

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE AGRONOMIA

RAFAEL NAVA

**ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis* (L.) Mez
ex Ekman) SOBRE A GERMINAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO INICIAL DE
PLÂNTULAS DE MILHO, SORGO E TRIGO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS
2021

RAFAEL NAVA

**ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis* (L.) Mez
ex Ekman) SOBRE A GERMINAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO INICIAL DE
PLÂNTULAS DE MILHO, SORGO E TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Valério Dutra de Moraes

DOIS VIZINHOS

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai Herci César Nava, que infelizmente já não está entre nós, e a minha mãe Rosemir Alves Nava que sempre buscaram me proporcionar todas as oportunidades necessárias para permitir uma formação de qualidade.

Agradeço a minha irmã Jessica Andressa Nava por me apoiar e incentivar para conclusão desse trabalho.

Agradeço aos professores que me acompanharam no decorrer dos anos sempre dispostos a ensinar e auxiliar em cada passo da minha formação e agradeço especialmente meu orientador que colaborou e incentivou a realização desse trabalho.

Agradeço também a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos por disponibilizar toda a estrutura necessária.

Agradeço os meus amigos da graduação, que estiveram ao meu lado pela amizade e apoio.



TERMO DE APROVAÇÃO

ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman) SOBRE A GERMINAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE MILHO, SORGO E TRIGO

por

Rafael Henrique Nava

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) ou esta Monografia ou esta Dissertação foi apresentado(a) em 28 de julho de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a). O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Pedro Valerio Dutra de Moraes
Prof.(a) Orientador(a)
Instituição de Vinculo

Sergio Luiz Kuhn
Membro titular
Instituição de Vinculo

Angelica Signor Mendes
Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Daniele Cristina Parthey
Membro titular
Instituição de Vinculo

Almir Antônio Gnoatto
Coordenador(a) do Curso
UTFPR – Dois Vizinhos

RESUMO

NAVA, Rafael. Atividade alelopática de capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman) sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de milho, sorgo e trigo. 2021. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Dois Vizinhos, 2021.

Dentre as preocupações da agricultura atual destacam-se os prejuízos causados por plantas daninhas à diversas culturas. As plantas daninhas podem interferir alelopaticamente sobre as plantas cultivadas, através da liberação de aleloquímicos os quais inibem a germinação de sementes e o desenvolvimento das plantas. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito alelopático de capim-amargoso sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de milho, sorgo e trigo. Avaliou-se o efeito da solução aquosa de capim-amargoso (10% v/v) sobre a germinação de sementes, comprimento de parte aérea e raiz, massa seca e massa verde de plântulas (parte aérea e raiz) de milho, sorgo e trigo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors. Atendidas as pressuposições do modelo, procedeu-se a análise de variância ($p \leq 0,05$), para verificação do nível de significância dos tratamentos. Quando significativos, procedeu-se o teste T ($p \leq 0,05$). A análise de variância sobre as variáveis analisadas para a cultura do milho mostra efeito alelopático significativo de capim-amargoso sobre as variáveis comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, massa fresca de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz. Sobre as variáveis analisadas em sorgo, o extrato influenciou significativamente as variáveis comprimento de parte aérea e comprimento de raiz. Para o trigo, o extrato apresentou efeito alelopático sobre a germinação e o comprimento de raiz. Através dos resultados obtidos em condições de laboratório, conclui-se que o capim-amargoso apresenta efeito alelopático sobre as culturas do milho, sorgo e trigo, sendo o milho a cultura mais afetada no desenvolvimento inicial.

Palavras-chaves: *Zea mays*; *Sorghum bicolor*; *Triticum aestivum*; alelopatia.

ABSTRACT

NAVA, Rafael. Allelopathic activity of bittergrass (*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman) on germination and early development of corn, sorghum and wheat seedlings. 2021. 41 p. Course Conclusion Paper (Bachelor of Agronomy) – Federal Technological University of Paraná – UTFPR, Dois Vizinhos, 2021.

Among the concerns of current agriculture, the damage caused by weeds to various crops is highlighted. Weeds can allelopathically interfere with cultivated plants through the release of allelochemicals which inhibit seed germination and plant development. In this context, the objective of the present work was to evaluate the allelopathic effect of bittergrass on the germination and development of maize, sorghum and wheat seedlings. The effect of the aqueous solution of bittergrass (10% v/v) on seed germination, shoot and root length, dry mass and green mass of maize, sorghum and seedlings (shoot and root) was evaluated. wheat. The experimental design used was completely randomized, with four replications per treatment. Data were submitted to the Lilliefors normality test. Once the assumptions of the model were met, the analysis of variance ($p \leq 0.05$) was performed to verify the level of significance of the treatments. When significant, the T test was performed ($p \leq 0.05$). The analysis of variance on the variables analyzed for the corn crop shows a significant allelopathic effect of bittergrass on the variables shoot length, root length, shoot and root fresh weight, shoot and root dry weight. On the variables analyzed in sorghum, the extract significantly influenced the variables shoot length and root length. For wheat, the extract had an allelopathic effect on germination and root length. Through the results obtained under laboratory conditions, it is concluded that the bittergrass has an allelopathic effect on corn, sorghum and wheat crops, with corn being the most affected crop in the initial development.

Palavras-chaves: *Zea mays*; *Sorghum bicolor*; *Triticum aestivum*; allelopathy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A) Pesagem massa verde de capim-amargoso. B) Imersão de capim-amargoso em água destilada. C) Filtragem e separação de massa verde e solução aquosa de capim amargoso.	19
Figura 2. A) Sementes dispostas sobre papel Germitest para teste de germinação. B) Procedimento para confecção de rolo de papel.	20
Figura 3. A) Vista externa da câmara germinadora. B) Vista interna da câmara germinadora com os rolos de papel Germitest envoltos em sacos plásticos. ..	21
Figura 4. Teste de germinação. A) Milho. B) Sorgo. C) Trigo.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Medidas de controle de plantas daninhas.....	12
Tabela 2 – Graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância para as variáveis: germinação (%) de sementes (G), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântula (cm), massa fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR) (g.plântula ⁻¹), massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) (g.plântula ⁻¹) de milho. UTFPR-DV, 2021.....	24
Tabela 3 – Graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância para as variáveis: germinação (%) de sementes (G), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântula (cm), massa fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR) (g.plântula ⁻¹), massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) (g.plântula ⁻¹) de sorgo. UTFPR-DV, 2021.....	24
Tabela 4 – Graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância para as variáveis: germinação (%) de sementes (G), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântula (cm), massa fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR) (g.plântula ⁻¹), massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) (g.plântula ⁻¹) de trigo. UTFPR-DV, 2021.....	25
Tabela 5 – Teste T sobre as médias das variáveis: comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântula (cm), massa fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR) (g.plântula ⁻¹), massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) (g.plântula ⁻¹) de milho.....	26
Tabela 6 – Teste T sobre as médias das variáveis: comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântula (cm) de sorgo.....	26
Tabela 7 – Teste T sobre as médias das variáveis: germinação (%) de sementes (G), comprimento de raiz (CR) de plântula (cm) de trigo.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVOS GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1 PLANTAS DANINHAS.....	10
3.2 ALELOPATIA	12
3.2.1 Capim-amargoso.....	15
3.3 PLANTAS DE INTERESSE AGRONÔMICO.....	16
3.3.1 Milho.....	16
3.3.2 Sorgo.....	17
3.3.3 Trigo	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 VARIÁVEIS ANALISADAS	20
4.1.1 Germinação.....	20
4.1.2 Comprimento de Plântula: Parte Aérea e Raiz.....	22
4.1.3 Massa Fresca de Plântula	22
4.1.4 Massa Seca de Plântula.....	22
4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
7 CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

A agricultura com o passar dos anos, deixou de ser atividade apenas familiar, passando a ser fornecedora de produtos para alimentar todo o mundo, exercendo papel de destaque na economia, nos setores sociais e ambientais nas sociedades (FELDENS, 2018).

Diante desse cenário, sabe-se que o uso de tecnologias foi fator primordial para que isso ocorresse, promovendo praticidade na execução de tarefas do dia-a-dia no campo, auxiliando na tomada de decisões pelo produtor rural e potencializando a produção (MARTINS; CARDOSO, 2019).

Todavia, mesmo com o uso de tecnologias, ainda existem vários fatores que exercem efeito negativo sobre a produtividade no setor agrícola. Uma das maiores preocupações da agricultura atual está relacionada aos prejuízos causados por plantas daninhas às culturas (AGOSTINETTO et al., 2015).

A presença de plantas daninhas em uma lavoura é sinônimo de concorrência por água, nutrientes minerais essenciais, espaço e luz solar com as plantas cultivadas, sendo essa concorrência denominada “competição”, forma mais conhecida de interferência das plantas daninhas sobre as culturas (OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011; SCHNEIDER et al., 2018). As plantas daninhas mais competitivas na lavoura são aquelas pertencentes à mesma família botânica da cultura. Isso ocorre pois geralmente possuem as mesmas exigências por recursos (AGOSTINETTO et al., 2008).

Além da competitividade com a cultura à campo, as plantas daninhas podem ser hospedeiras de pragas e doenças, serem tóxicas, reduzem o valor da terra e a biodiversidade devido a sua dominância, dificultam o manejo da água no agroecossistema, dificultam a colheita da cultura e ao tentar mitigar as mesmas, ocorrem diversos efeitos prejudiciais causados pelos métodos de controle utilizados (AGOSTINETTO et al., 2015).

Além disso, as plantas daninhas podem interferir alelopaticamente sobre as plantas cultivadas, através da liberação de aleloquímicos os quais inibem a germinação de sementes e o desenvolvimento das plantas, causando prejuízos ao seu crescimento e produtividade (OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011; SILVA et al., 1999).

Apesar dos efeitos prejudiciais das plantas daninhas é importante que antes de tomar medidas de erradicação das mesmas, é necessário o conhecimento dessas espécies, com intuito de minimizar a competição com as culturas de interesse e os efeitos nocivos ao ambiente através da adoção de medidas de controle.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito alelopático de capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman) sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas de milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) e trigo (*Triticum aestivum* L.).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAL

Avaliar o efeito da alelopatia de capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman) sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) e trigo (*Triticum aestivum* L.).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito alelopático da solução aquosa de capim-amargoso sobre a germinação de milho, sorgo e trigo.

Avaliar o efeito alelopático da solução aquosa de capim-amargoso sobre o comprimento de parte aérea e raiz de plântula de milho, sorgo e trigo.

Avaliar o efeito alelopático da solução aquosa de capim-amargoso sobre a massa da matéria fresca e seca de plântula de milho, sorgo e trigo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PLANTAS DANINHAS

O conceito de plantas daninhas é dado por diversos autores. Segundo SHAW (1956) as plantas daninhas são caracterizadas como toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada. Conforme a caracterização de Blanco (1972) o autor as define como toda e qualquer planta que germine espontaneamente em áreas de cultivo e que interfira prejudicialmente na cultura de interesse. Ainda, segundo Carvalho (2013) essas possuem características especiais que permitem sua sobrevivência em ambientes adversos.

As plantas daninhas podem interferir direta e indiretamente nas funções das plantas cultivadas, atuando como inimigo oculto sobre seu crescimento e desenvolvimento (KHAWAR et al., 2015; LORENZI, 2014). Essas plantas possuem elevada capacidade de extrair nutrientes do solo, água, luz e CO₂ do ambiente, quando em condições de competição com outras espécies (MEDEIROS et al., 2016). Além disso, desenvolveram em sua evolução outras características que favorecem sua sobrevivência em condições adversas, o que dificulta o controle eficiente das mesmas (OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Dentre essas características pode-se destacar: grande capacidade de produção de propágulos (sementes, bulbos, estolões, rizomas); desuniformidade do processo germinativo, facilitando a perpetuação (dormência e distribuição das sementes no perfil do solo); viabilidade dos propágulos em condições desfavoráveis; mecanismos alternativos de reprodução (seminífera ou vegetativa); facilidade de disseminação dos propágulos a longas distâncias; rápido crescimento e desenvolvimento inicial o que lhes garante maiores chances de vencer no processo competitivo (OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Essas características agem negativamente sobre as culturas de interesse econômico, afetando sua produtividade e qualidade. Além disso, a presença das plantas daninhas na lavoura dificultam os tratos culturais e a colheita; elevam o custo; causam problemas para a certificação de sementes; reduzem a qualidade do produto comercial; podem ter comportamento parasita; serem hospedeiras de

pragas, doenças e nematoides; podem causar intoxicação aos animais; obstruírem canais de irrigação; serem veículo de propagação de incêndios e ainda possuem propriedades alelopáticas (CARVALHO, 2013; VASCONCELOS et al., 2012; OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Os efeitos das plantas daninhas sobre as culturas podem ser classificados em diretos e indiretos. O conjunto de pressões ambientais como a competição e a alelopatia (item 3.2) podem ser caracterizadas como interferências negativas diretas, sendo essas as mais importantes. Já a capacidade da planta daninha ser hospedeira de pragas e doenças, por exemplo, é um modo de interferência indireta (PITELLI, 1985).

O grau da interferência depende da espécie de planta daninha, sua densidade e distribuição na área de interesse; da cultivar de interesse agrônomo, espaçamento e densidade; do tipo de solo, clima e manejo utilizado; e do período de convivência (VASCONCELOS et al., 2012).

Na competição, que pode ser intraespecífica (entre indivíduos da mesma espécie) ou interespecífica (entre espécies diferentes) os recursos mais disputados são os nutrientes, água e luz (DEUBER, 1992). Essa competição entre a cultura e as plantas daninhas pode afetar a quantidade e a qualidade da produção, como já mencionado, além de diminuir a eficiência de aproveitamento dos recursos do ambiente (GALON et al., 2013; FERREIRA et al., 2008).

Para mitigação das plantas daninhas algumas medidas de controle são utilizadas, dentre essas pode-se citar as medidas culturais, mecânicas, físicas, biológicas e químicas. Com intuito de favorecer a competitividade da cultura de interesse em relação à planta daninha são aplicadas as medidas culturais. Nas medidas mecânicas utiliza-se algum instrumento para arranquio ou corte das plantas daninhas, o que é diferente das medidas físicas. Nas medidas biológicas são utilizados inimigos naturais para reduzir a população das plantas daninhas e sua capacidade de competição. Já nas medidas químicas utilizam-se produtos químicos/sintéticos, que interferem nos processos bioquímicos e fisiológicos com intuito de suprimir ou retardar o crescimento das plantas daninhas (SAUSEN et al., 2020).

Essas medidas estão mais detalhadas na Tabela 1, abaixo.

Tabela 1 – Medidas de controle de plantas daninhas.

Medida	Exemplo de práticas
Culturais	Uso de sementes certificadas Uso de cultivares mais competitivas Uso de espaçamento mais estreito Uso de densidade de plantio mais alta Uso de sistema de cultivo distintos Uso de cobertura verde Uso de rotação de culturas Uso de zoneamento agrícola Preparo físico e químico do solo Irrigação Manejo de pragas e doenças
Mecânicas	Arranquio com as mãos Capina Roçada
Físicas	Inundação Queima Cobertura do solo Controle térmico (solarização) Controle térmico (temperatura da água) Choque elétrico, raios laser, ultrassom etc.
Biológicas	Liberação e monitoramento de inimigos naturais Uso de animais de pastejo Uso de peixes herbívoros
Químicas	Uso de herbicidas pré-plantio Uso de herbicidas pré-emergência Uso de herbicidas pós-emergência Uso de herbicidas para dessecação

Fonte: Adaptado de Sausen et al. (2020).

De maneira geral, não há método totalmente eficiente para toda e qualquer situação ou ambiente. Dessa forma, é importante realizar uma análise preliminar de quais práticas devem ser empregadas, diversificando ao máximo os métodos de controle com objetivo de diminuir os custos e tornar o sistema agrícola mais sustentável (SAUSEN et al., 2020).

3.2 ALELOPATIA

A palavra alelopatia deriva de duas palavras gregas: *alleton* que significa mútuo, e *pathos* que significa prejuízo. Definida por Molisch em 1937, a alelopatia era utilizada para se referir às interações bioquímicas entre as plantas, sendo benéficas ou prejudiciais (RICE, 1984). Segundo Alves (2013) a alelopatia é um processo que envolve metabólitos secundários produzidos por plantas, fungos, algas e bactérias. Em novo conceito Majeed et al. (2017) definem a alelopatia como sendo a interação ocorrida entre plantas por recursos, possuindo grande potencial de aplicação na agricultura.

Segundo Miller (1996) o efeito da alelopatia pode ocorrer como autotoxicidade ou heterotoxicidade. Na autotoxicidade a planta libera determinada substância química, que inibe ou retarda a germinação das sementes ou o crescimento das plantas da mesma espécie. Na heterotoxicidade a substância esse mesmo evento acontece, porém, afetando plantas de outras espécies.

Os efeitos da alelopatia atingem culturas agrícolas de grande importância econômica no Brasil. As substâncias liberadas possuem compostos que são sintetizadas no metabolismo secundário (FERREIRA; BORGHETTI, 2004), e afetam o desenvolvimento e crescimento das plantas (ALVES, 2013; ROCKENBACH et al., 2018).

Os compostos mais comuns sintetizados no metabolismo secundário das plantas, responsáveis por efeitos alelopáticos pertencem aos grupos dos ácidos fenólicos, cumarinas, terpenóides, alcalóides, glicosídeos cianogênicos, derivados do ácido benzóico, etileno, saponinas, taninos, quinonas complexas e flavonóides (TOKURA; NÓBREGA, 2006).

Essas substâncias em sua maioria são sintetizadas nas folhas, através de quatro principais vias de síntese: via do ácido malônico, via do ácido chiquímico, via do ácido mevalônico, via do ácido 3-fosfoglicérico, constituindo substâncias alelopáticas de três grupos: terpenos, fenólicos e nitrogenados (SEDIYAMA et al., 2015).

Em estudo realizado por Zohaib et al. (2016) os autores verificaram que a diminuição da germinação e da velocidade de germinação era atribuído à inibição de enzimas respiratórias e envolvidas na via das pentoses fosfato por compostos fenólicos presentes em plantas daninhas.

Além dos efeitos sobre a germinação de outras espécies, alguns desses compostos do metabolismo secundário liberados no solo ou na atmosfera são responsáveis por inibirem o crescimento e o desenvolvimento de outras plantas (SHAH et al., 2016; TAIZ; ZEIGER, 2019).

A liberação dos compostos alelopáticos pelos vegetais ocorre por volatilização, lixiviação, exsudação radicular ou pela decomposição de resíduos dos próprios vegetais (RICE, 1984).

Os compostos liberados por volatilização são difíceis de serem detectados, sendo mais comuns de ocorrência em plantas de regiões áridas e alta

temperatura. Na lixiviação os compostos são liberados da parte aérea das plantas, pela ação da chuva ou orvalho, sendo carregados até o solo. Os compostos mais comumente lixiviados são ácidos orgânicos, açúcares, aminoácidos, ácidos giberélicos, terpenoides, alcaloides e os compostos fenólicos. Na liberação por meio da exsudação radicular as plantas liberam compostos químicos, em sua maioria caracterizados como alelopáticos. Por fim, a lixiviação se dá pelo rompimento dos tecidos vegetais na decomposição, ou ainda, pela produção de substâncias pelos próprios microrganismos decompositores (OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011; RICE, 1984).

A alelopatia vem sendo utilizada como medida de controle de plantas daninhas, garantindo o manejo sustentável e reduzindo a chance de desenvolvimento de resistência das plantas aos herbicidas. O interesse tem aumentado nos últimos anos também por causa do problema das espécies invasoras que se impõem às espécies nativas, ocupando os habitats naturais (TAIZ; ZEIGER, 2019).

Nesse contexto, a alelopatia também pode ser utilizada como ferramenta combatendo os desafios da poluição ambiental e do desenvolvimento de resistência a herbicidas, podendo ser utilizada a planta como um todo ou em partes através do seu extrato ou seu metabólito (KHAWAR et al., 2015; KUMBHAR; PATEL, 2016).

Os processos alelopáticos podem ser vistos de forma ou negativa. Muitas vezes causa interferência no desenvolvimento das culturas de interesse. Dessa forma, é importante salientar que além da aplicação da alelopatia como forma de controle de plantas daninhas, é necessário o desenvolvimento de estudos sobre os efeitos alelopáticos das próprias plantas daninhas sobre as espécies de interesse econômico.

A alelopatia das plantas daninhas sobre as plantas cultivadas é comum. Durante o pousio, as plantas daninhas se tornam as predominantes na área, competindo posteriormente com a cultura de interesse por fatores como água, luz e nutrientes e pelo efeito da alelopatia (SILVA; SILVA, 2007).

Nesse contexto, Mendonça Filho et al. (2011) destacam a importância de conhecer quais espécies produzem e quais liberaram os compostos alelopáticos. Segundo os autores, esse processo não depende somente da

produção de inibidores, mas também da quantidade que estes são sintetizados e da viabilidade com que os compostos cheguem ao sítio de ação, presente na planta receptora.

Dentre as plantas daninhas que podem interferir sobre o desenvolvimento de plantas de interesse agrônomo, destaca-se o capim-amargoso (MOREIRA; MANDRICHK, 2012).

3.2.1 Capim-amargoso

Digitaria insularis (L.) Mez ex Ekman conhecida popularmente como capim-amargoso, pertence à família botânica Poaceae (Gramineae). Caracteriza-se como planta perene entouceirada, ereta rizomatosa, com 50 a 150 cm de altura, colmos estriados e entrenós longos, folhas com bainha longa, pilosa e lígula membranácea (LORENZI, 2000; GAZOLA et al., 2016; GEMELLI et al., 2012).

O capim-amargoso é nativo de regiões tropicais e subtropicais do continente americano (GAZZIERO et al., 2012). É comumente encontrada em pastagens, lavouras, pomares, beira de estradas e terrenos baldios (MACHADO et al., 2008).

Seu ciclo fotossintético é caracterizado como C4, sendo tolerante a condições ambientais adversas, encontrando condições ideais para seu crescimento, desenvolvimento e reprodução em todo o país. Possui panículas com alta produção de sementes pilosas, com elevado poder germinativo. As sementes são dispersadas a longas distâncias pelo vento praticamente o ano todo aumentando seu potencial como planta daninha, justificando os altos níveis de infestação nas lavouras brasileiras (GAZOLA et al., 2016).

Caracteriza-se como planta altamente competitiva e infestante, com desenvolvimento rápido e agressivo, reproduzindo-se tanto por sementes, quanto por rizomas, formando touceiras, além de se desenvolver bem em solos de baixa fertilidade (GAZOLA et al., 2016).

A rápida propagação dessa espécie no país tem aumentado em áreas agrícolas onde não há cobertura vegetal entre uma safra e outra, o que a torna uma das espécies de plantas daninhas mais ocorrentes nas áreas agricultáveis do Brasil (GAZZIERO et al., 2011; GAZOLA et al., 2016).

O controle dessa planta daninha é complexo e exige diferentes estratégias de manejo, tanto na pré como na pós-emergência das culturas. Na pré-emergência o controle pode ser feito através da aplicação de herbicidas pré-emergentes (GAZZIERO et al., 2013). Já na pós-emergência, possui maior sensibilidade ao controle até os 35-40 dias de desenvolvimento, quando normalmente se encontra com 3 a 4 filhotos. Nesse estágio, o controle pode ser feito com graminicidas (AGOSTINETTO et al., 2015).

O controle de plantas adultas, já entouceiradas, apresenta-se mais difícil. Nessas condições, as aplicações de graminicidas nas doses recomendadas por bula não apresentam controle satisfatório (AGOSTINETTO et al., 2015). Outras práticas têm sido favoráveis ao manejo do capim-amargoso, como por exemplo não deixar áreas em pousio (GAZZIERO et al., 2013) e manter a palhada entre safra (AGOSTINETTO et al., 2015).

Quanto o efeito alelopático de capim-amargoso, Moreira e Mandrichk (2012) observaram que o extrato dessa espécie não apresentou poder alelopático sobre sementes de soja, porém, sobre sementes de milho ocasionou redução da germinação e comprimento da radícula. Já em estudo desenvolvido por Ferreira (2018) o autor verificou interferência significativa no desenvolvimento da cultura da soja, observada pelos parâmetros de desenvolvimento, devido ao efeito alelopático de capim-amargoso.

3.3 PLANTAS DE INTERESSE AGRONÔMICO

3.3.1 Milho

Zea mays (L.) popularmente conhecido como milho, pertence à família Poaceae, sendo originário do México, América do norte, América Central e Sudoeste dos Estados Unidos. Está entre as plantas mais antigas cultivadas e um dos vegetais mais explorados (GUIMARÃES, 2007; SILVA; SILVA, 2017). Caracteriza-se como gramínea anual, com metabolismo fotossintético do tipo C4, sendo altamente eficiente na presença de luz (DURÃES et al., 1997).

O milho é o principal cereal cultivado e consumido mundialmente e uma das culturas mais importantes no Brasil, devido ao seu valor nutritivo, potencial produtivo e composição química (BETTIO et al., 2017). Encontra-se

amplamente disseminada no país devido a sua multiplicidade de usos na propriedade rural, além da tradição de cultivo na agricultura brasileira (MAGALHÃES et al., 2002). Segundo dados da CONAB (2020) a produção no país na safra 2019/2020 foi de 100,1 milhões de toneladas, 0,3% acima da safra passada.

Muitos fatores interferem na produtividade do milho, dentre esses é possível destacar a disponibilidade de água, adubação, condições do solo, população de plantas, época de semeadura e efeitos alelopáticos de outras plantas, incluindo plantas daninhas (SANGOI, 2001).

3.3.2 Sorgo

Sorghum bicolor (L.) Moench. conhecido como sorgo granífero, pertence à família Poaceae, sendo originária da África Subtropical e Tropical. Caracteriza-se como gramínea anual, de colmos suculentos e eretos os quais são dispostos em forma de touceira. Possui inflorescência do tipo panícula terminal, contraída ou não, com curtas ramificações. Seu metabolismo fotossintético é do tipo C4, apresentando tolerância a estresses hídricos (MAGALHÃES et al., 2014).

Considerada a quinta cultura de cereal mais importante no mundo, o sorgo é utilizado como planta forrageira, cobertura do solo, produção de grãos, açúcar/xarope, cerveja e produção de biomassa lignocelulósica para bioenergia (MICKELBART et al., 2015; MULLET et al., 2014; ORT et al., 2015).

Um dos principais fatores que causam prejuízos para o desenvolvimento da cultura, está a problemática relacionada à convivência com plantas daninhas, que podem afetar seu desenvolvimento por meio da competição por água, nutrientes, luz e espaço físico, além de sofrer danos por alelopatia (VASCONCELOS et al., 2012).

Todavia, também apresenta potencial alelopático por possuir em sua composição química o aleloquímico sorgoleone (DAYAN et al., 2003). O sorgoleone afeta principalmente o processo fotossintético e a respiração (MEAZZA et al., 2002), e é produzido e liberado principalmente por pelos radiculares (CZARNOTA et al., 2003).

3.3.3 Trigo

Triticum aestivum (L.) conhecido popularmente como trigo foi uma das primeiras plantas cultivadas pelo homem. Acredita-se que o trigo seja originário de gramíneas silvestres que se desenvolveram na Ásia, no período 10.000 a 15.000 a.C. Indícios também mostram que o cultivo do trigo é originário da Síria, Jordânia, Turquia e Iraque (SILVA et al., 1996).

Possui de seis a nove folhas, cada uma composta de bainha e lâmina foliar, dispostas de forma alternada. A haste é do tipo cilíndrica e oca, possuindo de seis a nove entrenós (SOARES SOBRINHO; SOUZA, 1983).

Está entre as principais culturas alimentares do mundo, é cultivado em diversos ambientes e regiões geográficas, com cerca de 20% da área cultivada no mundo. Possui importância na dieta alimentar humana, por sua qualidade e quantidade de proteínas, energia (carboidratos), fibras, além de importante fonte de ferro e vitaminas B1 e B2 (SILVA et al., 1996).

Devido à sua versatilidade, o trigo e seus derivados, são utilizados como base de inúmeros alimentos, produtos não alimentícios (misturas adesivas e colas, fármacos, cosméticos, álcool etc.), bem como na alimentação animal (forragem, pastejo direto) e na composição de ração ou alimentação direta (SILVA et al., 1996).

Dentre os fatores que limitam a expressão do potencial produtivo da cultura do trigo, pode-se destacar com maior importância a competição com plantas daninhas e a alelopatia (AGOSTINETTO et al., 2008; SOUZA et al., 2006).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Dois Vizinhos, PR.

No experimento, avaliou-se o efeito da solução aquosa de capim-amargoso (10%) sobre a germinação de sementes, comprimento de parte aérea e raiz, massa seca e massa verde de plântulas (parte aérea e raiz) de milho, sorgo e trigo. Para a solução coletou-se 100 g de massa verde de capim-amargoso, a qual foi imersa em um litro de água destilada, mantida por 24 horas em temperatura ambiente, sem exposição a luz (Figura 1). Após esse período a massa verde foi retirada mantendo-se apenas a solução aquosa.



Figura 1. A) Pesagem massa verde de capim-amargoso. B) Imersão de capim-amargoso em água destilada. C) Filtragem e separação de massa verde e solução aquosa de capim amargoso. **Fonte:** O autor.

4.1 VARIÁVEIS ANALISADAS

4.1.1 Germinação

O teste de germinação foi conduzido mediante metodologia adaptada da RAS (BRASIL, 2009). Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, as quais foram distribuídas em papel Germitest (pH neutro), umedecidos com a solução aquosa de capim-amargoso em quantidade equivalente 2,5 vezes a sua massa. Para a testemunha, o papel foi umedecido com água destilada. As sementes foram distribuídas uniformemente sob o papel, que em seguida foi enrolado (Figura 2), os quais foram acondicionados em sacos plásticos.

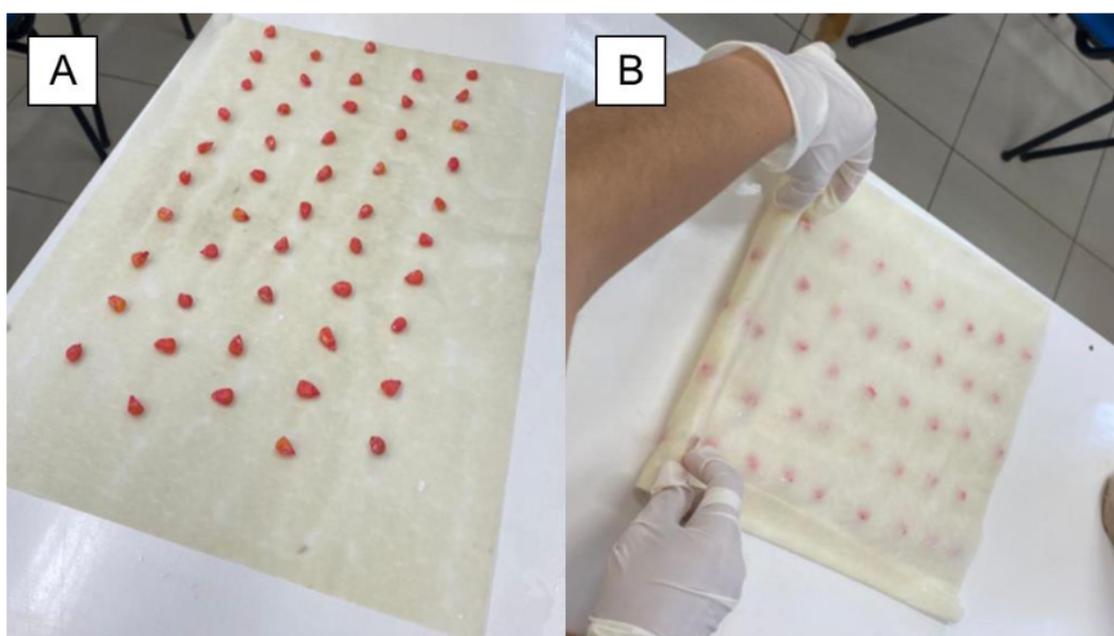


Figura 2. A) Sementes dispostas sobre papel Germitest para teste de germinação. B) Procedimento para confecção de rolo de papel.

Fonte: O autor.

Os rolos foram mantidos em câmara germinadora modelo Mangelsdorf, em temperatura ambiente ($25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$) em condição de luz (Figura 3). Aos três e cinco dias após a implantação do teste, os rolos foram abertos e umedecidos novamente com 2 ml de solução/água destilada, cada.



Figura 3. A) Vista externa da câmara germinadora. B) Vista interna da câmara germinadora com os rolos de papel Germitest envoltos em sacos plásticos.

Fonte: O autor.

Aos sete dias avaliou-se a porcentagem de germinação, sendo que os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Figura 4).

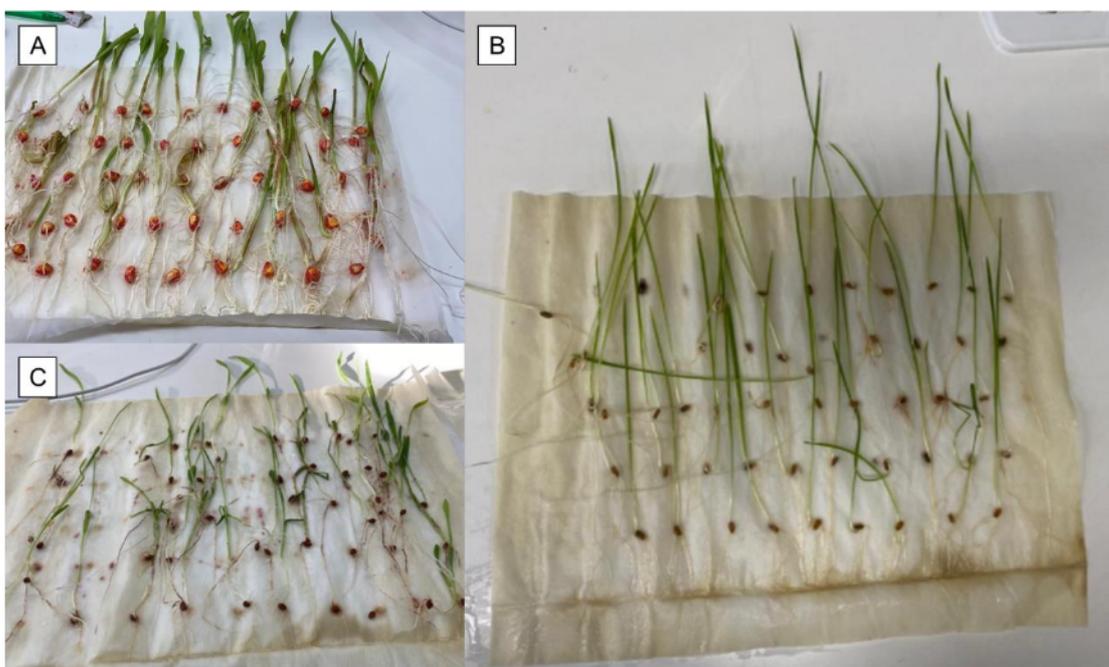


Figura 4. Teste de germinação. A) Milho. B) Sorgo. C) Trigo.

Fonte: O autor.

4.1.2 Comprimento de Plântula: Parte Aérea e Raiz

Para a obtenção do comprimento de parte aérea e raiz, dez plântulas obtidas aleatoriamente do teste de germinação (para cada repetição) foram aferidas, com auxílio de régua graduada em milímetros. Os valores obtidos foram divididos pelo número de plântulas de cada repetição, obtendo-se o comprimento de parte aérea e raiz média por plântula, expresso em centímetros.

4.1.3 Massa Fresca de Plântula

Para obtenção da massa fresca, utilizaram-se dez plântulas normais (descartando-se os cotilédones) provenientes de cada repetição do teste de germinação, separando-as em parte aérea e raiz. Cada repetição foi pesada em balança de precisão. Os valores obtidos foram divididos pelo número de plântulas pesadas de cada repetição, obtendo-se a massa fresca média de parte aérea e raiz por plântula, expressa em gramas.

4.1.4 Massa Seca de Plântula

As mesmas plântulas utilizadas para obtenção da massa fresca, foram acondicionadas em sacos de papel pardo previamente identificados para secagem e obtenção da massa seca de plântula. Após acondicionadas em sacos de papel, foram distribuídas em estufa com circulação de ar forçada, à temperatura média de 65 °C, onde permaneceram pelo período de 72 horas (adaptado de SILVA; GRZYBOWSK; PANOBIANCO, 2016).

Após esse período e ao resfriamento do material em câmara contendo sílica (dessecador), as repetições foram pesadas em balança de precisão. Os valores obtidos foram divididos pelo número de plântulas de cada repetição, obtendo-se a massa seca média de parte aérea e raiz por plântula, expressa em gramas.

4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. Para realização das análises utilizou-se o programa estatístico Rbio (BHERING, 2017).

Após a compilação dos resultados, os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors. Atendidas as pressuposições do modelo, procedeu-se a análise de variância ($p \leq 0,05$), para verificação do nível de significância dos tratamentos. Quando significativos, procedeu-se o teste T ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância sobre as variáveis analisadas para a cultura do milho mostra que o efeito alelopático de capim-amargoso foi significativo sobre o comprimento de parte aérea e raiz, massa fresca de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz. Não foi observado efeito do extrato de capim-amargoso sobre a germinação das sementes de milho, sendo que a média da germinação correspondeu a 90% (Tabela 2).

Tabela 2 – Graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância para as variáveis: germinação (%) de sementes (G), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântula (cm), massa fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR) (g.plântula⁻¹), massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) (g.plântula⁻¹) de milho. UTFPR-DV, 2021.

Fonte de Variação	GL	QM						
		G	CPA	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR
Tratamento	1	0,50 ^{ns}	43,76*	18,27*	3,92*	3,25*	2,66*	0,0489*
Média		90	13,7	15,5	0,52	0,20	0,04	0,02
CV (%)		4,31	9,02	8,50	9,06	31,73	5,5	12,85

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste T ($p \leq 0,05$).

^{ns} Não significativo.

Sobre as variáveis analisadas em sorgo, o extrato de capim-amargoso influenciou significativamente apenas as variáveis comprimento de parte aérea e comprimento de raiz. Não foi observado efeito do extrato de capim-amargoso sobre a germinação das sementes, massa fresca e seca de parte aérea e raiz. As médias observadas para as variáveis não significativas foram de: 91% para germinação de sementes; 0,08 g para massa fresca de parte aérea; 0,01 g para massa fresca de raiz; 0,006 g para massa seca de parte aérea; 0,002 g para massa seca de raiz (Tabela 3).

Tabela 3 – Graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância para as variáveis: germinação (%) de sementes (G), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântula (cm), massa fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR) (g.plântula⁻¹), massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) (g.plântula⁻¹) de sorgo. UTFPR-DV, 2021.

Fonte de Variação	GL	QM						
		G	CPA	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR
Tratamento	1	50,0 ^{ns}	5,95*	39,92*	0,001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,00000001 ^{ns}	0,0000006 ^{ns}
Média		91	11,8	10,4	0,08	0,01	0,006	0,002
CV (%)		5,16	8,2	7,15	10,3	33,23	13,71	35,41

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste T ($p \leq 0,05$).

^{ns} Não significativo.

Para a cultura do trigo, o extrato de capim-amargoso apresentou efeito alelopático sobre a germinação das sementes e o comprimento de raiz, mostrando assim diferença significativa entre o tratamento e a testemunha. Para as demais variáveis, comprimento de parte aérea, massa fresca e seca de parte aérea e raiz, não foi obtido diferença estatística significativa entre o tratamento e a testemunha. As médias observadas para as variáveis não significativas foram de: 14,20 cm para o comprimento de parte aérea; 0,0825 g para a massa fresca de parte aérea; 0,0362 g para a massa fresca de raiz; 0,0007 g para massa seca de parte aérea; 0,0033 g para massa seca de raiz (Tabela 4).

Tabela 4 – Graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância para as variáveis: germinação (%) de sementes (G), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântula (cm), massa fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR) (g.plântula⁻¹), massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) (g.plântula⁻¹) de trigo. UTFPR-DV, 2021.

Fonte de Variação	GL	QM						
		G	CPA	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR
Tratamento	1	66,12*	2,26 ^{ns}	34,74*	0,000000 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	0,000000 ^{ns}
Média		90	14,20	10,42	0,0825	0,0362	0,0007	0,0033
CV (%)		2,48	6,76	5,37	11,60	14,89	9,05	18,57

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste T ($p \leq 0,05$).

^{ns} Não significativo.

Os coeficientes de variação para todas as espécies analisadas foram baixos a médios, mostrando bom controle experimental (GOMES, 2000). Após obtenção da análise de variância procedeu-se o Teste T para averiguar a diferença entre o tratamento com extrato de capim-amargoso e a testemunha. A espécie com maior quantidade de variáveis afetadas negativamente pela exposição das sementes ao tratamento, foi o milho, confirmando o efeito alelopático de capim-amargoso sobre a cultura. Observa-se na Tabela 5, que a testemunha, a qual não foi exposta ao extrato, apresentou melhor desenvolvimento inicial das plântulas quando comparada às sementes expostas. Apenas a variável germinação não sofreu influência negativa do tratamento. O comprimento de parte aérea teve redução de 29% quando exposto ao extrato, bem como o comprimento de raiz (17,7%), a massa fresca (23,53%) e seca (28,30%) de parte aérea e a massa fresca (47,66%) e seca de raiz (50,16%).

Tabela 5 – Teste T sobre as médias das variáveis: comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântula (cm), massa fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR) (g.plântula⁻¹), massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) (g.plântula⁻¹) de milho.

Tratamento	Variáveis					
	CPA (cm)	CR (cm)	MFPA (g.plântula ⁻¹)	MFR (g.plântula ⁻¹)	MSPA (g.plântula ⁻¹)	MSR (g.plântula ⁻¹)
Capim-amargoso	11,40b	13,99b	0,4550b	0,1400b	0,0271b	0,0156b
Testemunha	16,08a	17,01a	0,5950a	0,2675a	0,0378a	0,0313a
Redução (%)	29	17,7	23,53	47,66	28,30	50,16

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ($p \leq 0,05$).

Em sorgo, as médias observadas para a testemunha sobre as variáveis comprimento de parte aérea e raiz, foram inferiores quando comparadas às médias observadas ao tratamento com extrato de capim-amargoso, mostrando efeito alelopático sobre o desenvolvimento inicial dessa cultura. O comprimento de parte aérea teve redução de 13,6% quando exposto ao extrato, bem como o comprimento de raiz que reduziu 35,30% quando comparado a testemunha (Tabela 6).

Tabela 6 – Teste T sobre as médias das variáveis: comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântula (cm) de sorgo.

Tratamento	Variáveis	
	CPA (cm)	CR (cm)
Capim-amargoso	10,94b	8,19b
Testemunha	12,66a	12,66a
Redução (%)	13,6	35,30

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ($p \leq 0,05$).

Já para trigo, diferentemente das demais culturas, o extrato de capim-amargoso apresentou efeito alelopático sobre a germinação de sementes. Além dessa variável, o comprimento de raiz também foi inferior quando as sementes foram expostas ao extrato. A germinação de sementes de trigo foi reduzida em 7,52% quando exposto ao extrato, bem como o comprimento de raiz que reduziu 33,33% quando comparado a testemunha (Tabela 7).

Tabela 7 – Teste T sobre as médias das variáveis: germinação (%) de sementes (G), comprimento de raiz (CR) de plântula (cm) de trigo.

Tratamento	Variáveis	
	G (%)	CR (cm)
Capim-amargoso	86b	8,34b
Testemunha	93a	12,51a
Redução (%)	7,52	33,33

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ($p \leq 0,05$).

Segundo Ferreira e Áquila (2000) e Ferreira e Borghetti (2004) a germinação é o processo menos afetado pelos compostos alelopáticos, assim como ocorreu em sementes de milho e sorgo. Ferreira e Borghetti (2004), Moreira e Mandrick (2012) ainda ressaltam que a fase mais comprometida é durante o crescimento da plântula, principalmente sobre o comprimento médio das raízes, como observado no presente estudo para todas as culturas avaliadas.

Segundo Mahboobi et al. (2016), Silva (2014) e Souza Filho (2014) a sensibilidade aos extratos vegetais de plantas daninhas pode ser afetada pela concentração dos mesmos, indicando mudanças nas rotas metabólicas, na permeabilidade das membranas, na transcrição e tradução do DNA. Isso sugere que várias concentrações de um mesmo extrato devem ser testadas para cada cultura de interesse.

No presente estudo, as plântulas de milho e sorgo não foram afetadas no processo germinativo pelo extrato de capim-amargoso com concentração de 10%. Todavia, em estudo realizado por Moreira e Mandrick (2012) quando a concentração foi de 50% houve queda nos parâmetros de germinação de sementes de milho.

Em estudo realizado por Santos, Silva e Stival (2020) utilizando extrato aquoso de *Bidens pilosa* L. (picão) nas concentrações de 25, 50 e 75% os autores verificaram efeito alelopático sobre a germinação de sementes de sorgo. Já ao utilizar extrato de *Crotalaria spectabilis* (5%) sementes de milho, soja e trigo não tiveram a porcentagem de germinação afetada (SCARTEZINI, 2020).

No processo de germinação a semente depende, além da água, das suas reservas para os eventos fisiológicos ocorrerem normalmente, dessa forma, eventualmente não são afetadas pelos compostos alelopáticos liberados pelas plantas daninhas. Já ao emitir raízes, as plântulas começam a absorver

nutrientes do meio, evento que pode ser impedido ou limitado através da alelopatia, ocasionando conseqüentemente a redução do comprimento das plântulas assim como identificado por Stulp et al. (2011). Podendo ser um dos motivos pelo qual as culturas do milho e sorgo não apresentaram redução na germinação quando expostas ao extrato de capim-amargoso, porém, diferentemente do que aconteceu com a cultura do trigo.

Oliveira et al. (2015) consideraram que a interferência no crescimento radicular das plantas é um dos melhores parâmetros para pesquisas que objetivam classificar os efeitos potenciais alelopáticos a partir de extratos de plantas. Quando a plântula sofre efeito da alelopatia sobre o crescimento das raízes, o acúmulo de massa fresca/seca pode ser comprometido (SILVA, 2018), como foi observado nas plântulas de milho. Para sorgo e trigo, mesmo sofrendo danos no desenvolvimento das raízes, a massa verde não foi reduzida pelo efeito alelopático do extrato de capim-amargoso.

Resultado semelhante ao do presente estudo foi observado por Santos, Silva e Stival (2020), em que os autores observaram redução do comprimento de raiz e massa seca de plântula de sorgo, todavia, quando expostas ao extrato de *B. pilosa*.

Em estudo realizado sobre o extrato (10%) de *Bidens pilosa* L. sobre o milho, houve redução do índice de velocidade de emergência, do comprimento de parte aérea e de raiz e massa seca das plântulas, além de aumentar o número de plântulas anormais, não mostrando alteração significativa na germinação final (TEIXEIRA, 2018).

Muniz et al. (2007) também observaram redução da quantidade de massa seca de radícula de plântulas de milho submetidas a germinação em extrato de *Cyperus rotundus*. Segundo os autores, isso possivelmente ocorre pois os aleloquímicos podem causar alterações na relação água-planta, acarretando distúrbios nas membranas das células das raízes, levando a diminuição significativa da biomassa vegetal das plantas.

Ao investigar o efeito alelopático de fenóis hidrossolúveis das plantas daninhas *Vicia sativa* (avica), *Trigonella polycerata* (trifólio), *Lathyrus aphaca* (ervilhaca-amarela), *Medicago polymorpha* (trevo) e *Melilotus indica* (trevo-de-cheiro) sobre a germinação e a produção de massa de plântulas de trigo, Zohaib et al. (2016) observaram que extratos aquosos (5%) de *M. indica* e *V. sativa*

exerceram efeito inibidor sobre a germinação das sementes. Além disso, extratos de *T. polycerata* e *M. indica*, na mesma concentração, reduziram a biomassa fresca da parte aérea e raiz.

Em estudo realizado por Gul, Ijaz e Khan (2019) para investigar os efeitos alelopáticos de erva-flecha (*Sagittaria sagittifolia* (Brummitt & Powell): L.) na germinação de sementes e desenvolvimento de plântula de trigo os autores verificaram inibição total da germinação.

Conforme resultados observados na literatura, é possível inferir que a resistência ou tolerância aos compostos alelopáticos é variável conforme espécie produtora de tal, e da espécie receptora, ou seja, há espécies mais sensíveis e espécies mais resistentes que outras. No presente estudo, o capim-amargoso apresentou efeito alelopático sobre as culturas de milho, sorgo e trigo, afetando maior número de variáveis na cultura do milho.

Além da germinação Souza Filho, Guilhon e Santos (2010) recomendam que seja realizado a análise do IVG, o qual pode dar indicações importantes sobre efeito o alelopático. Os autores salientam a importância da execução dos bioensaios de germinação e IVG separadamente, pois a obtenção das duas variáveis pelo mesmo ensaio pode levar a superestimar o efeito alelopático. Assim, nos bioensaios de desenvolvimento recomenda-se o uso de sementes pré-germinadas, com até três dias de germinação.

Também deve ser levado em conta o volume do extrato adicionado ao lote de sementes utilizado, de forma que não seja gerado uma condição anaeróbica, proporcionando assim condição prejudicial para a germinação das sementes, além da promovida pelo efeito alelopático (SOUZA-FILHO et al., 2010).

De maneira geral, as plantas daninhas interferem direta e indiretamente nas funções das plantas cultivadas, devido a sua elevada capacidade de extrair água e nutrientes do solo, recepção de luz e CO₂ do ambiente, quando em condições de competição com outras espécies, ocasionando assim danos sobre o crescimento e desenvolvimento de culturas de interesse econômico e consequentemente perdas em produtividade (KHAWAR et al., 2015).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do embasamento bibliográfico pertinente ao tema, as plantas daninhas mais competitivas na lavoura são aquelas pertencentes à mesma família botânica da cultura. Isso ocorre pois geralmente possuem as mesmas exigências por recursos.

Os resultados obtidos no presente estudo não esgotam o assunto a que se propôs investigar. Portanto, recomenda-se para pesquisas futuras a investigação de outras variáveis, que possibilitem a melhor compreensão dos fatores envolvidos em relação ao ambiente e as espécies cultivadas.

Dentre essas variáveis, baseadas na literatura, recomenda-se a especulação de diferentes dosagens de extrato de capim-amargoso, a avaliação do IVG e a utilização de sementes pré-germinadas para tal variável, a condução separadamente dos testes de germinação, IVG, comprimento de parte e raiz de plântula, além da condução dos testes em campo, permitindo assim, estabelecer protocolos que permitam sua replicabilidade.

7 CONCLUSÃO

A espécie *Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman (capim-amargoso) apresenta efeito alelopático sobre as espécies *Zea mays* (L.) (milho), *Sorghum bicolor* (L.) Moench. (sorgo) e *Triticum aestivum* (L.) (trigo).

O efeito alelopático de capim-amargoso afeta de forma mais acentuada as variáveis analisadas da cultura do milho.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO; D.; RIGOLI, R. P.; SCHAEGLER, C. E.; TIRONI, S. P.; SANTOS, L. S. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.
- AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P.; SILVA, A. A. da. **Manejo de plantas daninhas**. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. Soja: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, 2015, p. 234-255.
- ALVES, P. L. C. A. **Potencial alelopático de extratos aquosos de plantas daninhas**. In: SILVA, J. F.; MARTINS, D. Manual de Aulas Práticas de Plantas Daninhas. Jaboticabal: FUNEP, 2013. 23p.
- BETTIO, C. S.; GANASCINI, D.; WUNSH, C. A.; RENOSTO, L.; MAGGI, M. F.; GURGACZ, F. Produtividade do milho (*Zea mays* L.) com diferentes arranjos populacionais em linhas simples e duplas. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 3, p. 44-51, 2017.
- BHERING, L. L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 187-190, 2017.
- BLANCO, H. G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle das plantas daninhas. **O Biológico**, v. 38, n. 10, p. 343-50, 1972.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399p.
- CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas**. Lages: UDESC, 2013. 82p.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2019/2020**. v. 7, n. 6, p. 1-31, 2020.
- CZARNOTA, M. A.; RIMANDO, A. M.; WESTON, L. A. Evaluation of root exudates of seven Sorghum accessions. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, n. 9, p. 2073-2083, 2003.

DAYAN, F. E.; KAGAN, I. A.; RIMANDO, A. M. Elucidation of the biosynthetic pathway of the allelochemical sorgoleone using retrobiosynthetic NMR analysis. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 278, n. 31, p. 28607-28611, 2003.

DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas: Fundamentos**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 431p.

DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E.; MAGALHÃES, P. C.; SANTOS, M. X. dos; LABORY, C. R. G.; PEREIRA, J. J. Critérios morfo-fisiológicos utilizados para seleção de genótipos de milho visando tolerância à seca. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Belém. **Anais...** Belém: SBFV, 1997. p. 327.

FELDENS, L. **A agricultura familiar**. In: _____. O homem, a agricultura e a história. Lajeado: Ed. Univates, 2018, p.107-123.

FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p.175-204, 2000.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed. 2004. 323p.

FERREIRA, G. B. **Interferência de Capim - Amargoso (*Digitaria insularis*) no desenvolvimento da cultura da soja**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Mato Grosso. Sinop, 2018.

GALON, L.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. A.; SILVA, D. V.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; VARGAS, L. Características fisiológicas de biótipos de *Conyza bonariensis* resistentes ao glyphosate cultivados sob competição. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 859-866, 2013.

GAZOLA, T.; BELAPART, D.; CASTRO, E. B.; CIPOLA FILHO, M. L.; DIAS, M. F. Características biológicas de *Digitaria insularis* que conferem sua resistência à herbicidas e opções de manejo. **Científica**, v. 44, n. 4, p. 557–567, 2016.

GAZZIERO D.; ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; VOLL, E.; FORNAROLLI, D. Capim-amargoso: outro caso de resistência ao glifosato. **A Granja**, v. 67, n. 752, p. 47-49, 2011.

GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; FORNAROLLI, D.; VARGAS, L.; ADEGAS, F. S. **Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja.** In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na Era da Biotecnologia. **Anais...** Campo Grande: XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na Era da Biotecnologia, 2012, p. 733.

GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; FORNAROLLI, D.; OVEJERO, R. F. L. **Capim-amargoso resistente ao glyphosate.** [S.l.]: Embrapa Soja, 2013.

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR. R.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.; JUMES, T.; OLIVEIRA NETO, A.; DAN, H.; BIFFE, D. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 1, p. 231-240, 2012.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 14^a ed. Piracicaba: Degaspari. 2000. 477p.

GUIMARÃES, P. S. **Desempenho de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.) e correlação entre heterose e divergência genética entre as linhas parentais.** 2007. Dissertação (Mestrado em Agricultura tropical e subtropical) Instituto agrônomo. Campinas, 2007.

GUL, B.; IJAZ, S.; KHAN, H. Efeito Alelopático do Lótus e da Erva-Flecha na Germinação de Trigo, Aveia Selvagem e Cardo-Mariano. **Planta Daninha**, v. 37, n. 1, p. 23-40, 2019.

KHAWAR, J.; GULSHAN, M.; VIRENDER, S.; BHAGIRATH, S. C. Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop Protection**, v. 72, n. 1, p. 57-65, 2015.

KUMBHAR, B. A.; PATEL, D. D. Allelopathic effects of different weed species on crop. **Journal of Pharmaceutical Science and Bioscientific Research**, v. 6, n. 1, p. 801-805, 2016.

LORENZI, H. **Manual de Identificação de Plantas Daninhas e seu controle.** Nova Odessa: Editora Plantarum, 2014. 381p.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 720p.

MACHADO, A. F. L.; MEIRA, R. M. S.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; FIALHO, C. M. T.; MACHADO, M. S. Caracterização anatômica de folha, colmo e rizoma de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 1-8, 2008.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa. Circular Técnica n. 22, p. 65, 2002. EMBRAPA – MAPA.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; MAY, A.; LIMA FILHO, O. F.; SANTOS, F. C.; MOREIRA, J. A. A.; LEITE, C. E. P.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FREITAS, R. S. **Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção**. In: BORÉM, A. (Ed.). *Sorgo: do plantio à colheita*. Viçosa: UFV, 2014, p. 58-88.

MAHBOOBI, N.; HEIDARIAN, A. R. Allelopathic effects of medicinal plants on germination and seedling growth of some weeds. **Journal of Fundamental and Applied Sciences**, v. 8, n. 2, p. 323-336, 2016.

MAJEED, A.; MUHAMMAD, Z.; HUSSAIN, M.; AHMAD, H. In vitro allelopathic effect of aqueous extracts of sugarcane on germination parameters of wheat. **Acta Agriculturae Slovenica**, v. 2, n. 1, p. 349-356, 2017.

MARTINS, E. A.; CARDOSO, C. D. V. Diagnóstico da adoção de tecnologias de agricultura de precisão em propriedades rurais do rio grande do sul. **Revista Interação**, v. 10, n. 1, p. 120-129, 2019.

MEAZZA, G.; SCHEFFLER, B. E.; TELLEZ, M. R.; RIMANDO, A. M.; NANAYAKKARA, N. P. D.; KHAN, I. A. The inhibitory activity of natural products on plant p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Phytochemistry**, v. 60, n. 3, p. 281-288, 2002.

MEDEIROS, W. N.; MELO, C. A. D.; TIBURCIO, R. A. S.; SILVA, G. S.; MACHADO, A. F. L.; SANTOS, L. D. T.; FERREIRA, F. A. Crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob interferência de plantas daninhas. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p.147-157, 2016.

MENDONÇA FILHO, A. L.; OLIVEIRA, W. S.; OLIVEIRA JUNIOR, P. P.; ARAÚJO, M. L. Potencial alelopático de diferentes espécies de plantas daninhas sobre o desenvolvimento de plântulas de feijão. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 15, n. 5, p. 31-40, 2011.

MICKELBART, M. V.; HASEGAWA, P. M.; BAILEY-SERRES, J. Genetic mechanisms of abiotic stress tolerance that translate to crop yield stability. **Nature Revista de Genética**, v. 16, n. 1, p. 237-251, 2015.

MILLER, D. A. Allelopathy in forage crop systems. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 1, p. 854-859, 1996.

MOREIRA, G. C.; MANDRICK, C. Alelopatia de extrato de capim-amargoso sobre a germinação de sementes de soja e milho. **Cultivando o Saber**, v. 5, n. 1, p. 129-137, 2012.

MULLET, J., MORISHIGE, D., MCCORMICK, R., TRUONG, S., HILLEY, J., MCKINLEY, B., ANDERSON, R., OLSON, S.N. AND ROONEY, W. Energy sorghum-a genetic model for the design of C-4 grass bioenergy crops. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 1, p. 3479-3489, 2014.

MUNIZ, F. R.; CARDOSO, M. G.; VON PINHO, E. V. R.; VILELA, M. Qualidade fisiológica de sementes de milho, feijão, soja e alface na presença de extrato de tiririca. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 195-204, 2007 .

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 348p.

OLIVEIRA, J. S.; PEIXOTO, C. P; POELKING, V. G. C.; ALMEIDA, A. T. Avaliação de extratos das espécies *Helianthus annuus*, *Brachiaria brizantha* e *Sorghum bicolor* com potencial alelopático para uso como herbicida natural. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 379-384, 2015.

ORT, D. R.; MERCHANT, S .S.; ALRIC, J.; BARKAN, A.; BLANKENSHIP, R. E. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 2, p. 8529-8536, 2015.

PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informativo Agropecuário**, v. 11, n. 1, p. 16-27, 1985.

RICE, E. L. **Allelopathy**. New York: Academic Press, 1984. 422p.

ROCKENBACH, A. P.; RIZZARDI, M. A.; NUNES, A. L.; BIANCHI, M. A.; CAVERZANI, A.; SCHNEIDER, T. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 59-70, 2018.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2001.

SANTOS, A. C.; SILVA, C. F.; STIVAL, M. M. Allelopathic effect of aqueous black pepper extract (*Bidens pilosa*) on germination and initial development of grain sorghum. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 12, Edição Especial, p. 42-47, 2020.

SAUSEN, D.; MARQUES, L. P.; BEZERRA, L. O.; SILVA, E. S.; CANDIDO, D. Biotecnologia aplicada ao manejo de plantas daninhas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 23150-23169, 2020.

SCARTEZINI, L. O. **Efeito alelopático do extrato aquoso de crotalária (*Crotalaria spectabilis* roth, família Fabaceae) sobre plantas daninhas e cultivadas, em condições de laboratório**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Curitibanos, 2020.

SCHNEIDER, T.; RIZZARDI, M. A.; NUNES, A. L.; BIANCHI, M. A.; BRAMMER, S. P.; ROCKENBACH, A. P. Biologia molecular aplicada à ciência das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 12-24, 2018.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 333p.

SHAH, A. N.; IQBAL, J.; ULLAH, A.; YANG, G.; YOUSAF, M.; FAHAD, S. Allelopathic potential of oil seed crops in production of crops: a review. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 23, n. 15, p. 14854-14867, 2016.

SHAW, W. C. Integrated weed management systems technology for pest management. **Weed Science**, v. 30, n. 1, p. 2-12, 1982.

SILVA, A. A. da; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, R. R. Colaboradores: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; VARGAS, L. **Controle de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 1999. 260p.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. 367p.

SILVA, B. E. C; SILVA, M. R. J. Viabilidade econômico-financeira da implantação da cultura do milho no município de Santa Teresa-ES. **Revista UNIVAP**, v. 23, n. 43, p. 12-23, 2017.

SILVA, C. B. **Determinação do potencial alelopático e composição química de extratos vegetais da espécie *Croton heliotropifolius* kunth no controle de *Bidens pilosa* (L.) e *Digitaria insularis* (L.) Fedde**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Alagoas. Alagoas, 2018.

SILVA, D. B.; GUERRA, A. F.; REIN, T. A.; ANJOS, J. R. N.; ALVES, R. T.; RODRIGUES, G. C.; SILVA, L. A. C. **Trigo para o abastecimento familiar: do plantio à mesa**. Brasília: Embrapa, 1996. 176p.

SILVA, M. G. F. **Avaliação do potencial alelopático de raízes de capim annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) e estudo fitoquímico**. 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

SILVA, R. C.; GRZYBOWSK, C. R. S.; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 491-499, 2016.

SOARES SOBRINHO, J.; SOUZA, M. A. de. **Introdução e experimentação de cultivares e linhagens de trigo cru regime irrigado: ano 1982**. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte. 1983. p. 23-48.

SOUZA FILHO, A. P. S. **Alelopatia: princípios básicos e mecanismos de interferências**. In: MONQUERO, P. A. (Org.) Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas. São Carlos: RiMa, 2014. 430p.

SOUZA FILHO, A. P. S.; GUILHON, G. M. S. P.; SANTOS, L. S. Metodologias empregadas em estudos de avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório: revisão crítica. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 689-697, 2010.

STÜLP, J. L.; BATTISTUS, A. G.; BULEGON, L. G.; PALUDO, W. E.; PINTO NETO, A. A.; BORGES, F. G. Utilização de extrato de leucena (*Leucaena leucocephala*) no desenvolvimento inicial de rabanete (*Raphanus sativus*) visando melhor qualidade das plantas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 1-8, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2019. 858p.

TEIXEIRA, A. C. **Potencial alelopático de *Bidens pilosa* L. sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de culturas de verão**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Fronteira Sul. Cerro Largo, 2018.

TOKURA, L. K.; NÓBREGA, L. H. P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 379-383, 2006.

VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. Interferência de Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 8, n. 1, p. 01-06, 2012.

ZOHAIB, A.; ABBAS, T.; TABASSUM, T. Weeds cause losses in field crops through allelopathy. **Not Science Biological**, v. 8, n.1, p. 47-56, 2016.