima de 1g L⁻¹, realizou-se um novo teste utilizando as frações orgânicas de extrato da *Crotalaria juncea* (Tabela 2). Foi possível observar que a porcentagem de germinação da *Lactuca sativa* foi menor no extrato da fração hexânica na concentração de 1 g L⁻¹, em relação às outras concentrações inferiores, com a menor germinação dentre as outras concentrações, reduzindo aproximadamente 30% da germinação em relação testemunha. A partir da concentração de 0,4 g L⁻¹ da fração hexânica ocorreu uma menor germinação *Lactuca sativa*.

Tabela 2. Germinação de *Lactuca sativa* em concentrações de extrato etanólico (EB-Co), extrato fração acetato de etila (AcOEt-Co) e extrato fração hexânica (Hex-Co).

Concentração	EB-Co	AcOEt-Co	Hex-Co
0	98 a	99 a	98 a
0,2	97 a	98 a	97 a
0,4	94 a	97 a	85 b
0,8	92 a	89 a	83 b
1	88 a	87 a	70 c
CV (%)		11,50	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna não difere estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV%: Coeficiente de Variação.

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Para as frações orgânicas de extrato etanólico (EB-Co) e extrato fração acetato de etila (AcOEt-Co) até a concentração de 1 g/L não foi detectado diferença significativa na germinação *Lactuca sativa*.

Foi selecionado o extrato da fração hexânica da *Crotalaria juncea* por se mostrar com maior efeito alelopático em concentrações menores, ocasionando a menor germinação de *Lactuca sativa*. Foram realizados testes com a fração hexânica em concentrações maiores para verificar efeitos na germinação e no IVG da *Lactuca sativa* (Tabela 3).

Tabela 3. Germinação e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de *Lactuca sativa* em concentrações crescentes da fração hexânica da *Crotalaria juncea*.

Concentração	Germinação	IVG
0	99 a	9,36 a
0,5	80,5 b	4,46 b
1	65 b	3,78 b
2	20 c	2,63 b
CV (%)	8,02	4,09

Médias seguidas da mesma letra, na coluna não difere estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV%: Coeficiente de Variação.

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Com o aumento da concentração da fração hexânica pode-se observar que a germinação da *Lactuca sativa* foi significativamente afetada. No tratamento com a menor concentração de 0,5 g/L apresentou taxa de germinação 19,5% menor em relação ao tratamento testemunha, e conforme as concentrações aumentaram foi possível observar menor germinação podendo dar ênfase na concentração de 2 g/L que apresentou apenas 20% de germinação das sementes de *Lactuca sativa*.

O IVG também foi significativamente afetado em todas as concentrações da fração hexânica do extrato de *Crotalaria juncea*, no entanto, é possível destacar que não foram identificadas diferenças entre as concentrações. Segundo Lisboa e Didonet (2009) o efeito alelopático do extrato aquoso de *Crotalaria juncea* na concentração de 1 g L⁻¹ foi possível observar a inibição da germinação e influência no crescimento e oxidação dos tecidos da radícula de *Bidens pilosa*, *Lactuca sativa* e *Ipomea coccinea*.

Após realização de testes preliminares com *Lactuca sativa*, confirmando o efeito alelopático da *Crotalaria juncea* com destaque para a fração hexânica, afetando a germinação e o IVG da espécie teste, realizou-se os experimentos para testar a germinação e vigor da espécie de *Eleusine indica* e *Amaranthus hybridus*.

A germinação e o IVG da *Eleusine indica* (Tabela 4), apresentaram resultados semelhantes. É possível observar que a fração hexânica da *Crotalaria juncea* a partir da concentração de 0,5 g L⁻¹ influenciou de forma negativa na germinação e no IVG das sementes de *Eleusine indica* não diferindo da concentração de 1 e 2 g L⁻¹.

Tabela 4. Germinação e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) do *Eleusine indica* em concentrações crescentes da fração hexânica da *Crotalaria juncea*.

Concentração	Germinação	IVG
0	79 a	4,63 a
0,5	48 b	2,64 b
1	41 b	2,35 b
2	37,5 b	1,88 b
CV (%)	13,88	12,77

Médias seguidas da mesma letra, na coluna não difere estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV%: Coeficiente de Variação.

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Para as variáveis de crescimento de parte aérea e radícula de *Eleusine indica* (Tabela 5) é possível observar que não houve diferença entre as diferentes concentrações do extrato da fração hexânica. A ausência de efeito negativo da fração hexânica da *Crotalaria juncea* sobre o crescimento de *Eleusine indica* pode ser pela necessidade de utilizar maiores concentrações do extrato, a concentração de 2 g L⁻¹ afetou a germinação e vigor, mas pode não ter sido suficiente para interferir no crescimento de *Eleusine indica*. Outra hipótese é que as plântulas de *Eleusine indica* conseguiram degradar ou assimilar a fração hexânica da *Crotalaria juncea* durante o processo de crescimento da plântula. Os aleloquímicos apresentam diferentes mecanismos de ação, uma vez dentro dos pelos radiculares, os aleloquímicos precisam atingir o sistema vascular para que possam ser transportados até o local de ação (COBB; READE, 2010) com o desenvolvimento da radícula esse transporte pode ser dificultado.

Tabela 5. Crescimento da parte área e radícula de plântulas de *Eleusine indica* em concentrações crescentes da fração hexânica da *Crotalaria juncea*.

Concentração	Crescimento Radícula	Crescimento Parte Aérea
0	10,35 a	11,45 a
0,5	10,40 a	10,83 a
1	9,45 a	11,22 a
2	9,73 a	11,77 a

CV (%)

8,57

6,06

Médias seguidas da mesma letra, na coluna não difere estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV%: Coeficiente de Variação.

Fonte: Autoria Própria, 2023.

No planejamento de execução dos experimentos, os testes de germinação e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes de *Amaranthus hybridus* eram previstos. No entanto, não foram obtidos resultados confiáveis para os referidos testes para *Amaranthus hybridus*. No entanto, esse contratempo não invalidou a obtenção de resultados para outras variáveis como o crescimento de parte aérea e radícula de *Amaranthus hybridus* (Tabela 6).

Tabela 6. Crescimento da parte aérea e radícula de plântulas de *Amaranthus hybridus* em concentrações crescentes da fração hexânica da *Crotalaria juncea*.

Concentração	Crescimento Radícula	Crescimento Parte Aérea
0	9,6 ab	8,15 a
0,5	13,75 a	7,7 a
1	8,6 ab	6,15 b
2	4,8 b	5,90 b
CV (%)	23,55	9,63

Médias seguidas da mesma letra, na coluna não difere estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV%: Coeficiente de Variação.

Fonte: Autoria Própria, 2023.

A concentração de 0,5 g L⁻¹ da fração hexânica da *Crotalaria juncea* estimulou o crescimento da radícula das plântulas de *Amaranthus hybridus*, com um aumento de aproximadamente 43% em relação ao tratamento controle, porém com o aumento da concentração o crescimento da radícula foi menor em relação à testemunha (Tabela 6). Em geral, as raízes são mais sensíveis às substâncias presentes nos extratos quando comparadas com as demais estruturas das plântulas (Chon et al. 2000).

Os resultados desse estudo são semelhantes aos encontrados por Miotto et al. (2006), que em estudo de extratos purificados na germinação de plantas daninhas verificou que os extratos da *Crotalaria juncea* (extrato bruto, hexânico, clorofórmica e acetato de etila) estimulam a germinação de *Amaranthus sp.* A justificativa para o fenômeno pode se basear que em concentrações baixas as substâncias presentes na

Crotalaria juncea, podem estimular o crescimento e desenvolvimento, enquanto concentrações altas apresentam efeitos fitotóxicos.

Nas concentrações de 1 g L⁻¹ e 2 g L⁻¹ da fração hexânica as plântulas de *Amaranthus hybridus* tiveram menor crescimento da parte aérea (Tabela 6), com diferenças de aproximadamente 27% e 24%, respectivamente, em relação ao tratamento controle. A *Crotalaria juncea* é conhecida por suas propriedades alelopáticas que podem reduzir e suprimir a germinação e crescimento de plantas daninhas, vários trabalhos científicos têm explorado os efeitos dessas propriedades em diversas plantas, porém, quando falamos de fração hexânica da crotalária observa-se uma lacuna pouco explorada.

O estudo dos componentes da fração hexânica é promissor para compreender os efeitos alelopáticos da *Crotalaria juncea*, inclusive para o estudo de bioherbicidas ou para viabilizar a utilização de produtos naturais como modelos para a síntese de novos herbicidas. Além disso, a alelopatia está ganhando ampla popularidade como uma estratégia sustentável de manejo de plantas daninhas para combater o desafio da contaminação ambiental e da resistência de plantas daninhas a herbicidas (JABRAN et al., 2015), mas ainda se faz necessário a realização mais estudos específicos sobre seus efeitos dos compostos alelopático da crotalária em diferentes espécies de plantas daninhas e culturas agrícolas.

6 CONCLUSÕES

A *Crotalaria juncea* apresenta maior efeito alelopático em *Lactuca sativa* em relação às outras espécies de crotalária.

A fração hexânica da *Crotalaria juncea* foi a fração orgânica com maior efeito alelopático em *Lactuca sativa*.

A fração hexânica de *Crotalaria juncea* teve efeitos negativos na germinação e IVG de *Eleusine indica* e no crescimento de parte aérea e crescimento da radícula de *Amaranthus hybridus*.

O crescimento de parte aérea e crescimento da radícula de *Eleusine indica* não foi influenciado pelo extrato da fração hexânica de *Crotalaria juncea*.

REFERÊNCIAS

- ADLER, M. J.; CHASE, C. A. Comparison of the allelopathic potential of leguminous summer cover crops: Cowpea, sunn hemp, and velvetbean. **HortScience**, v. 42, n. 2, p. 289-293, 2007.
- ALBRECHT, A. J. P. et al. Interferência de densidades populacionais de buva na produtividade de soja. In **XXXI Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas: desafios e sustentabilidade no manejo de plantas daninhas**. 2018.
- ALVES, M. D. C. S. et al. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, p. 1083-1086, 2004.
- ARAÚJO, É. de O.; ESPIRITO SANTO, C. L.; SANTANA, C. N. Potencial alelopático de extratos vegetais de *Crotalaria juncea* sobre a germinação de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 109-115, 2010.
- ARAÚJO, L. S. **Resistência múltipla de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos inibidores da ACCase e EPSPS no Brasil**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.
- ARRUDA, A. G. M.; SILVA, V. N.; ALVES, P. R. L. Alelopatia de milho e crotalaria na germinação de sementes de alface: Allelopathy of millet and crotalaria in lettuce seed germination. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 8-8, 2022.
- AZARIAS, E. C. P. et al. Uso dos modelos von Bertalanffy e Logístico na descrição do acúmulo de massa seca das plantas daninhas *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus hybridus*. **Revista Foco**, v. 16, n. 7, p. e2342-e2342, 2023.
- BIANCHINI, A. **Efeito alelopático de plantas de cobertura na inibição de plantas daninhas ocorrentes em soja**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária**. Brasília,DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- BUNDIT, A.; OSTLIE, M.; PROM-U-THAI, C. Sunn hemp (*Crotalaria juncea*) weed suppression and allelopathy at different timings. **Biocontrol Science and Technology**, v. 31, n. 7, p. 694-704, 2021.
- CARVALHO, S. J. P. et al. Detecção de Caruru-Palmeri (*Amaranthus palmeri*) Resistente ao Herbicida Glyphosate em Áreas Agrícolas do Mato Grosso, Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, p. 579-586, 2015.

CARVALHO, S. J. P. et al. Suscetibilidade diferencial de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* aos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl. **Planta daninha**, v. 24, p. 541-548, 2006.

CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v. 66, p. 527-533, 2007.

CAVA, M. G. B. et al. Adubos verdes para a renovação de canaviais do sudoeste goiano. In: **Congresso Internacional de Tecnologia na Cadeia Produtiva da Cana**. Uberaba, 2008.

CHON, S.U.; COUTTS, J.H.; NELSON, C. J. Effects of light, growth media, and seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity. **Agronomy Journal**, v.92, p.715-720, 2000.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n.3 p. 507-515, 2003.

COBB, A. H.; READE, J. P. H. **Herbicides and Plant Physiology**. 2nd. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2010.

DURIGAN, J. C.; ALMEIDA, F. L. S. **Noções sobre alelopatia**. Jaboticabal: Funep, p. 28, 1993.

EINHELLIG, F. A. et al. Mecanismos e modos de ação dos aleloquímicos. **A ciência da alelopatia**, p. 171-188, 1986.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista brasileira de fisiologia vegetal**, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000.

FERREIRA, D. F. **Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos**. Sisvar versão, v. 4, 2010.

FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S. **Manejo integrado de plantas invasoras na agricultura orgânica**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003.

GLIESSMAN, S. R. (Ed.). **Sustentabilidade do agroecossistema: desenvolvendo estratégias práticas**. Imprensa CRC, 2000.

HEAP, I. **International survey of herbicide-resistant weeds: Herbicide Resistant Goosegrass Globally (*Eleusine indica*)**. 2022a. Disponível em: <https://www.weedscience.org/Pages/Species.aspx> Acessado em: 20 de novembro de 2023.

HEAP, I. **Top 15 weed species resistant to the most number of sites of action.**

2022b. Disponível em:

<https://www.weedscience.org/Pages/Graphs/SpeciesBySOAccount.aspx> Acessado em: 20 de novembro de 2023.

HOLM, L. G. et al. **The world's worst weeds.** University Press. 1977.

JABRAN, K. et al. Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop Protect.** v. 72, p. 57–65, 2015.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas.** São Paulo: Basf Brasileira, 1991.

KOUDAHE, K.; ALLEN, S. C.; DJAMAN, K. Critical review of the impact of cover crops on soil properties. **International Soil and Water Conservation Research**, 10: 343-354, 2022.

LAMEGO, F. P. et al. Caruru resistente. **Revista Cultivar**, n. 267, p. 14-17, 2021.

Líder mundial, Brasil pode ganhar mais agrotóxicos na comida. **Revista Galileu Online**, Porto Alegre, 08 mai. 2018. Disponível em:

<<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2018/05/lider-mundial-brasil-pode-ganhar-mais-agrotoxicos-na-comida.html>>. Acesso em: 11 nov 2021.

LIMA FILHO, O. F. et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil.** Brasília, DF; Embrapa, 2023.

LISBOA, O. A. de S.; DIDONET, A. D. Efeito alelopático de *Crotalaria juncea* e *Brachiaria decumbens* na germinação e emergência de algumas espécies de plantas daninhas. In: **XII Congresso Brasileiro de Fisiologia vegetal**, Fortaleza, CE. 2009.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor 1. **Crop science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MENDES, R. R. et al. Sulfonylurea resistance in *Amaranthus hybridus* from southern Brazil. **Revista Ceres**, v. 69, p. 374-378, 2022.

MEYER, J. M. et al. Metabolismo secundário. **Botânica no Inverno**, p. 34-40, 2013.

MIOTTO, A. et al. Efeito de extratos semipurificados de *Crotalaria juncea* e *Mucuna aterrima* sobre a germinação de *Ipomoea* sp. e *Amaranthus* sp. **XXV Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas.** Brasília, DF. p. 13, 2006.

MORAES, P. D. et al. Efeito alelopático de plantas de cobertura, na superfície ou incorporadas ao solo, no controle de picão-preto. **Revista da FZVA**, v. 17, p. 51-67, 2010.

MORAES, S. R. G. et al. Influência de leguminosas no controle de fitonematóides no cultivo orgânico de alface americana e de repolho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 188-191, 2006.

MOREIRA, H. J. da C.; BRAGANÇA, H. B. N. Manual de identificação de plantas infestantes: Hortifrúti. **FMC Agricultural Products**. Campinas – SP, 2011.

NUNES, A. L.; TREZZI, M. M.; DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, v. 69, p. 299-304, 2010.

NUNES, J. J. **Resposta de biótipos de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos herbicidas glifosato, cletodim e haloxifop-p-metílico**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Resistência de plantas daninhas**. In: Biologia e manejo de plantas daninhas. Curitiba, Brasil: Omnipax, 2011.

OLIVEIRA, C. et al. Efeito alopático do extrato aquosos de crotalária na germinação de sementes de alface crespa. **Anais da Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)-e-ISSN 2316-7165**, v. 1, n. 15, 2022.

PENCKOWSKI, L. H.; MASCHIETTO, E. Suspeita de *Amaranthus hybridus* resistente ao herbicida glyphosate. **Revista FABC**, p. 20–21, 2019.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2. ed. Oklahoma: Academic Press Inc, 1984. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=uqch7AOXMCUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=allelopathy&ots=BX6tDImDRE&sig=LRwY6Qw9svkJKLufE59QtwWe77s#v=onepage&q=allelopathy&f=false>> Acesso em: 19 nov. 2021.

ROCHA CRUZ, A. C. et al. Avaliação do efeito alelopático de diferentes dosagens de extratos vegetais de *Crotalaria Juncea*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 40869-40881, 2021.

SAMPIETRO, D. A. **Alelopatia: Conceito, características, metodologia de estudo e importância**. Universidade Nacional do Nordeste, Corrientes, 2001.

SANTOS, M. S. Caruru (*Amaranthus hybridus*) características e complexidade de manejo. **Mais Soja**, 2020. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/caruru-amaranthus-hybridus-caracteristicas-e-complexidade-de-manejo-2/>>. Acesso em 20.11.2023.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com adubos verdes. **Bragantia**, v. 60, p. 201-204, 2001.

SILVA, A. F. et al. **Monitoramento de plantas daninhas resistentes a glifosato no Brasil**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2021.

SKINNER, E. M. et al. Efeitos alelopáticos da crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) na germinação de vegetais e ervas daninhas. **HortScience**, v. 1, p. 138-142, 2012.

SOUZA FILHO, A. P. da S.; ALVES, S. de M. Mecanismo de liberação e comportamento de aleloquímicos no ambiente. In: **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. p. 109-132.

SOUZA, S. A. M. **Biotestes na avaliação da fitotoxicidade de extratos aquosos de plantas medicinais nativas do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal de Pelotas, RS: UFPel, 2005.

SZCZEPAŃSKI, A. J. Allelopathy as a means of biological control of water weeds. **Aquatic Botany**, v. 3, p. 193-197, 1977.

TAKANO, H. K. **Capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) resistente ao glyphosate no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. 2017.

TEIXEIRA, C. M.; ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 691-695, 2004.

THOMAZINI, G. et al. Mapeamento de plantas daninhas resistentes a herbicidas no Paraguai. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Fitossanidade**. 2019.

TOKURA, L. K.; NÓBREGA, L. H. P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 379-384, 2006.

VILELLA, A. L. G. **Alelopatia de espécies de *Urochloa* spp. a plantas daninhas e portaenxertos de citros**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2018.

WITTER, A. P. W. et al. Resistance of *Amaranthus hybrids* population to imazethapyr. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 1-14, 2023.

ZATTI, G. K.; 14690, Participante. Caracterização físico-química dos solos da estação experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Santa Helena. In: **Anais do XII Seminário de Extensão e Inovação & XXVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR**. Anais. Santa Helena (PR) UTFPR Santa Helena, 2022.