

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

CAMPUS AVARÉ

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS

JOÃO PEDRO FERNANDES SOUZA SILVA

PROSPECÇÃO DE BIOHERBICIDAS PARA O CONTROLE DE CORDA-DE-VIOLA (*Ipomoea spp.*) EM PÓS-EMERGÊNCIA PARA O CULTIVO DE MILHO ORGÂNICO (*Zea mays*)

**AVARÉ
2023**

JOÃO PEDRO FERNANDES SOUZA SILVA

PROSPECÇÃO DE BIOHERBICIDAS PARA O CONTROLE DE CORDA-DE-VIOLA (*Ipomoea spp.*) EM PÓS-EMERGÊNCIA PARA O CULTIVO DE MILHO ORGÂNICO (*Zea mays*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus Avaré*, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Orientadora: Profa. Dra. Jamille Santos Vitorello

Co-Orientador: Me. Luciano Delmondes de Alencar

AVARÉ

2023

JOÃO PEDRO FERNANDES SOUZA SILVA

PROSPECÇÃO DE BIOHERBICIDAS PARA O CONTROLE DE CORDA-DE-VIOLA (*Ipomoea spp.*) EM PÓS-EMERGÊNCIA NO CULTIVO DE MILHO ORGÂNICO (*Zea mays*)

COMISSÃO EXAMINADORA

Dra. Profa. Jamille Santos Vitorello

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Dra. Profa. Maria Cristina Marques

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Esp. Jaime Rodrigues Caetano Júnior

CATI - Núcleo de Produção de Sementes e Mudas

Avaré, 28 de novembro de 2023.

FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo na fonte
Instituto Federal de São Paulo – Campus Avaré

SILVA, João Pedro Fernandes Souza
Prospecção de Bioherbicidas Para o Controle de Corda-de-Viola (*Ipomoea* spp.)
Em Pós-Emergência no Cultivo de Milho Orgânico (*Zea mays*)/ João Pedro Fernandes
Souza Silva – Avaré

61 p.

Orientador: Dra. Jamille Santos Vitorello

Monografia (Graduação – Engenharia de Biosistemas) – Instituto Federal
Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré, Avaré, 2023.

Dedico este trabalho à minha família

e aos meus professores.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar aos meus pais, Ana Paula e Everaldo, por terem proporcionado todas as condições necessárias ao longo da minha vida, permitindo que eu alcançasse uma faculdade e concluísse com êxito a graduação.

Ao meu irmão e aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram durante todo o período em que me dediquei ao curso de Engenharia de Biosistemas.

Aos meus professores e à instituição, por toda excelência prestada.

Aos meus colegas de república, Gleidson, Jonathan e Marcos, por toda paciência, confiança, companheirismo, e respeito ao longo desses anos.

Aos meus colegas de classe, Cassiano e Luana por todo esse período de convivência, apoio mútuo, e amizade.

À Raiar Orgânicos pela oportunidade, incentivo e contemplação de uma bolsa para a elaboração e execução deste trabalho.

E, em especial, quero expressar minha profunda gratidão à minha orientadora, Jamille Santos, ao coorientador Luciano Delmondes e a minha parceira de pesquisa, Huany Ribeiro, por todas as oportunidades, orientação e assistência neste Trabalho de Conclusão de Curso.

“Um passo à frente e você não está no mesmo lugar”

Nação Zumbi

RESUMO

Um dos principais desafios no cultivo de milho orgânico é o controle da planta daninha corda-de-viola (*Ipomoea spp.*) Para preencher essa lacuna, que é a escassez de trabalhos abordando a eficiência de bioherbicidas para essa planta daninha, este estudo avaliou a eficiência de produtos com potenciais bioherbicidas, com foco no controle pós-emergente da corda-de-viola para o cultivo de milho orgânico. O primeiro experimento incluiu 13 tratamentos com diferentes substâncias, enquanto o segundo concentrou-se nas substâncias mais eficientes identificadas no primeiro experimento em doses diferentes. Para isso, plantas de corda-de-viola foram cultivadas na casa de vegetação do IFSP–Campus Avaré e, posteriormente, foram submetidas à aplicação das substâncias por meio do uso de borrifadores, garantindo a homogeneidade na distribuição da solução do bioherbicida sobre todas as folhas. Os efeitos das substâncias com potenciais bioherbicidas foram avaliados em comparação com o controle, representado pela aplicação de água. As plantas foram avaliadas seguindo os critérios da Sociedade Brasileira de Ciência de Plantas Daninhas (SBCPD). No experimento 1, observou-se que três tratamentos apresentaram resultados positivos na inibição do desenvolvimento da corda-de-viola. No experimento 2 essas substâncias foram avaliadas em três concentrações diferentes para uma análise subsequente dos custos de produção da calda. Entre elas, o tratamento à base de Ethrel® na dose de 4g/L demonstrou maior eficiência na inibição do desenvolvimento das plantas de corda-de-viola, com melhor custo-benefício para sua aplicação. Esses resultados têm implicações significativas no desenvolvimento de estratégias sustentáveis de controle de plantas daninhas, considerando tanto a eficiência das substâncias testadas quanto seus impactos econômicos. Em suma, esse trabalho contribui para a promoção da agricultura orgânica e sustentável, abordando questões ambientais e de saúde pública relacionadas ao uso de herbicidas na agricultura.

Palavras-chave: bioherbicidas; orgânicos; *ethephon*.

ABSTRACT

One of the main challenges in cultivating organic corn is the control of the weed called "morning glory," which drastically reduces productivity and causes serious issues during harvesting. To fill this gap, which is the scarcity of studies addressing the efficiency of bioherbicides for this weed, this study evaluates the efficiency of products with potential bioherbicides, focusing on post-emergence control of morning glory for cultivation organic corn. The first experiment included 13 treatments with different substances, while the second one focused on the most effective substances identified in the first experiment in different doses. To do this, morning glory plants were grown in the greenhouse at the IFSP– Campus Avaré and subsequently subjected to the application of substances using sprayers, aiming to ensuring uniform distribution of the bioherbicide solution on all leaves. The effects of substances with potential bioherbicidal were evaluated compared to the control, represented by application of water. The plants were evaluated according to SBPCD criteria. In experiment 1, it was observed that three treatments showed positive results in inhibiting the development of morning glory. In experiment 2, these substances were evaluated at three different concentrations for a subsequent cost analysis of application. Among them, the treatment based on Ethrel® at a dose of 4g/L demonstrated greater effectiveness in inhibiting the development of morning glory plants, offering a better cost-benefit ratio for its application. These results have significant implications for the development of sustainable weed control strategies, considering both the efficacy of the tested substances and their economic impacts. Ultimately, this work contributes to promoting organic and sustainable agriculture, addressing environmental and public health issues related to herbicide use in farming.

Keywords: bioherbicides; organics; *ethephon*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Lavagem das sementes de corda-de-viola pós-tratamento com ácido sulfúrico	20
Figura 2 – Cultivo de plantas de corda-de-viola. (A) Rega dos vasos contendo sementes de corda-de-viola; (B) Plântulas recém germinadas; (C) Plantas na casa de vegetação; (D) Separação das plantas para compor os tratamentos.....	21
Figura 3 – Preparo das substâncias a base de óleos essenciais e ácidos	23
Figura 4 – Preparo do extrato de feijão-de-porco. (A) Solução de feijão-de-porco + água destilada contendo 0,1% de KCl inserida no shaker por 24 horas; (B) Retido pós filtragem; (C) Solução congelada em processo de liofilização; (D) Extrato de feijão-de-porco.....	24
Figura 5 – Aplicação das substâncias por meio de borrifadores.....	25
Figura 6 – Efeitos visuais do Etephon em <i>Ipomoea cairica</i> no experimento conduzido por Sun <i>et al.</i> (2015).....	40
Figura 7 – Plantas de corda-de-viola 7 DAA (7 dias após primeira aplicação) das substâncias.....	41
Figura 8 – Plantas de corda-de-viola 20 DAA (20 dias após primeira aplicação) das substâncias. (1) Ácido Acético 20%; (2) Ácido Cítrico 10%; (3) Ácido Pelargônico 10%; (4) Ethrel 8g/L; (5) Feijão de porco 25g/L; (6) Óleo de capim-limão 5%; (7) Óleo de cravo 5%; (8) Óleo de eucalipto 5%; (9) Vinagre de álcool comercial; (10) Ácido Acético+2% de cada óleo; (11) Ácido Cítrico + 2% de cada óleo; (12) Feijão de Porco + 2% de cada óleo.....	42
Figura 9 – Classificação de dano médio sofrido pelas plântulas de corda-de-viola (tratamentos com menor eficiência)	43
Figura 10 – Classificação de dano médio sofrido pelas plântulas de corda-de-viola (tratamentos maior eficiência)	45

Figura 11 – Corda-de-viola submetida ao tratamento utilizando ácido pelargônico a 10% poucas horas após a aplicação da substância.	47
Figura 12 –Plantas de corda-de-viola 7 DAA (7 dias após primeira aplicação) das substâncias . (1) Controle, (2) ácido acético 20%, (3) ácido acético 10%, (4) ácido acético 5%, (5) ácido pelargônico 20%, (6) ácido pelargônico 10%, (7) ácido pelargônico 5%, (8) Ethrel 8g/L, (9) Ethrel 6g/L, (10) Ethrel 4g/L.....	48
Figura 13 –Plantas de corda-de-viola 28 DAA (28 dias após primeira aplicação) das substâncias. (1) Controle, (2) ácido acético 20%, (3) ácido acético 10%, (4) ácido acético 5%, (5) ácido pelargônico 20%, (6) ácido pelargônico 10%, (7) ácido pelargônico 5%, (8) Ethrel 8g/L, (9) Ethrel 6g/L, (10) Ethrel 4g/L.....	49
Figura 14– Classificação de dano médio sofrido pelas plantas de corda-de-viola no experimento de dose dependente.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAA	Dias após aplicação
g/L	Gramas por litro
g.L ⁻¹	Gramas por Litro
ISO	<i>International Standard Organization</i>
L.ha ⁻¹	Litro por hectare
SBCPD	Sociedade Brasileira de Ciência de Plantas Daninhas
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das notas e sintomas relacionados aplicados às avaliações de toxicidade SBCPD nos experimentos.....26

Tabela 2 – Custos para preparo da calda das substâncias que obtiveram sucesso para o controle da corda-de-viola.....52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo Geral	18
1.1.2 Objetivos Específicos	18
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
2.1 EXPERIMENTO 1.....	19
2.1.1 Preparo das sementes e cultivo das plantas.....	19
2.1.2 Preparo das substâncias com potencial bioherbicida.....	22
2.1.3 Aplicação das substâncias e observação dos resultados.....	24
2.1.4 Classificação de danos e análise dos dados	25
2.2 EXPERIMENTO 2	26
2.2.1 Preparo das sementes e cultivo das plantas.....	26
2.2.2 Preparo das substâncias com potencial bioherbicida.....	26
2.2.3 Aplicação das substâncias e observação dos resultados.....	27
2.2.4 Classificação de danos e análise dos dados.....	27
2.3 AVALIAÇÃO DO CUSTO-BENEFÍCIO DO PREPARO DAS CALDAS.....	27

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
3.1 CORDA-DE-VIOLA E MILHO	28
3.2 CONTROLE MECÂNICO DE PLANTAS DANINHAS	30
3.3 SOLARIZAÇÃO E USO DO FOGO.....	31
3.4 MULCHING.....	32
3.5 BIOHERBICIDAS.....	34
3.5.1 Ácidos.....	35
3.5.2 Óleos essenciais.....	36
3.5.3 Extrato de sementes de feijão-de-porco.....	38
3.5.4 Ethephon (Ethrel®)	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 EXPERIMENTO 1.....	41
4.2 EXPERIMENTO 2	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos saudáveis e a necessidade de produzir de forma mais sustentável têm impulsionado a agricultura orgânica, que busca produzir alimentos sem o uso de agroquímicos e promover o equilíbrio ambiental (Penteado, 2001). Nesse contexto, o cultivo de milho é de grande importância devido à sua relevância e baixo custo para alimentação humana e animal, além de ser matéria-prima para elementos espessantes e colantes e na produção de óleo (Menegaldo, 2011).

No cultivo de milho, um dos principais fatores que explicam a baixa produtividade é o controle inadequado de plantas daninhas, o que pode levar a perdas significativas de rendimento (Fontes; Gonçalves, 2006). Dentre as plantas daninhas, destacam-se as cordas-de-viola (*Ipomoea* spp.), que competem por recursos e geram prejuízos durante a operação de colheita (Barreto, 2019).

A forma mais utilizada de controle dessa planta daninha é o controle químico com o uso de herbicidas na agricultura convencional. Porém, o uso de agroquímicos na agricultura convencional tem causado preocupações quanto à contaminação de solos, águas subterrâneas e à saúde humana (Steffen; Steffen; Antonioli, 2011). Esse mesmo desafio se torna ainda maior na agricultura orgânica, visto que nesse cultivo não é permitido o uso desses herbicidas, reduzindo ainda mais as formas de controle. Assim, é essencial encontrar soluções eficientes para o controle dessas plantas daninhas no cultivo orgânico de milho, a fim de garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental.

Essa planta daninha é mais problemática do que outras pelo seu hábito de crescimento do tipo rasteiro e trepador utilizando o milho como suporte para seu crescimento, possui elevada produção de biomassa formando grandes ramas em volta das plantas de milho. Além disso, as sementes de corda-de-viola possuem dormência física, o que permite que permaneçam no solo por longos períodos, dificultando ainda mais o seu controle (Azania *et al.*, 2009). Diante desse cenário, é necessário buscar soluções eficientes para o controle dessas plantas daninhas no cultivo orgânico de

milho, a fim de garantir a produtividade e a sustentabilidade do sistema de produção orgânico de milho.

O manejo da corda-de-viola em pós-emergência é desafiador devido à ineficiência dos bioherbicidas (herbicidas naturais permitidos na agricultura orgânica). Por esse motivo, o controle geralmente é realizado por meio de métodos preventivos, culturais e mecânicos durante o preparo do solo e capina antes do fechamento das entrelinhas. É crucial, portanto, que sejam realizados estudos visando encontrar bioherbicidas eficientes no controle pós-emergente dessas plantas daninhas, a fim de erradicá-las no cultivo orgânico de milho.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de produtos com potencial bioherbicida em pós-emergência para o controle da corda-de-viola para o cultivo orgânico de milho, com o intuito de reduzir sua competição por recursos e minimizar prejuízos na operação de colheita. Mais especificamente, avaliou-se a eficiência de controle desses produtos em pós-emergência, assim como analisar custos de produção da calda desses produtos em campo. Essa análise visa contribuir para o desenvolvimento de um sistema de produção sustentável e economicamente viável para a agricultura orgânica de milho.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o controle da planta daninha corda-de-viola (*Ipomoea* spp.) por meio da aplicação exógena de produtos com potenciais bioherbicidas em situação de pós-emergência para o cultivo de milho orgânico.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Identificar substâncias com potenciais bioherbicidas capazes de controlar a corda de viola em pós-emergência.
- b) Analisar custos de produção da calda das substâncias que tiveram sucesso no controle da corda-de-viola em situação de pós-emergência
- c) Identificar doses com melhor custo-benefício.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu nas dependências do Instituto Federal de São Paulo – Campus Avaré, fazendo uso de diferentes instalações, incluindo os laboratórios de química, botânica e estufa. A abordagem adotada dividiu o projeto em dois experimentos diferentes: o primeiro consistiu na aplicação de substâncias pré-selecionadas na literatura para o controle da corda-de-viola em pós-emergência, enquanto que o segundo consistiu da utilização de doses diferentes das substâncias que obtiveram sucesso no controle da corda-de-viola no primeiro experimento visando analisar a melhor dose e os custos de produção da calda das substâncias selecionadas como mais eficientes no controle da corda-de-viola em situação de pós-emergência. Os procedimentos de avaliação da eficiência dos produtos foram baseados na metodologia da SBCPD (1995).

2.1 EXPERIMENTO 1

2.1.1 Preparo das sementes e cultivo das plantas

As sementes de corda-de-viola utilizadas nos experimentos foram colhidas de plantas adultas, saudáveis e vigorosas, cultivadas em vasos na estufa do Instituto Federal. Essas sementes apresentam um estado de dormência natural, o que torna indispensável um pré-tratamento específico para a quebra da dormência via escarificação química. Nesse procedimento, as sementes foram submersas em ácido sulfúrico concentrado e agitadas constantemente por aproximadamente 20 minutos (Pazuch *et al.*, 2015). Posteriormente, foi necessário realizar uma lavagem contínua em água corrente, a fim de eliminar completamente ácido (Figura 1). Após essas etapas, as sementes encontravam-se prontas para serem semeadas.

As plantas para realização dos experimentos foram cultivadas em vasos, com capacidade de aproximadamente 1 litro, preenchidos com terra vegetal comercial para hortaliças e foram adubados com cerca de 2g de fertilizante NPK 10:10:10. Cada vaso recebeu 4 sementes de corda-de-viola previamente tratadas com ácido sulfúrico e

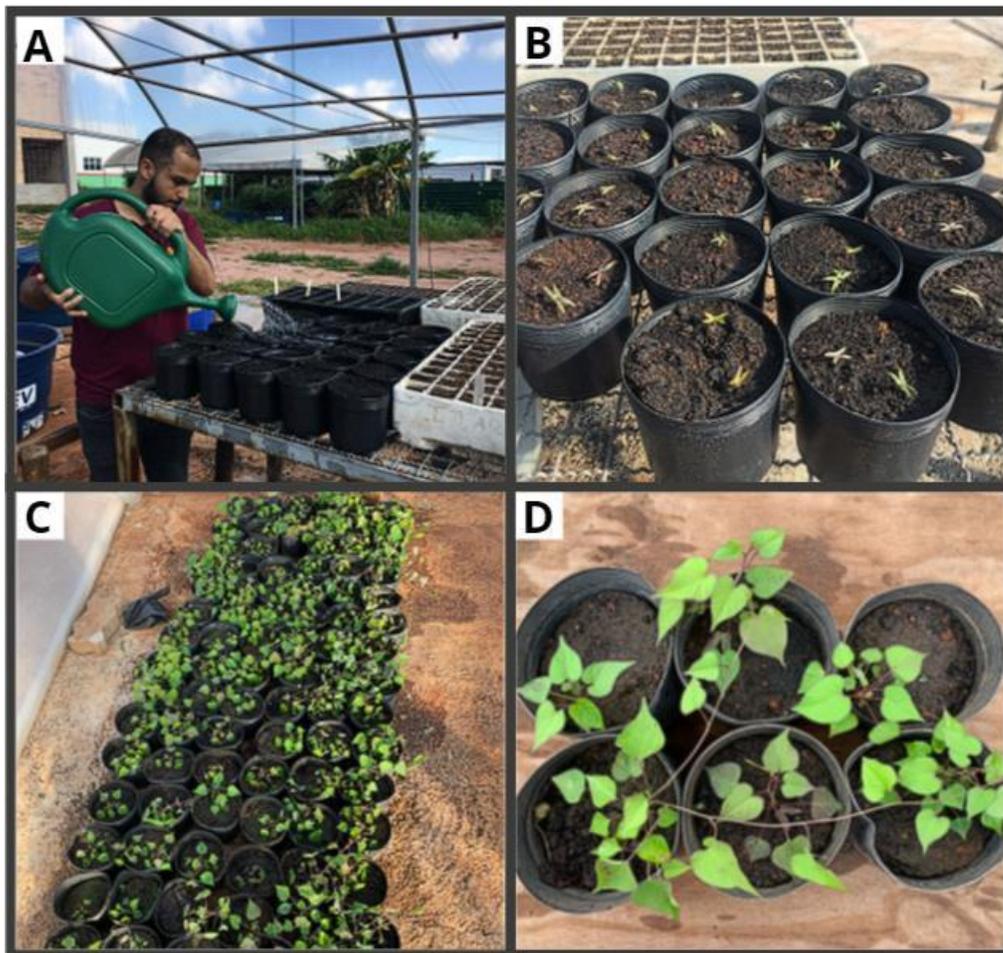
lavadas para promover a germinação. Após o desenvolvimento das plântulas, foi necessário a realização de transplantes e desbastes visando uma padronização de duas plantas por vaso no início. Todas as plantas permaneceram na casa de vegetação durante o seu desenvolvimento, com rega realizada através do sistema de aspersão para garantir a umidade necessária. Após o desenvolvimento das plantas, foi realizado mais um desbaste, assegurando que apenas uma planta de melhor qualidade fosse mantida por vaso. (Figura 2).

Figura 1 – Lavagem das sementes de corda-de-violão pós-tratamento com ácido sulfúrico.



Fonte: Acervo próprio (2023)

Figura 2 – Cultivo de plantas de corda-de-viola. (A) Rega dos vasos contendo sementes de corda-de-viola; (B) Plântulas recém germinadas; (C) Plantas na casa de vegetação; (D) Separação das plantas para compor os tratamentos



Fonte: Acervo próprio (2023)

2.1.2 Preparo das substâncias com potencial bioherbicida

As soluções utilizadas foram: Ethrel® 240 (Bayer) a 8g/L (Sun *et al.*, 2015), óleo de eucalipto (Balão das essências) a 5% (Coutinho; Gagliard; Ootani, 2015), óleo de cravo (Damata) a 5%, óleo de capim-limão (ATR Essências) a 5% (Coutinho; Gagliard; Ootani, 2015), ácido acético glacial (Êxodo científica) a 20%, (Pereira *et al.*, 2013), ácido cítrico (Synth) a 10% (Penner; Coleman; Michael, 2011), ácido pelargônico (Merck) a 20% (Webber, Shrefler, 2015), extrato de sementes de feijão de porco (BRSeeds) a 25 g/L (Mendes; Rezende, 2014), vinagre de álcool comercial (Fortaleza), além das combinações de ácido acético, ácido cítrico e extrato de feijão de porco com óleo de eucalipto a 2%, cravo a 2% e capim-limão a 2% (Figura 3). O tratamento controle recebeu apenas água. As substâncias foram inicialmente adquiridas de forma concentrada, e posteriormente diluídas para atingir as concentrações desejadas.

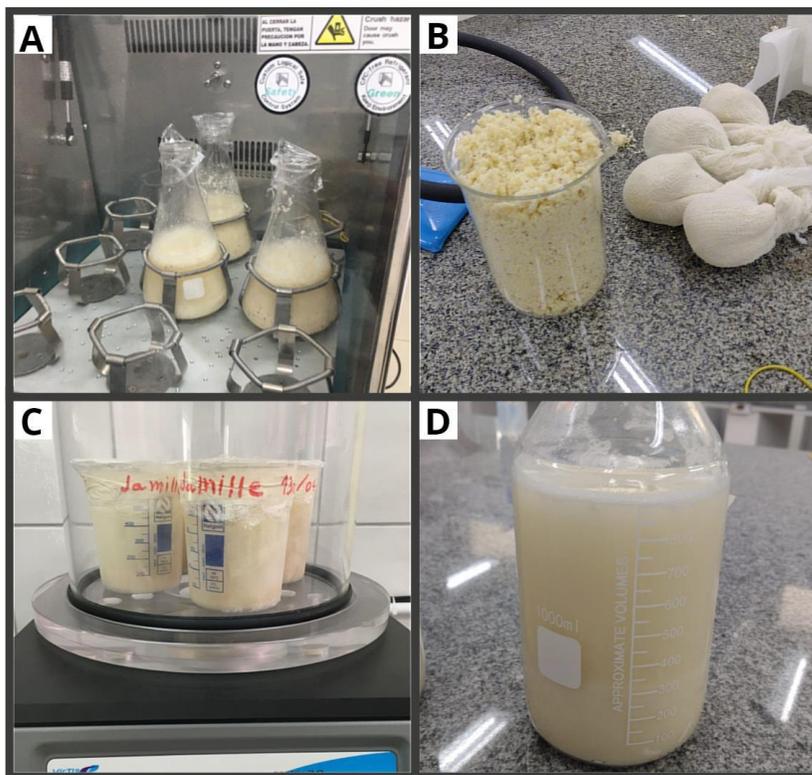
A produção do extrato de feijão-de-porco foi realizada segundo Mendes; Rezende (2014). Inicialmente foi realizada a moagem das sementes de feijão-de-porco, e o pó resultante foi peneirado para ficar homogeneizado. Em seguida, 300 g do pó foi misturado a 1 litro de água destilada contendo 0,1% de KCl. Essa solução permaneceu sob agitação por 24 horas (Figura 4A), e posteriormente foi filtrada. Foi adicionado mais 1L de água destilada ao obtido (Figura 4B). Novamente, a solução foi submetida a agitação por mais 24 horas e, em seguida, foi congelada e inserida no liofilizador para secagem (Figura 4C) até formar um pó bem fino, para posterior diluição e formação da solução a ser aplicada nos tratamentos (Figura 4D).

Figura 3 – Preparo das substâncias a base de óleos essenciais e ácidos.



Fonte: Acervo próprio (2023)

Figura 4 – Preparo do extrato de feijão-de-porco. (A) Solução de feijão-de-porco + água destilada contendo 0,1% de KCl inserida no shaker por 24 horas; (B) Obtido pós-filtragem; (C) Solução congelada em processo de liofilização; (D) Extrato de feijão-de-porco.



Fonte: Acervo próprio (2023)

2.1.3 Aplicação das substâncias e observação dos resultados

Esta primeira fase consistiu em 14 tratamentos, com 6 repetições, onde um vaso contendo uma planta de aproximadamente 120 dias de idade representou cada repetição. A aplicação das substância foi por meio de borrifadores, de modo que o padrão de aplicação fosse a de que todas as folhas ficassem com a superfície molhada com a solução contendo os bioherbicidas (Figura 5). A rega dos vasos foi realizada de forma manual apenas no colo das plantas.

Foram feitas 2 aplicações de substâncias, com intervalo de 7 dias, sendo que as

avaliações foram feitas aos 7 e 20 dias após a primeira aplicação, sendo as plantas avaliadas quanto aos efeitos apresentados pela aplicação das substâncias .

Figura 5 – Aplicação das substâncias por meio de borrifadores



Fonte: Acervo próprio, 2023

2.1.4 Classificação de danos e análise dos dados

Os efeitos das substâncias nas plantas foram classificados usando-se uma escala alfabética, sendo “A” um indicativo de que não houve dano causado pelas substâncias e “E” um indicativo de destruição total da planta (SBCPD, 1995), conforme Tabela 1. Para quantificar os efeitos foram atribuídos valores de 0,00 a 1,00 para a classificação alfabética, sendo “A” = 0; “B” = 0,25; “C” = 0,5; “D” = 0,75; “E” = 1. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente, à comparação múltipla das médias pelo teste de Tukey 5% pelo software AgroEstat (Barbosa; Maldonado Júnior, 2015).

Tabela 1 - Descrição das notas e sintomas relacionados aplicados às avaliações de toxicidade SBCPD nos experimentos

Notas SBCPD	Notas atribuídas	Sintomas
A	0	Sem injúria ou efeito sob a cultura.
B	0,25	Injúrias leves e/ou redução do crescimento com rápida recuperação.
C	0,50	Injúrias moderadas e/ou redução do crescimento com lenta recuperação ou definitivas.
D	0,75	Injúrias severas e/ou reduções de crescimento não recuperáveis e/ou reduções de estande.
E	1	Destruição completa da cultura ou somente algumas plantas vivas.

Fonte: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (1995)

2.2 EXPERIMENTO 2

2.2.1 Preparo das sementes e cultivo das plantas

O preparo das sementes e plantas no experimento 2 foi realizado utilizando a mesma metodologia descrita no experimento 1.

2.2.2 Preparo das substâncias selecionadas com potencial bioherbicida

O experimento foi composto por 10 tratamentos todos contendo 5 repetições, constituídas de um vaso com uma planta de aproximadamente 100 dias de idade. Neste caso, foram avaliadas as substâncias que mostraram algum grau de eficiência no controle da corda-de-viola evidenciados no primeiro experimento. Estas substâncias foram: Ethrel® nas concentrações de 4g/L, 6g/L e 8g/L; ácido acético nas concentrações

de 5%, 10% e 20%; ácido pelargônico nas concentrações de 5%, 10% e 20%. O tratamento controle foi regado somente com água.

2.2.3 Aplicação das substâncias e observação dos resultados

As substâncias foram aplicadas nas plantas de corda-de-viola utilizando borrifadores, uma única vez, no primeiro dia de experimento. Visando assegurar a homogeneidade da distribuição da solução do bioherbicida sobre todas as folhas, de acordo com o molhamento da superfície foliar, foram realizadas borrifadas de acordo com o tamanho da planta. Posteriormente, as plantas foram reorganizadas de forma aleatória na estufa, sendo a irrigação restrita à região basal das plantas e realizada de forma manual. O efeito das substâncias foi avaliado com 7 e 28 dias após a aplicação (7 e 28 DAA).

2.2.4 Classificação de danos e análise dos dados

Para a classificação de dano e quantificação dos dados, foi utilizada a mesma metodologia descrita no experimento 1 (Tabela 1), com observações de resultados aos 7 e 28 dias após a aplicação das substâncias.

2.3 AVALIAÇÃO DO CUSTO-BENEFÍCIO DO PREPARO DAS CALDAS

Para a avaliação do custo benefício da produção das caldas, tomamos como padrão de aplicação média de calda pronta a quantidade de 200 L.ha⁻¹. Buscamos na internet os custos do litro dos produtos concentrados e selecionamos os produtos mais baratos para suprir a demanda de 200 L.h⁻¹. E para chegarmos ao valor do custo de preparo da calda multiplicamos o preço por litro do produto concentrado pelo volume de produto concentrado necessário em cada concentração diferente para o preparo da calda. Além disso, também foi levado em conta a mão-de-obra necessária para produção, de modo que os produtos que não foram capazes de realizar o controle com uma única aplicação podem ter seu custo dobrado, já que necessitaria de duas ou mais aplicações.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CORDA-DE-VIOLA E MILHO

Na taxonomia botânica, o milho é classificado na ordem *Poales*, pertencente à família *Poaceae* (também conhecida como *Gramineae*). Este cereal é especificamente classificado sob o gênero *Zea* e possui a denominação *Zea mays L.* O caráter monoico e sua morfologia característica são o resultado da supressão, condensação e multiplicação de diversas partes da anatomia fundamental das gramíneas. O efeito ácido (Figura 1). Após essas etapas, as sementes encontravam-se prontas para serem semeadas. O efeito geral da seleção natural e da domesticação resultou em uma planta anual, forte e vertical, com altura variando entre um e quatro metros, totalmente adaptada para a produção de grãos (Magalhães; Durães; Paiva, 1995).

Originário do México, na América Central, o milho representa um dos cereais mais significativos em termos de cultivo e consumo em todo o mundo, devido ao seu valor nutricional, potencial produtivo e composição química distintiva. No cenário global, o Brasil ocupa a posição de terceiro maior produtor desse grão, sendo superado apenas pela China e Estados Unidos (USDA, 2023). Além disso, a União Europeia, a Argentina e a Índia também se destacam como grandes produtores de milho, contribuindo de forma conjunta com a produção de aproximadamente 77% do total global, que atingiu a marca de 883 milhões de toneladas no período de 2022/2023, conforme relatório do Departamento de Agricultura do Estados Unidos (USDA, 2023).

De acordo com o relatório do CONAB (2023), o volume da produção nacional de milho na safra 2022/2023 deve atingir 127,8 milhões de toneladas. Um montante que representa um crescimento de 12,9% ou 14,6 milhões de toneladas acima da safra anterior (2021/2022).

O cultivo de milho ocorre em todo o Brasil, em diversas regiões. Isso mostra o quanto o milho é importante para a sociedade e a economia do país. No entanto, a forma como as pessoas cultivam milho pode variar muito, dependendo do clima, do tipo de solo,

da infraestrutura disponível para a produção e até mesmo das condições sociais e econômicas dos agricultores e do mercado. A análise abrangente da realidade, por vezes, não consegue revelar detalhes restritos a contextos geográficos específicos; no entanto, esses detalhes podem desempenhar um papel de suma importância no que tange ao desenvolvimento da cultura. Assim sendo, a compreensão da alocação geográfica do cultivo de milho pressupõe a possibilidade de implementação de estratégias de manejo para a otimização da produção (Artuzo *et al.*, 2019).

Apesar de ser um dos grãos mais amplamente cultivados globalmente, a produção de milho continua a enfrentar desafios significativos em termos de produtividade, atribuídos a diversos fatores, dos quais o controle inadequado plantas daninhas assume grande relevância. As perdas de rendimento associadas a essa problemática podem apresentar uma ampla variação, situando-se entre 10% e 80%, dependendo da espécie de planta daninha em questão, da densidade populacional das mesmas por unidade de área e do período de competição (Vargas; Roman, 2006).

Nas áreas de cultivo de milho, as cordas-de-viola (*Ipomoea* spp.) vêm se destacando por ser uma planta daninha altamente competitiva por recursos, impactando o cultivo tanto diretamente, competindo por recursos essenciais, como gás carbônico, água, luz e nutrientes, quanto indiretamente, ao prejudicar a colheita mecânica e os cuidados culturais (Barreto, 2019).

A corda-de-viola (*Ipomoea* spp.) é uma planta herbácea trepadeira, pertencente à família *Convolvulaceae*. Se destaca como uma das plantas daninhas mais problemáticas em lavouras agrícolas no Brasil (Pagnoncelli, *et al.*, 2017).

Adicionalmente, as cordas-de-viola (*Ipomoea* spp.) desempenham um papel relevante como concorrentes pela luminosidade, exercendo influência direta na interceptação da radiação solar pela cultura. Esse fenômeno prejudica a eficiência da fotossíntese e, conseqüentemente, pode impactar negativamente a produtividade agrícola. A presença destas plantas invasoras pode resultar em sombreamento, afetando assim o crescimento e o desenvolvimento da cultura de milho, e conseqüentemente o seu potencial produtivo (Barreto, 2019).

Um desafio significativo na gestão das espécies do gênero *Ipomoea* spp. reside na presença da dormência física das sementes (espessamento do tegumento), fator que contribui para a sua persistência nos bancos de sementes (Azania, 2009). Essa característica resulta na germinação escalonada das sementes ao longo do ciclo da cultura do milho, o que, por sua vez, torna complexa as estratégias de controle dessas plantas invasoras. Além disso, por conta de suas características, as mesmas também geram prejuízos durante a operação de colheita, gerando maior fluxo de material na colhedora, tempo de colheita e maior quantidade de impurezas a milho colhido (Barreto, 2019).

3.2 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

A necessidade de reduzir as perdas causadas pela competição com plantas daninhas é um desafio importante na agricultura, especialmente em sistemas orgânicos, onde o uso de herbicidas é limitado. Na agricultura orgânica existem diversas técnicas de manejo que surgem como alternativas ao uso de agroquímicos. Entre essas opções, se destacam: o controle mecânico, o arranquio das plantas daninhas, seja de forma manual, com ou sem o auxílio de ferramentas, ou de maneira automatizada por meio de maquinaria (Vargas e Roman, 2006).

O controle térmico, que pode ser realizado através de um pré-tratamento pré-plantio onde o solo é envolto a uma camada de plástico e exposto a luz solar (solarização) (Katan *et al.*, 1976), ou através de queimadas controladas (Burin; Fuentes, 2015). Outra técnica relevante é o uso de mulching, que implica na cobertura do solo com materiais, sejam eles orgânicos ou sintéticos (Shehata *et al.*, 2019). Por fim, a aplicação de bioherbicidas, que são compostos naturais derivados de microrganismos, insetos ou extratos de plantas, merece destaque, uma vez que apresentam baixa persistência e, conseqüentemente, reduzem os riscos de contaminação do meio ambiente e de impactos na saúde humana (Soltys *et al.*, 2013).

A conscientização crescente sobre os impactos ambientais e na saúde humana causados pelo uso indiscriminado de herbicidas tem levado ao desenvolvimento de

diferentes métodos para controlar plantas daninhas. Estas abordagens incluem técnicas relacionadas métodos culturais, biológicos, mecânicos e físicos, com o intuito de reduzir ou substituir a dependência do controle químico na agricultura convencional. Isso se deve, em parte, às preocupações ambientais e de saúde humana relacionadas ao uso indiscriminado de herbicidas (Galon *et al.*, 2016). Há preocupações significativas associadas ao uso de herbicidas, como o risco de prejudicar pessoas não envolvidas na aplicação, a contaminação de plantas próximas, a persistência de resíduos nos solos e na água, a toxicidade para organismos não-alvo, preocupações relacionadas à saúde humana e à segurança, e o desenvolvimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas em populações (Lara; Garcia, 2020; Belo *et al.* 2012).

3.3 CONTROLE MECÂNICO

O controle mecânico, realizado por meio do arranquio, representa uma das práticas mais antigas empregadas pela agricultura para gerenciar plantas daninhas. Esse método se caracteriza pela utilização de dispositivos que removem as plantas invasoras por meios físicos, seja por meio de trabalho manual, com o uso de enxadas, ou por meio de maquinaria agrícola, em procedimentos mecanizados (Vargas; Roman, 2006).

Entretanto, o controle mecânico apresenta significativas limitações, tais como altos custos e exigência de extensas horas de trabalho. Em determinadas culturas, como o milho, pode demandar até 150 horas por hectare, enquanto o algodão requer cerca de 165 horas por hectare e o espinafre, consideravelmente mais, aproximadamente 516 horas por hectare (Gianessi; Reigner, 2007).

Além disso, devido ao rendimento limitado desse método, torna-se necessário um planejamento criterioso para evitar que a competição entre a cultura desejada e as plantas daninhas resulte em reduções na produtividade. Adicionalmente, a eficiência do controle mecânico varia consideravelmente, especialmente em relação a espécies de plantas daninhas que possuem raízes profundas e múltiplos fluxos germinativos. Assim, a efetividade deste método está intrinsecamente ligada às características específicas da espécie invasora a ser combatida e ao uso adequado dos equipamentos. Por

consequente, muitos agricultores, quando possível, optam por outros métodos de controle (Vargas; Roman, 2006).

3.4 SOLARIZAÇÃO E USO DO FOGO

Embora o controle térmico seja um dos métodos mais antigos para combater doenças do solo e plantas daninhas, a prática da solarização só se tornou amplamente difundida na década de 1980, impulsionada pelos avanços em sua eficiência e pelas crescentes restrições ao uso de defensivos agrícolas (Souza, 1994).

A solarização é um procedimento pré-plantio que envolve a exposição de solo úmido à luz solar, coberto por uma camada de filme de polietileno, resultando no aumento da temperatura do solo a níveis letais para sementes de plantas daninhas, fitopatógenos e outras pragas (Katan *et al.*, 1976).

No entanto, assim como o controle mecânico de plantas daninhas, a solarização também apresenta algumas limitações. Um dos principais desafios é o seu custo considerável, estimado entre US\$ 180 e US\$ 800 por acre (Satour, 1997). Esses valores podem tornar a solarização impraticável, especialmente quando consideramos culturas de grande escala, como o milho, que o Brasil durante o ano de 2023 alcançou uma área de cultivo de aproximadamente 21.186,9 mil hectares, de acordo com dados do BRASIL (2023). A viabilidade econômica da solarização depende de fatores como o aumento da produtividade e o alto valor agregado das colheitas. Outra limitação diz respeito à necessidade de uma quantidade substancial de filme plástico para cobrir o solo, o que pode resultar em volumosos e complicados processos de aplicação e descarte. Por outro lado, a solarização oferece benefícios a serem considerados, como o potencial de efeitos a longo prazo, a redução do uso de herbicidas, a prevenção de surtos de novas doenças, a garantia de rendimentos estáveis e a redução dos riscos ambientais (Abouzienna; Haggag, 2016).

No que diz respeito ao uso do fogo como alternativa ao controle de plantas daninhas, as queimadas e o método de flamejamento surgem como opções viáveis. As

queimadas são uma alternativa rápida, econômica, porém, oferecem riscos consideráveis quando mal planejadas. Elas podem atingir áreas não alvo e se propagar além do esperado, causando prejuízos à agricultura, à saúde humana e ao meio ambiente, como apontado por Burin e Fuentes (2015).

No entanto, o uso do fogo neste tipo de controle não se limita às queimadas, pois a técnica de flamejamento amplia as possibilidades de emprego do fogo de forma controlada, específica e segura. O processo de flamejamento direciona a chama de maneira precisa apenas para as plantas daninhas, com o auxílio de equipamentos específicos, garantindo um controle controlado e eficiente. Embora o uso da chama seja mais econômico do que o controle manual, é importante destacar que seu custo supera o emprego de herbicidas em larga escala. A utilização em larga escala de herbicidas é comum devido à sua relação custo-benefício, já que oferece resultados mais rápidos (Burin; Fuentes, 2015).

3.5 MULCHING

A técnica de mulching, que envolve a cobertura do solo com diversos materiais, naturais ou sintéticos, tem sido empregada com o propósito de proteger o solo, preservar a umidade, otimizar o uso de fertilizantes e controlar infestações de plantas daninhas, entre outros benefícios. Os materiais utilizados incluem palhada seca, papel, resíduos vegetais e plástico, sendo importante notar que o uso de materiais sintéticos tende a ser mais dispendioso (Shehata *et al.*, 2019).

Conforme apontado por Abouziena e Haggag (2015), a adoção do mulching oferece várias vantagens, tais como a redução da erosão, o controle eficiente e plantas daninhas, a preservação da estrutura do solo, a economia de água devido à retenção de umidade no solo, o aprimoramento da capacidade do solo em reter nutrientes e o aumento da produtividade das culturas.

No entanto, Shehata *et al.* (2019) também destacam algumas desvantagens associadas ao mulching, que incluem a dificuldade em controlar plantas daninhas já

estabelecidas, limitações relacionadas aos custos e à viabilidade, bem como a capacidade de plantas daninhas rasteiras, como a corda-de-viola e a tiririca, em penetrar coberturas espessas com menos de 15 cm de espessura. Além disso, em regiões de clima muito quente, os mulches sintéticos tendem a se deteriorar rapidamente, necessitando de substituições frequentes

3.6 BIOHERBICIDAS

Conforme Aneja, Khan e Aneja (2017) destacam, os bioherbicidas estão ganhando preferência em relação aos herbicidas químicos por serem menos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, quando comparados aos produtos químicos convencionais. Além disso, eles se mostram altamente eficientes em pequenas quantidades de aplicação, o que resulta em custos de produção consideravelmente mais baixos.

Os bioherbicidas são compostos naturais derivados de microrganismos, insetos ou extratos de plantas, desempenhando um papel fundamental no controle de plantas daninhas. Geralmente, essas formulações de bioherbicidas apresentam uma baixa persistência, ou seja, degradam-se facilmente e se mantem no ambiente por um período limitado. Isso, por sua vez, reduz significativamente o risco de contaminação do solo e da água, bem como a probabilidade de causar efeitos prejudiciais em organismos não alvo. Bioherbicidas preparados a partir de aleloquímicos são ainda mais seguros para os ecossistemas e a saúde humana, conforme destacado por Soltys *et al.* (2013).

Segundo as observações de Bailey (2014), as estruturas químicas dos aleloquímicos são mais amigáveis ao meio ambiente quando comparadas às estruturas dos herbicidas sintéticos. Além disso, como mencionado pelo mesmo autor, os bioherbicidas apresentam múltiplos modos de ação, o que reduz significativamente o risco de desenvolvimento de resistência por parte das plantas daninhas. Portanto, os

Aleloquímicos despontam como candidatos altamente promissores para o desenvolvimento de herbicidas de origem natural.

3.6.1 Ácidos

De acordo com Sousa e Bortolon (2002), o ácido acético é considerado um dos ácidos orgânicos de baixo peso molecular e cadeia alifática resultantes da decomposição anaeróbica, representando geralmente mais de 60% da composição total dos ácidos orgânicos produzidos nesse tipo de ambiente. Quando exposto ao ar, o ácido acético é suscetível à degradação por reações químicas que resultam na formação de radicais hidroxila. Por outro lado, quando é liberado na água ou no solo, o ácido acético adquire a característica de ser biodegradável, com sua fórmula química representada por CH_3COOH . A concentração encontrada no vinagre doméstico varia de 4% a 11%, sendo importante mencionar que a legislação brasileira estabelece um teor mínimo de 4% de ácido acético para esse produto (Rizzon; Meneguzzo, 2006).

Em razão dessas características, Pereira *et al.* (2013) conduziu um experimento utilizando diferentes concentrações de ácido acético, 0, 4, 10, 15 e 20%, sendo a concentração de 4% vinagre comercial de maçã. A aplicação dessas concentrações de ácido acético em diversas espécies de plantas daninhas foi realizada através de borrifadores, seguindo um delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. Os resultados revelaram que o aumento na concentração de ácido acético resultou em um aumento no controle de todas as espécies de plantas estudadas, sendo que a concentração de 20% alcançou um nível de controle próximo a 100% para todas as espécies investigadas. Porém, a percentagem de controle em função da concentração do ácido acético evidencia controle de 85%, aceitável na prática, com concentrações inferiores a 10%.

O ácido cítrico (ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico), é um ácido orgânico que se encontra quase em todos os tecidos animais e vegetais, se apresentando em frutas como limão e laranja, e até mesmo em ossos, músculos e sangue de animais. É

considerado um ácido carboxílico altamente versátil, amplamente utilizado na indústria alimentícia, farmacêutica, e como pesticida e herbicida (Muñoz-Villa *et al.*, 2014).

Em um experimento conduzido por Abouziena *et al.* (2009) comparando diferentes tipos de ácidos orgânicos e diferentes formulações para o controle de diversas espécies de plantas daninhas, o ácido cítrico se destacou por sua alta efetividade em plantas daninhas com folhas largas com controle de 95% ou superior. Porém, se tratando de folhas estreitas, o mesmo apresentou baixa atividade, tendo baixa taxa de controle (< 72%).

O ácido pelargônico (ácido nonanóico) é um ácido graxo presente naturalmente em muitas plantas e animais. Em um experimento conduzido por Webber e Shrefler (2005), foram testadas três diferentes concentrações (3%, 6,5%, e 10%) de *Scythe* (bioherbicida comercial feito na concentração de 57% de ácido pelargônico); três adjuvantes (nenhum, óleo de laranja, e surfactante não iônico); e duas datas de aplicação. Todos os tratamentos foram aplicados com volume de aplicação de 935 L/ha nas mudas de plantas daninhas. Observou-se que o controle de ervas daninha aumentou à medida que as concentrações de herbicida aumentaram de 0% para 10%. Em todas as concentrações aplicadas, o ácido pelargônico produziu maior controle de ervas daninhas por um período mais longo para as ervas daninhas de folha larga do que para as gramíneas. Os danos visuais às ervas daninhas frequentemente apareceram poucas horas após a aplicação. Também foi constatado um aumento significativo no controle de ervas daninhas quando aplicado às ervas daninhas mais jovens.

3.6.2 Óleos essenciais

Conforme estipulado na Norma ISO 9235 da International Organization for Standardization (ISO), os óleos essenciais são substâncias extraídas de matérias-primas naturais de origem vegetal, como folhas, cascas, sementes, frutos, flores ou toda a planta. A obtenção desses óleos é realizada por meio de uma variedade de

métodos, incluindo destilação a vapor, processos mecânicos envolvendo o epicarpo de frutos cítricos e destilação a seco após a separação da fase aquosa por processos físicos.

Esses óleos essenciais consistem principalmente em terpenos, que se destacam como promissores candidatos para o desenvolvimento de bioherbicidas devido à sua capacidade de serem fitotóxicos para uma ampla gama de plantas daninhas (Ismail Amri *et al.*, 2012). A ação fitotóxica desses óleos se manifesta por meio de efeitos como clorose, queimaduras nas folhas, redução do crescimento das plantas, inibição da mitose, despolarização da membrana, diminuição da quantidade de clorofila, redução da respiração celular e indução de dano oxidativo (Raveau *et al.*, 2020).

De acordo com Coutinho, Gagliard e Ootani (2015) o óleo essencial de cravo da Índia, com o eugenol como principal constituinte, tem sido associado à repelência contra cupins, conforme observado em pesquisas envolvendo a planta Canela Indígena (*Cinnamomum osmophloeum*). Além disso, a presença de fenilpropanóides, como eugenol, aldeído cinâmico e safrol, foi identificada como contribuinte para o controle de larvas do mosquito da dengue *Aedes aegypti*. Outro exemplo notável de atividade inseticida envolveu a toxicidade de dois monoterpênicos, mertenseno e violaceno, isolados da alga vermelha *Plocamium cartilagineum*, que causaram alta mortalidade em pulgões. Além disso, o óleo de cravo também demonstrou propriedades herbicidas eficientes no controle de plantas invasoras, como *Achyranthes aspera*, *Cassia occidentalis*, *Parthenium hysterophorus*, *Echinochloa crus-galli* e *Ageratum conyzoides*.

Em um experimento conduzido por Benchaâ *et al.* (2018), foi evidenciada a notável capacidade do óleo de eucalipto como um agente bioherbicida. Os ensaios revelaram que o óleo de eucalipto teve influência sobre diversos aspectos do processo de crescimento vegetal, afetando a germinação das sementes, o desenvolvimento das plântulas, a redução dos níveis de clorofila e a despolarização das membranas celulares. Esses resultados indicam sua eficiência como agente herbicida.

Outro óleo essencial com potencial supressor de plantas daninhas é o óleo de capim-limão. Em um experimento conduzido por Poonpaiboonpipat *et al.* (2013), a substância foi pulverizada sobre as folhas de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) em concentrações de 1,5%, 2,5%, 5% e 10%. Constatou-se que à medida que a concentração da substância aumentava, os níveis de clorofila diminuam, o que indica sua capacidade de interferir no metabolismo fotossintético das plantas. Além disso, as folhas tratadas com a substância exibiram ruptura na membrana celular e um aumento na presença de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), sugerindo peroxidação. Isso evidencia o potencial do óleo de capim-limão como agente herbicida.

3.6.3 Extrato de sementes de feijão-de-porco

As sementes feijão-de-porco possuem compostos alelopáticos capazes de realizar o controle da corda-de-viola em situação de pós-emergência. Ao aplicar a substância nas concentrações de 25 g. L⁻¹ e 50 g. L⁻¹ o desenvolvimento das plantas daninhas foi interrompido até que não houvesse mais recuperação. Os seus efeitos são rápidos e devastadores, apresentando destruição das folhas em 36 horas e secagem da planta inteira dentro de 72 horas (Mendes; Rezende, 2014).

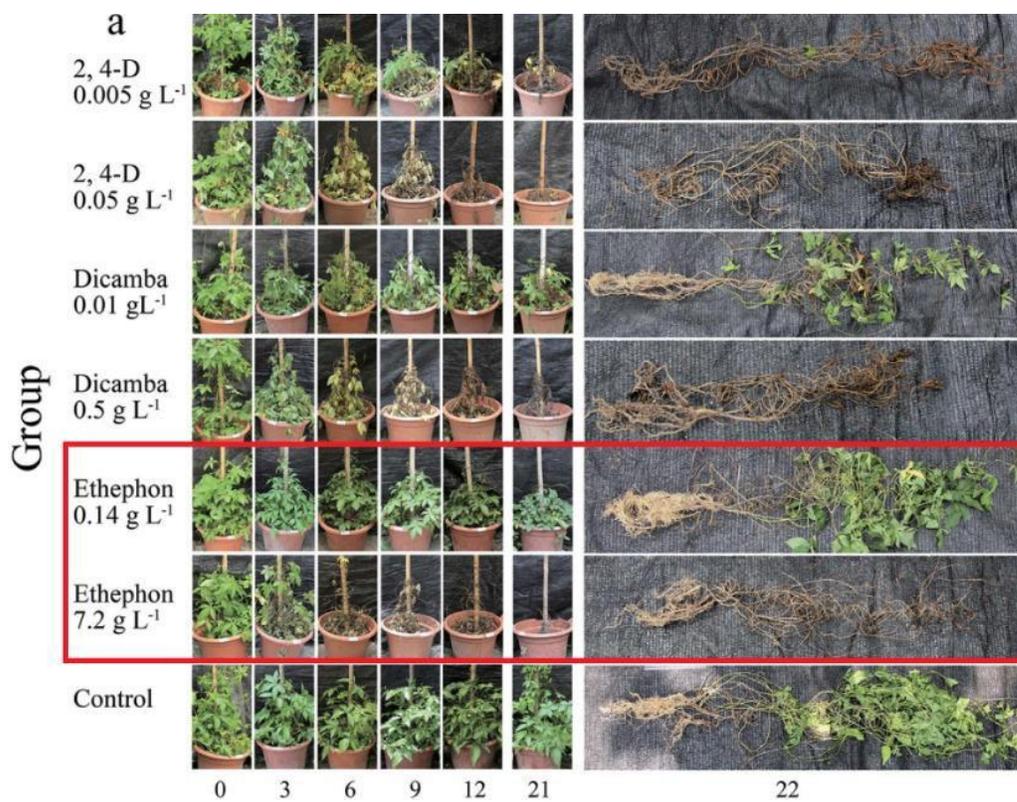
3.6.4 Ethephon

O ethephon é um regulador vegetal capaz de liberar etileno, não dependendo da presença de 1-aminociclopropano-1-carboxílico para a produção de etileno, liberando-o abundantemente o etileno imediatamente após sua penetração nos tecidos. O etileno, ao ser liberado, provoca danos à membrana celular e induz o aumento do teor relativo de água e H₂O₂ nos tecidos vegetais, assim promovendo a inibição do crescimento das plantas, e influenciando na síntese de metabólitos secundários. Esses processos destacam o potencial do ethephon como alternativa herbicida no controle de espécies invasoras, demonstrando sua eficiência na erradicação completa das folhas, caules e raízes da espécie *Ipomoea cairica*, com impacto mínimo sobre outras plantas

circundantes. Além disso, a facilidade de degradação, custo acessível e a praticidade do ethephon resultam na produção de poucos resíduos químicos, tornando-o uma opção promissora para aplicações práticas no controle de invasões vegetais (Sun *et al.*, 2015).

Em um experimento conduzido por Sun *et al.* (2015) para investigar o efeito do ethephon no controle da planta daninha *Ipomoea cairica*, foram examinados os efeitos visuais e o CRA (conteúdo relativo de água) da planta após a aplicação de duas concentrações do fitohormônio: 0,14 g.L⁻¹ e 7,2 g.L⁻¹. Os danos visuais as folhas das plantas foram perceptíveis após 3 dias da aplicação. Além disso, o ethephon também apresentou a capacidade de inibir o crescimento das raízes na concentração de 7,2 g.L⁻¹, e após 17 dias, todas as folhas caíram em ambos os tratamentos (Figura 6).

Figura 6 – Efeitos visuais do Ethephon em *Ipomoea cairica* no experimento conduzido por Sun *et al.* (2015)



Fonte: Sun *et al.* (2015)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO 1

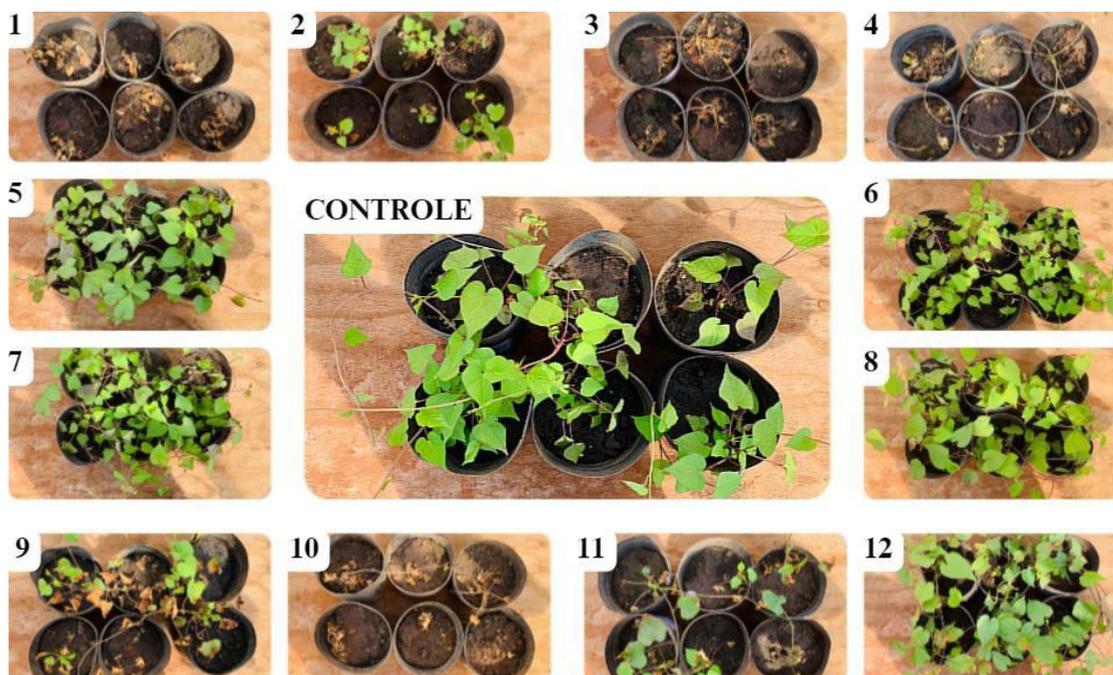
Na figura 7 e 8 observam-se os efeitos visuais dos tratamentos com bioherbicidas em corda-de-viola após 7 e 20 dias da primeira aplicação (DAA) das substâncias utilizadas no experimento 1.

Figura 7 – Plantas de corda-de-viola com 7 DAA (7 dias após primeira aplicação) das substâncias. (1) Ácido Acético 20%; (2) Ácido Cítrico 10%; (3) Ácido Pelargônico 10%;(4) Ethrel® 8g/L; (5) Feijão de porco 25g/L; (6) Óleo de capim-limão 5%; (7) Óleo de cravo 5%; (8) Óleo de eucalipto 5%; (9) Vinagre de álcool comercial; (10) Ácido Acético+2% de cada óleo; (11) Ácido Cítrico + 2% de cada óleo; (12) Feijão de Porco + 2% de cada óleo.



Fonte: Acervo próprio (2023)

Figura 8 – Plantas de corda-de-viola 20 DAA (20 dias após primeira aplicação) das substâncias. (1) Ácido Acético 20%; (2) Ácido Cítrico 10%; (3) Ácido Pelargônico 10%; (4) Ethrel® 8g/L; (5) Feijão de porco 25g/L; (6) Óleo de capim-limão 5%; (7) Óleo de cravo 5%; (8) Óleo de eucalipto 5%; (9) Vinagre de álcool comercial; (10) Ácido Acético+2% de cada óleo; (11) Ácido Cítrico + 2% de cada óleo; (12) Feijão de Porco + 2% de cada óleo.

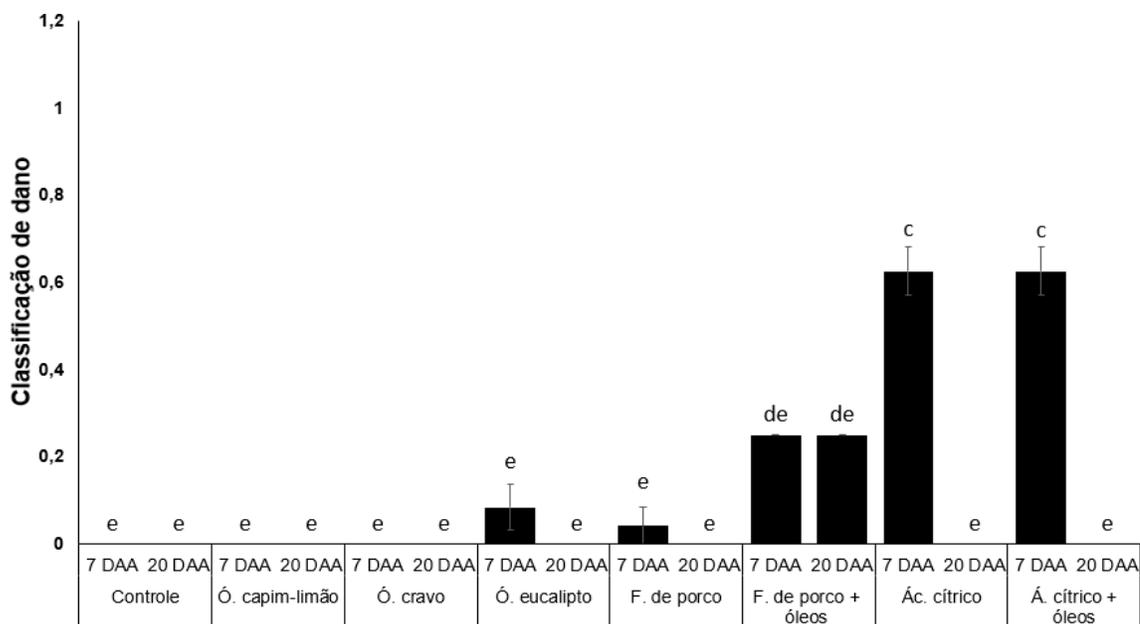


Fonte: Acervo próprio (2023)

Foi possível verificar de acordo com a metodologia aplicada que a maior parte dos tratamentos foram capazes de causar algum tipo de injúria, permanente ou recuperável, às plantas após a segunda aplicação (Figura 8). Também foi possível notar um destaque negativo para as substâncias a base de óleos essenciais, onde as plantas que receberam tais substâncias tiveram desenvolvimento semelhante ao controle.

Nas figuras 9 e 10 demonstrou-se os resultados para o controle de corda-de-viola.

Figura 9 – Classificação de dano médio sofrido pelas plantas de corda-de-viola (menor eficiência).



Fonte: Acervo próprio (2023)

Os resultados obtidos para as substâncias como óleo de capim-limão, óleo de cravo, óleo de eucalipto, extrato de feijão de porco e ácido cítrico contradizem o que a literatura apresenta sobre o tema.

De acordo Pauletti e Silvestre (2007) a toxicidade apresentada por óleos essenciais depende da composição química dos mesmos, que varia de acordo a genética da planta, o local de coleta, ciclo vegetativo, fatores ambientais e método de obtenção dos mesmos. No contexto específico deste estudo, a ausência de sintomas em plantas de corda-de-viola tratadas com óleos de capim-limão, cravo e eucalipto pode estar relacionada à composição química desses óleos adquiridos para os experimentos. Onde, possivelmente, os óleos utilizados apresentam uma menor

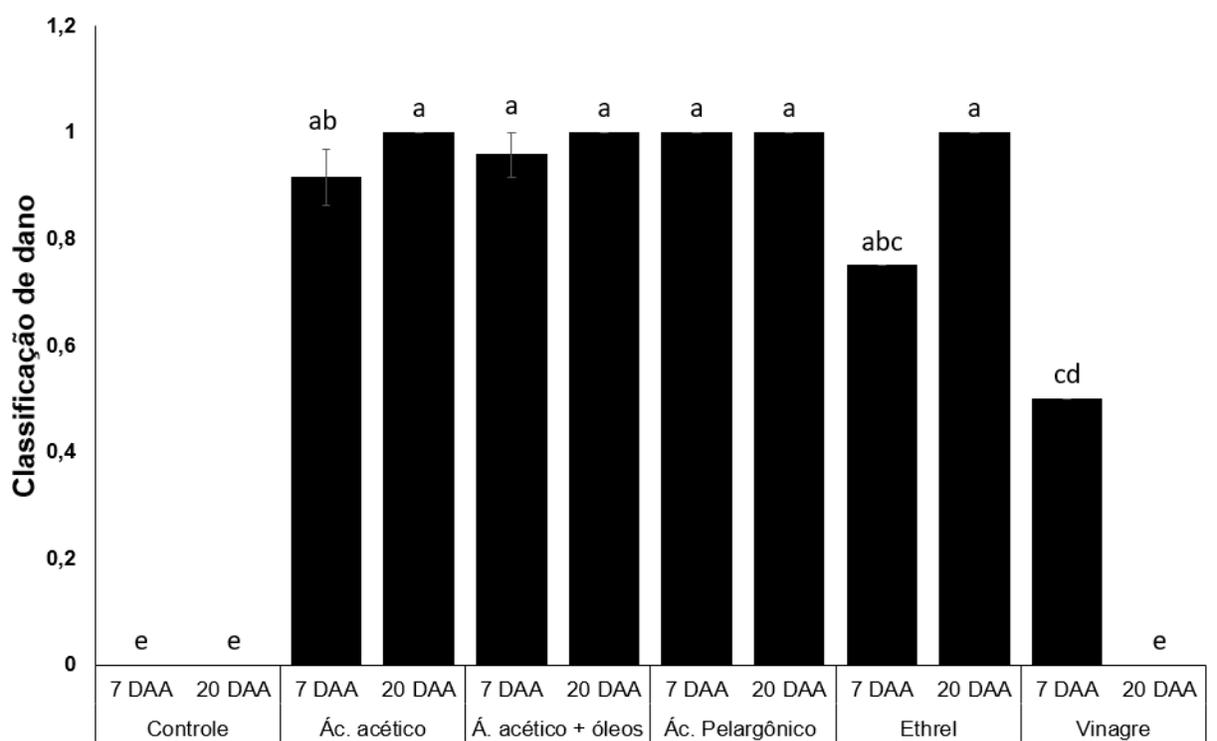
concentração dos principais constituintes responsáveis pela fitotoxicidade, explicando assim a ausência de efeitos nocivos observada.

É importante salientar que os resultados para tratamentos que incluíam misturas de ácidos e óleos, ou feijão-de-porco e óleos não diferiram estatisticamente dos tratamentos onde apenas as substâncias predominantes foram utilizadas, assim demonstrando uma ausência de efeitos por parte dos óleos essenciais utilizados nas concentrações especificadas neste trabalho.

O extrato de feijão de porco e o ácido cítrico também não obtiveram sucesso no controle da corda-de-viola no decorrer deste experimento. No estudo feito por Mendes, Rezende (2014), onde o extrato de feijão-de-porco foi eficiente, a aplicação foi realizada desde o quinto dia, logo após a germinação das sementes da corda-de-viola, e posteriormente houve mais duas aplicações, uma após 15 e outra 30 dias. No entanto, neste experimento, as plantas já tinham mais de 30 dias de idade ainda na primeira aplicação, portanto com maior biomassa e com maior dificuldade de controle.

É importante notar que o ácido cítrico também não apresentou resultados positivos no controle da corda-de-viola, apesar de uma taxa de controle inicialmente próxima a 60%, seguida de uma recuperação de 100% (mesmo após uma segunda aplicação) após 20 dias da primeira aplicação. De acordo com Oliveira Jr. (2011), plantas mais jovens são mais suscetíveis a herbicidas do que as plantas mais velhas, principalmente devido à presença de mais tecidos meristemáticos. Consequentemente, espera-se que herbicidas que afetam atividades metabólicas sejam mais prejudiciais para plantas com maiores quantidades de tecidos meristemáticos, enquanto teriam menos efeito sobre plantas mais maduras, onde os tecidos regulares são predominantes. O ácido cítrico não apresentou resultados positivos para o controle da corda-de-viola, com uma taxa de controle inicialmente próxima a 60%, tendo se recuperado em 100% após 20 dias da primeira aplicação.

Figura 10 – Classificação de dano médio sofrido pelas plantas de corda-de-viola (maior eficiência)



Fonte: Acervo próprio (2023)

Foi possível observar que os tratamentos com Ethrel®, ácido acético, ácido acético + óleos e ácido pelargônico demonstraram maior eficiência no controle da corda-de-viola em pós-emergência, já que na última observação (20 DAA) as plantas morreram, sem qualquer sinal de recuperação. O vinagre comercial e o ácido cítrico também demonstraram uma boa capacidade de controlar a corda-de-viola, provocando inicialmente danos nas plantas, apesar de posteriormente as mesmas se recuperarem.

Os resultados para as substâncias que se demonstraram mais eficientes vêm de encontro a literatura. No caso do ácido acético e do vinagre comercial, ao comparar a classificação de dano média entre ambas as substâncias é possível observar que concentrações maiores de ácido acético causam mais danos a planta daninha estudada, isso se evidencia ainda mais quando vemos que o ácido acético mais concentrado (tratamento com 20%) utilizado no experimento teve uma taxa de controle de 100%, enquanto o vinagre comercial (concentração por volta de 4%) apresentou uma taxa próxima a 50%. Em 2013, Pereira já havia relatado que o aumento na concentração de ácido acético resulta em um aumento no controle de plantas daninhas, onde 20% de concentração de ácido acético já foi o suficiente para chegar a uma taxa de controle próxima a 100%.

Em contraste com as outras substâncias que demonstraram sucesso no controle da corda-de-viola logo na primeira observação, o Ethrel® não obteve resultados de controle iniciais satisfatórios, ficando abaixo dos 80% de controle. No entanto, ao longo do tempo, seus efeitos foram se intensificando, resultando na abscisão das folhas e no ressecamento do caule, e por fim na destruição completa da planta até o dia da última observação.

É importante enfatizar que as taxas de controle referentes ao tratamento que utilizou ácido pelargônico se mantiveram constantes apresentando resultados satisfatórios horas após a primeira aplicação, e sem nenhum sinal de recuperação após a segunda aplicação (Figura 11). Assim como relatado por Webber e Shrefler (2015), os danos visuais às plantas daninhas apareceram poucas horas após a aplicação (Figura 10).

Figura 11 – Corda-de-viola submetida ao tratamento utilizando ácido pelargônico a 10% poucas horas após a aplicação da substância.

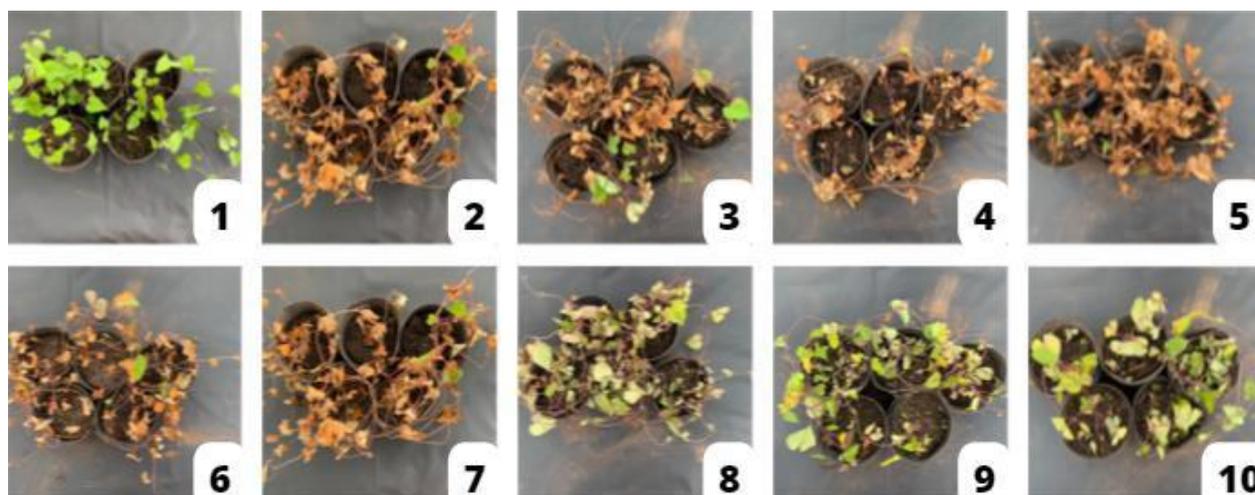


Fonte: Acervo próprio (2023)

4.2 EXPERIMENTO 2

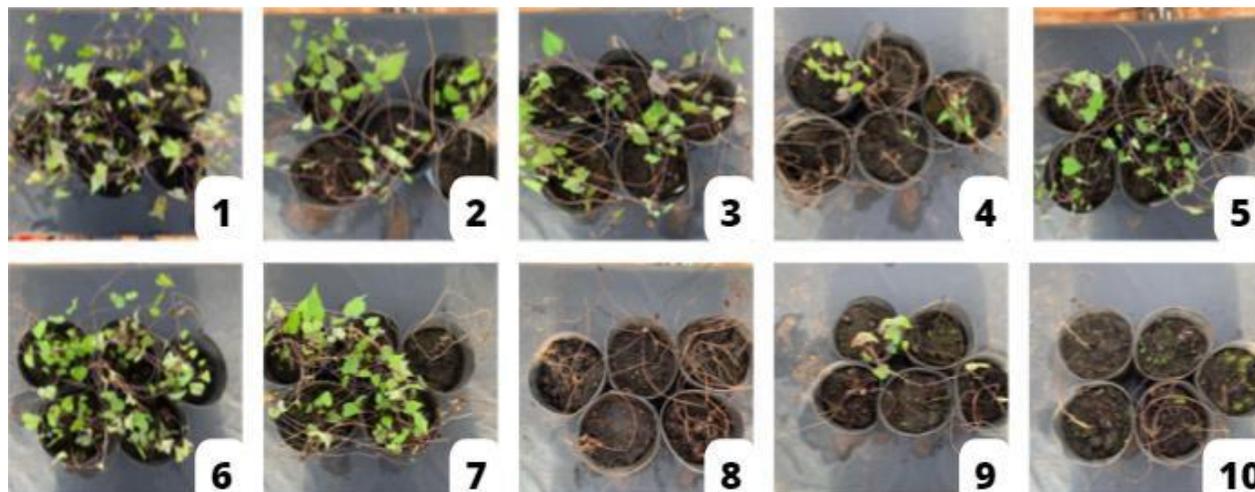
Nas figuras 12 e 13 observam-se os efeitos visuais dos tratamentos com bioherbicidas em corda-de-viola após 7 e 28 dias da aplicação das substâncias utilizadas no experimento.

Figura 12 – Plantas de corda-de-viola 7 DAA (7 dias após a aplicação) das substâncias. (1) Controle, (2) ácido acético 20%, (3) ácido acético 10%, (4) ácido acético 5%, (5) ácido pelargônico 20%, (6) ácido pelargônico 10%, (7) ácido pelargônico 5%, (8) Ethrel® 8g/L, (9) Ethrel® 6g/L, (10) Ethrel® 4g/L.



Fonte: Acervo próprio (2023)

Figura 13 – Plantas de corda-de-viola 28 DAA (28 dias após a aplicação) das substâncias. (1) Controle, (2) ácido acético 20%, (3) ácido acético 10%, (4) ácido acético 5%, (5) ácido pelargônico 20%, (6) ácido pelargônico 10%, (7) ácido pelargônico 5%, (8) Ethrel® 8g/L, (9) Ethrel® 6g/L, (10) Ethrel® 4g/L.

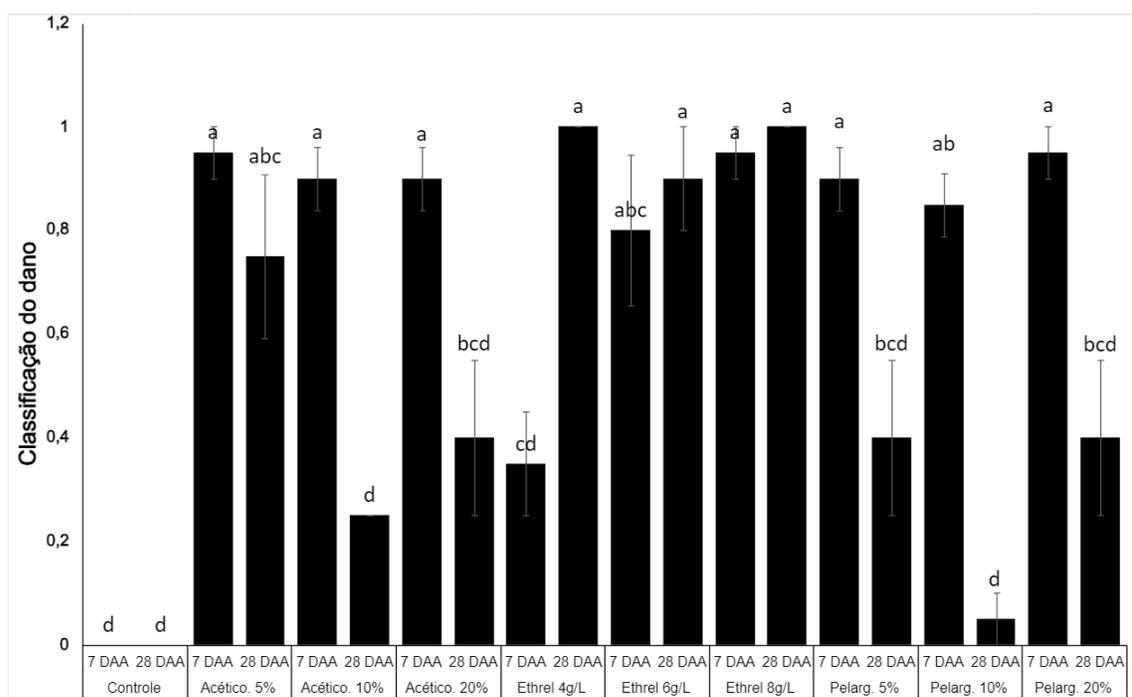


Fonte: Acervo próprio (2023)

Observando as figuras 12 e 13, foi possível verificar que, inicialmente, todas as concentrações utilizadas para o ácido acético e ácido pelargônico causaram danos severos às plantas daninhas, provocando o ressecamento das folhas e do caule, deixando apenas algumas poucas folhas verdes. No entanto, após 28 dias da aplicação das substâncias, as plantas de corda-de-viola mostraram uma grande capacidade de recuperação, apresentando folhas novas e uma melhora no estado dos caules. Esse experimento apresentou resultados um pouco contrastantes com o primeiro, e acredita-se que seja devido a aplicação do produto somente uma vez.

Quanto ao Ethrel®, assim como no experimento anterior, inicialmente as plantas não apresentaram resultados tão intensos quanto as demais substâncias, ao provocar a abscisão de poucas folhas e desidratação menos intensa que os demais. No entanto, a longo prazo, o Ethrel® se mostrou mais eficiente do que as outras substâncias utilizadas, causando o ressecamento total do caule e a abscisão total das folhas, e impedindo a recuperação das plantas daninhas após os 28 dias da aplicação (Figuras 13 e 14).

Figura 14 – Classificação de dano médio sofrido pelas plantas de corda-de-viola no experimento de dose dependente.



Fonte: Acervo próprio (2023)

Na Figura 14, se evidencia ainda mais a capacidade de recuperação das plantas daninhas de corda-de-viola tratadas por ambos os ácidos nas concentrações de 5, 10, e 20%, onde inicialmente os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente, alcançando uma classificação média de dano próxima a 100%, porém tendo se recuperado e apresentado crescimento reduzido e uma classificação média de dano inferior a 40% durante a segunda observação.

Na tabela 2 é possível observarmos os valores para aplicação média de 200L/ha de calda com as substâncias e doses utilizadas no experimento 2. Pode-se notar que os custos para a aplicação de ácido pelargônico são altos, chegando a ultrapassar R\$ 7720,00 reais para aplicação de uma concentração de apenas 5%. Esse produto não é encontrado no Brasil, foi importado na forma concentrado, mas é liberado e utilizado como bioherbicida na agricultura orgânica em outros países. O ácido acético e o Ethrel® têm custos mais baixos para aplicação, o que os torna mais viáveis para aplicação em campo. Porém, como dito anteriormente, uma única aplicação de ácido acético, nas concentrações do experimento, não é suficiente para controlar a planta daninha, sendo necessário mais aplicações, o que pode levar a mais gastos com mão-de-obra para realizar a pulverização no campo. Portanto, o Ethrel® se destaca quanto a sua boa viabilidade com ótimo custo-benefício, e como não houve diferença no controle entre as doses utilizadas, é possível recomendar a aplicação de Ethrel® 4g.L-1 em somente uma aplicação, assim exigindo menos mão-de-obra e gerando menor custo.

Como mencionado anteriormente, é conhecido que as substâncias utilizadas neste experimento são capazes de causar danos e controlar a planta daninha corda-de-violão. Como complemento, buscou-se analisar qual dose dessas substâncias apresentam melhor custo-benefício para a sua aplicação.

Tabela 2 – Custos para preparo da calda das substâncias que obtiveram sucesso para o controle da corda-de-viola

Substância e dose	Preço por Litro do produto concentrado	Volume do produto concentrado na calda	Custos para preparo da calda	Referência dos preços
Ácido acético 5%	R\$44,50	10 L/ha	R\$445,00	Casa Americana
Ácido acético 10%	R\$44,50	20 L/ha	R\$89 0,00	Casa Americana
Ácido acético 20%	R\$44,50	40 L/ha	R\$1780,00	Casa Americana
Ácido pelargônico 5%	R\$772,00	10 L/ha	R\$7720,00	Sigma Aldrich
Ácido pelargônico 10%	R\$772,00	20 L/ha	R\$15.440,00	Sigma Aldrich
Ácido pelargônico 20%	R\$772,00	40 L/ha	R\$30.8800,00	Sigma Aldrich
Ethrel® 4g/L (Produto 240g/L)	R\$ 260,00	3,33 L/ha	R\$865,80	Terra Farm Agroquímica
Ethrel® 6g/L (Produto 240g/L)	R\$260,00	5 L/ha	R\$1.300,00	Terra Farm Agroquímica
Ethrel® 8g/L (Produto 240g/L)	R\$260,00	6,66 L/ha	R\$1.731,60	Terra Farm Agroquímica

Fonte: Acervo próprio (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à escassez de tecnologias para o controle em pós-emergência da corda-de-viola para o cultivo de milho orgânico, a relevância deste estudo torna-se ainda mais evidente. Há uma necessidade de ampliar a pesquisa, incluindo análises dos efeitos das substâncias no milho e no ambiente. Isso é crucial para que os produtos com potencial bioherbicida possam evoluir para se tornar ferramentas eficientes nas práticas agrícolas dos agricultores orgânicos. A compreensão abrangente dos impactos das substâncias tanto nas culturas desejadas quanto no ecossistema é fundamental para assegurar uma abordagem sustentável e eficiente no manejo da corda-de-viola, promovendo assim a viabilidade no cultivo orgânico de milho.

Por meio da revisão bibliográfica, foram apresentadas as substâncias utilizadas, permitindo a observação de seus comportamentos e efeitos nas plantas. No entanto, é importante destacar que este estudo apresenta algumas contradições em relação à literatura em alguns pontos específicos.

Foi possível inferir que o extrato de feijão-de-porco, sob as condições do experimento 1, não demonstrou eficiência no controle de plantas adultas e vigorosas de corda-de-viola. As expectativas iniciais quanto ao potencial deste extrato como agente de controle não foram plenamente atendidas diante dos resultados observados, assim indo contra a literatura apresentada na revisão bibliográfica.

O fato de as plantas apresentarem vigor e serem adultas pode ter influenciado na resistência à ação do extrato, sugerindo que as propriedades químicas ou os componentes presentes no feijão-de-porco não foram suficientemente eficientes para combater a infestação da corda de viola nestas condições específicas. Este resultado aponta para a necessidade de investigações adicionais, visando compreender melhor a interação entre o extrato e as plantas em diferentes estágios de desenvolvimento.

Além disso, é crucial considerar que a variabilidade nas condições ambientais, genéticas e de manejo pode influenciar os resultados obtidos em experimentos desse tipo. Portanto, a falta de eficiência observada não deve ser interpretada como uma conclusão definitiva sobre as potencialidades do extrato de feijão de porco, mas sim

como um indicativo da importância de considerar múltiplos fatores no desenvolvimento de estratégias de controle fitossanitário.

Observamos que o ácido pelargônico e o ácido acético, embora apresentem potencial como agentes de controle da corda de viola, revelaram a necessidade de múltiplas aplicações para alcançar eficiência plena. A resistência observada da corda-de-viola a esses compostos indica que aplicação única pode não ser suficiente para um controle efetivo, ressaltando a complexidade do manejo de pragas e a importância de estratégias adaptativas.

Portanto, para implementar com sucesso o ácido pelargônico e o ácido acético no manejo da corda de viola, é recomendável considerar programas de aplicação mais frequentes. Adicionalmente, a otimização das concentrações e condições de aplicação pode ser explorada como uma via para potencializar a eficiência desses compostos, proporcionando uma gestão mais eficiente e sustentável.

É importante salientar que apesar de o Ethrel® ter se destacado nos experimentos deste trabalho e ter seu uso comercial bastante difundido na indução do amadurecimento e uniformização de frutos, climatização, e florescimento de plantas (Silva *et al.*, 2009). Esse produto é composto por um precursor sintético do etileno (ethephon), que entrar em contato com os tecidos vegetais liberam o gás etileno, provocando os efeitos de senescência. Assim, é de extrema importância esse trabalho para analisar os efeitos do etileno, de maneira indireta, como um potencial bioherbicida para a corda-de-viola.

O ANEXO VII da PORTARIA Nº 52, DE 15 DE MARÇO DE 2021 (BRASIL, 2021), determina o registro para o uso de etileno na agricultura orgânica é restrito à maturação de frutos, sendo proibido para o controle de plantas daninhas. Essa restrição traz à tona uma contradição, considerando que o etileno é comumente empregado em alimentos como frutas e verduras. A indagação natural é: por que não estender seu uso para o cultivo no campo? Além disso, vale mencionar que a descrição da bula do Ethrel® destaca a ausência de potencial carcinogênico e mutagênico, bem como a falta de efeitos na reprodução, tendo o único alerta relacionado a possíveis irritações cutâneas. Esses sintomas, no entanto, são comuns em outros ácidos permitidos na agricultura orgânica.

A obtenção do registro do Ethrel® para uso na agricultura orgânica poderia oferecer aos agricultores orgânicos uma ferramenta adicional para o manejo de cultivos, especialmente no que diz respeito ao controle de plantas daninhas. Além disso, em experimentos de pré-emergência em milho, observou-se que o produto não afetou a germinação e o crescimento do milho. Essa constatação é promissora, sugerindo a viabilidade do uso do Ethrel® sem impactos negativos no desenvolvimento inicial das plantas de milho.

Embora as demais substâncias não tenham apresentado eficiência no experimento 1, estes resultados abrem caminho para a necessidade de investigações mais aprofundadas e amplas. É crucial reconhecer que a ausência de efeitos das substâncias no controle da corda-de-viola não implica necessariamente uma inaptidão geral, mas sim a importância de compreender as nuances das interações entre as substâncias e as condições específicas do ambiente experimental. Dessa forma, sugerimos que estudos futuros explorem variações de concentrações, métodos de aplicação e combinações de substâncias, a fim de identificar possíveis estratégias mais eficientes.

REFERÊNCIAS

ABOUZIENA, H. F. H., OMAR, A. A. M., SHARMA, S. D., & SINGH, M. Efficacy Comparison of Some New Natural-Product Herbicides for Weed Control at Two Growth Stages. **Weed Technology**, Fayetteville, AR, USA. v.23, n. 3, p. 431–437, jan 2009. Disponível em: doi:10.1614/wt-08-185.1. Acesso em: 04 nov, 2023.

ABOUZIENA, H.F.; HAGGAG, W.M. Weed control in clean agriculture: a review1. **Planta Daninha**, v.34, n.2, p.377-392, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582016340200019>. Acesso em: 04 nov, 2023.

ANEJA, K. R., KHAN, S. A., ANEJA, A. (2017). Bioherbicidas: Strategies, Challenges and Prospects. in SATYANARAYANA, T., DESHMUKH, S., JOHNRI, B. **Developments in Fungal Biology and Applied Mycology**. Springer, Singapore. 2017. p.449–470. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-4768-8_23. Acesso em: 04 nov, 2023.

ARTUZO, F. D *et al.* O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá. v.12, n.2, p.515-540. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p515-540>. Acesso em: 04 nov, 2023.

AZANIA, C.A.M *et al.* Características fisiológicas de sementes de *Ipomoea* spp. e sua influência na emergência de plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 216-223, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/P977MvwhwLCvR4ZmKYNpqdr/>. Acesso em: 04 nov. 2023.

BAILEY, K.L. The bioherbicide approach to weed control using plant pathogens. In ABROL, D.P. **Integrated Pest Management**; Academic Press. Cambridge, MA, USA, 2014; p. 245–266. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398529-3.00014-2>. Acesso em: 04 nov, 2023.

BARBOSA, J. C. & MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos (FCAV/UNESP, 2015).

BARRETO, L.F; **Interferência de *Ipomoea grandifolia* na cultura do milho**. 2019. 97 f. Tese (doutorado em agronomia (produção vegetal)) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019.

BELO, M.M.S.P. Uso de agrotóxicos na produção de soja do estado do Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. Jan, 2012. v.37, n.125, p.78-88. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0303-76572012000100011>. Acesso em: 04 nov, 2023.

BENCHAA, S.; HAZZITB, M.; ABDELKRIMA, H. Allelopathic effect of Eucalyptus citriodora essential oil and its potential use as bioherbicide. **Chemistry & Biodiversity. Algeria**. v. 15, n. 8., p. 1-21, 2018. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/cbdv.201800202>. Acesso em: 04 nov, 2023.

BRASIL, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, Brasília, DF, v.1, n.1, p.1-118, (2013-) Conab, 2013- v. Mensal Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 02 nov, 2023.

BURIN, P.C.; FUENTES, L.F.G. USO DO FOGO COMO ALTERNATIVA NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS REDVET. **Revista Electrónica de Veterinaria**, Málaga, Espanha. v.16, n. 8, 2015, p. 1-13. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/pdf/636/63641401001.pdf>. Acesso em: 04 nov, 2023.

COUTINHO, I. B. L., GAGLIARDI, P. R., OOTANI, M. A. Atividade de extratos vegetais no controle de *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Sacc em meloeiro. **Essentia**, Sobral, v. 16, n.2, p. 40-61, julho 2015. Disponível em:

<https://essentia.uvanet.br/index.php/ESSENTIA/article/view/26>. Acesso em: 04 nov, 2023.

USDA. **Grain: World Markets and Trade**. Outubro, 2023. Disponível em:<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf> Acesso em: 02 nov, 2023.

FONTES, J.R.A.; GONÇALVES J.R.P. Manejo Integrado de Plantas Daninhas da Cultura do Milho. **Embrapa Amazônia Ocidental**, Manaus, p. 12, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/675149/1/CircTec322009.pdf>. Acesso em: 4 nov, 2023.

GALON, L. *et al.* Manejo biológico de plantas daninhas – Breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 116-125, mar. 2016. ISSN 2236-1065. Disponível em: <http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/452>. Acesso em: 02 nov. 2023.

GIANESSI, L.P.; REIGNER, N.P. The Value of Herbicides in U.S. Crop Production. **Weed Technology** v. 21, n.2, p. 559-566, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1614/WT-06-130.1>. Acesso em: 4 nov, 2023.

ISMAIL, A. *et al.*, Review on the phytotoxic effects of essential oils and their individual components: News approach for weed management. **International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology**. v.4. n.1. p. 96–114, mar 2013. Disponível em: <https://www.biu-edulab.org.il/wp-content/uploads/82015-IsmailAmria.pdf>. Acesso em: 04 nov, 2023.

ISO (Organização Internacional de Normalização) Estatísticas de Certificações ISO – 2021 para **Aromatic natural raw materials - Vocabulary**. Disponível em: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/78908/be6692eb830e47dfb845c358c10d0cbb/ISO-9235-2021.pdf>. Acesso em: 02 nov, 2023.

KATAN, J.; GREENBERGER, A.; ALON, H.; GRINSTEIN, A. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. **Phytopathology**, v.66, p.683-688, 1976. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1976Articles/Phyto66n05_683.PDF. Acesso em: 04 nov, 2023.

LARA, T.I.C.; GARCIA, S.D. O impacto do uso dos agrotóxicos na saúde pública: revisão de literatura. **Revista Saúde e Desenvolvimento. Humano**, v.8 n.1, p.85-96, 2020. Disponível em: https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/saude_desenvolvimento/article/view/6087. Acesso em: 04 nov, 2023.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas:EMBRAPA – CNPMS, 1995. 27p. (EMBRAPA– CNPMS. Circular Técnica, 20). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/475778/1/circ20.pdf>. Acesso em: 4 nov, 2023.

MENDES, I. D. S; REZENDE, M. A. O. Assessment of the allelopathic effect of leaf and seed extracts of *Canavalia ensiformis* as postemergent bioherbicides: A green alternative for sustainable agriculture. **Journal of Environmental Science and Health**, v.49 n.5 p.374-380. 2014 Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03601234.2014.882179>. Acesso em: 23 jul,2023.

MENEGALDO, J. G. A importância do milho na vida das pessoas. **Agrosoft Brasil**, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/888767/1/Importanciamilho.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2023.

MUÑOZ-VILLA, A. *et al.*, Ácido Cítrico: Compuesto Interesante., **Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila**. Coahuila, México, 2014. v. 6, n. 12, p. 18-23. Disponível em: <http://www.actaquimicamexicana.uadec.mx/articulos/12-4%20citricos.pdf>. Acesso em: 04 nov, 2023.

OLIVEIRA JR., R. S.; INOUE, M. H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. *In*: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, 2011. p. 243 - 262.

RIZZON, L.A.; MENEGUZZO, J. Elaboração de vinho branco fino. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 77-93, 2006. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/541536> Acesso em: 04 nov, 2023

SHEHATA, S.A. et al., Weed Control Efficacy, Growth and Yield of Potato (*Solanum tuberosum* L.) as Affected by Alternative Weed Control Methods. **Potato Research**. v.62, n. 2, p.139–155 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11540-018-9404-1>

SILVA, D. F. P. *et al.*, Potassium permanganate effects in postharvest conservation of the papaya cultivar Sunrise Golden. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 669–675, jul. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000700003>. Acesso em: 04 nov, 2023

SOUZA, N.L. Solarização do solo. **Summa Phytopathologica**, v.20, n.1, p.3-15, 45 1994. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/203672/1/Melo-Anais.pdf#page=20>. Acesso em: 4 nov, 2023

STEFFEN, G. P. K., STEFFEN, R. B., ANTONIOLLI, Z. I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecnologica**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-21, jan./jun. 2011.

PAGNONCELLI, F.B. *et al.* Morning glory species interference on the development and yield of soybeans. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 4, p. 470-479, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.2016.338>. Acesso em: 04 nov, 2023.

PAULETTI, G. F.; SILVESTRE, W. P. Óleo essencial cítrico: produção, composição e fracionamento. *In*: EFROM, C. F. S.; SOUZA, P. V. D. **Citricultura do Rio Grande do Sul: indicações técnicas**. Porto Alegre, 2018. v.1 n.1. p.245-269. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Wendel-Silvestre/publication/332229707_Oleo_essencial_citrico_producao_composicao_e_fracionamento/links/5ca75dd34585157bd323e5b9/Oleo-essencial-citrico-producao-composicao-e-fracionamento.pdf. Acesso em: 04 nov, 2023.

PAZUCH, D. *et al.* Superação de dormência em sementes de três espécies de Ipomoea. 50 **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p. 192-199, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20120665>. Acesso em: 04 nov, 2023.

PENNER, D.; MICHAEL, J.; COLEMAN, R. Novel Formulations of na Organic Acid Herbicide. **Journal of ASTM International**, v.8 n.5 p.1-5, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1520/JAI103400> Acesso em: 23 jul, 2023.

PENTEADO, S. R. **Agricultura orgânica** (Série Produtor Rural, Edição Especial). Piracicaba: ESALQ. Divisão de Biblioteca e Documentação, 2001. 41 p. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/agroecologia/livros/AGRICULTURA%20>

ORGANICA%20-%20SERIE%20PRODUTOR%20RURAL.pdf. Acesso em: 04 nov, 2023.

PEREIRA, P., MAIA, A. J., GOMES, R. V., GOMES, E. Eficácia do Ácido Acético no Controle de Algumas Espécies de Plantas Daninhas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia v. 9 n. 16. p. 2512-2523, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3563>. Acesso em: 04 nov, 2023.

POONPAIBOONPIPAT, T.; PANGNAKORN, U.; SUVUNNAMEK, U.; TEERARAK, M.; CHAROENYING, P.; LAOSINWATTANA, C. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*). **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 403-407, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.057>. Acesso em: 04 nov, 2023.

RAVEAU, R.; FONTAINE, J.; LOUNÈS-HADJ SAHRAOUI, A. Essential oils as potential alternative biocontrol products against plant pathogens and weeds: A review. **Foods**, v. 9, n. 365, p. 2-31, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/3/365>. Acesso em: 04 nov, 2023.

SATOUR, M.M. Soil solarization: a non-chemical approach for control of soil borne pathogens & pests in Egypt, 1997. Disponível em: <http://www.mevic.org/papers/solarization.html>. Acesso em: 15 ago, 2023.

Sociedade Brasileira da Ciencia Das Plantas Daninhas—SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**; SBCPD: Londrina, Brazil, 1995.

SOLTYS, D.; LANGWALD, A. R.; GNIAZDOWSKA, A.; WISNIEWSKA, A.; BOGATEK, R. Allelochemicals as Bioherbicides: Present and Perspectives. *In*: PRINCE, A.; KELTON, J. **Herbicides: Current Research and Case**. Londres: Intech Open, 2013. p.517-542. Disponível: <https://doi.org/10.5772/56185>. Acesso em: 04 nov, 2023.

SOUSA, R.O. & BORTOLON, L. Crescimento radicular e da parte aérea do arroz (*Oryza sativa* L.) e absorção de nutrientes, em solução nutritiva com diferentes concentrações de ácido acético. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 3, p. 231-235, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/481>. Acesso em: 4 nov, 2023.

SUN, Z. Y., T.; ZHANG, J.; Su J. Q. e t al. A novel role of ethephon in controlling the noxious weed *Ipomoea cairica* (Linn.) Sweet, **Scientific Reports**, vol. 5, no. 1, p. 11372, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep11372>. Acesso em: 3 jul, 2023.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 23 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 62). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62.htm. Acesso em: 04 nov, 2023.

WEBBER, C.L.; SHREFLER, J.W. Pelargonic acid weed control parameters. **Hortscience**, v.41, n.4, p.1034-1034, julho 2006. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/41/4/article-p1034D.xml>. Acesso em: 04 nov, 2023.