

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

VALÉRIA GAZZANA CORRÊA

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRATOS DE CAPIM-ARROZ SOBRE
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ESPÉCIE INDICADORA**

**Itaqui
2024**

VALÉRIA GAZZANA CORRÊA

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRATOS DE CAPIM-ARROZ SOBRE
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ESPÉCIE INDICADORA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Glauber Monçon Fipke

**Itaqui
2024**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

C163p Corrêa, Valéria Gazzana

Potencial alelopático de extratos de capim-arroz sobre germinação e crescimento de plântulas de espécie indicadora. / Valéria Gazzana Corrêa.

42 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2024.

"Orientação: Glauber Monçon Fipke".

1. alelopatia. 2. aleloquímicos. 3. Metabolismo secundário. 4. Plantas daninhas. I. Título.

VALÉRIA GAZZANA CORRÊA

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRATOS DE CAPIM-ARROZ SOBRE
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ESPÉCIE INDICADORA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Agronomia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 16 de julho de 2024.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Glauber Monçon Fipke
Orientador
(UNIPAMPA)

Prof. Dra. Luciana Zago Ethur
(UNIPAMPA)

Prof. Dra. Renata Silva Canuto de Pinho
(UNIPAMPA)

RESUMO

Alelopatia é o termo utilizado para definir a interferência que uma planta tem sobre outra, a partir da liberação de compostos químicos no ambiente ao seu redor, podendo esta interferência ser benéfica ou prejudicial. O capim-arroz é a planta daninha mais frequente em áreas de várzea e é considerado muito competitivo e responsável por grande perda de produtividade de grãos quando não controlado satisfatoriamente. As plantas daninhas além de competirem com as plantas cultivadas por recursos do meio, podem também interferir através da alelopatia. Para investigação inicial de efeitos alelopáticos geralmente utiliza-se uma espécie indicadora como receptora, como a alface. O objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos alelopáticos de extratos produzidos a partir de diferentes partes de plantas de capim-arroz, sobre a germinação e crescimento inicial de plântulas de alface. Os tratamentos utilizados foram diferentes concentrações de extratos de folhas e de raízes de capim-arroz. Foram avaliadas a germinação de sementes, o comprimento de parte aérea e de sistema radicular, e o peso de matéria fresca de plântulas. Os resultados encontrados foram estimulatórios e inibitórios, sendo dependentes da concentração utilizada. O extrato de folhas de capim-arroz não influenciou a germinação, somente o crescimento de plântulas. O comprimento de parte aérea foi estimulado pelas concentrações a partir de 20 g/L, e o comprimento do sistema radicular a partir de 40 g/L. Todas as concentrações estimularam o acúmulo de massa de matéria fresca de plântulas. O extrato de raízes de capim-arroz inibiu a germinação de sementes e não influenciou o crescimento de plântulas. A germinação foi inibida a partir da concentração de 10 g/L. Diante disso, é possível afirmar que os extratos de folhas e de raízes de capim-arroz produziram efeitos alelopáticos sobre a germinação e crescimento inicial de alface.

Palavras-Chave: alelopatia; aleloquímicos; metabolismo secundário; plantas daninhas.

ABSTRACT

Allelopathy is the term used to define the interference one plant has over another through the release of chemical compounds into the surrounding environment, and such interference can be harmful or beneficial. Barnyard-grass is the most common weed in floodplain areas and is considered very competitive and responsible for major losses in grain yields when not satisfactorily controlled. In addition to competing with cultivated plants for resources in the environment, weeds can also interfere through allelopathy. For the initial investigation of allelopathic effects, an indicator species such as lettuce is generally used as a receptor. The aim of this work was to investigate the allelopathic effects of extracts produced from different parts of the barnyard-grass plant on the germination and initial growth of lettuce seedlings. The treatments used were different concentrations of barnyard-grass leaf and root extracts. Seed germination, aerial part and root system length and seedling fresh matter weight were assessed. The results were stimulatory and inhibitory, depending on the concentration used. The barnyard-grass leaf extract did not influence germination, only seedling growth. The length of the aerial part was stimulated by concentrations from 20 g/L, and the length of the root system from 40 g/L. All concentrations stimulated the accumulation of fresh matter mass in the seedlings. The barnyard-grass root extract inhibited seed germination and did not influence seedling growth. Germination was inhibited from a concentration of 10 g/L. It is therefore possible to state that the extracts of barnyard-grass leaves and roots produced allelopathic effects on the germination and initial growth of lettuce.

Keywords: allelopathy; allelochemicals; secondary metabolism; weeds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1 – Plântulas de capim-arroz.	19
Imagem 2 – Folhas e raízes de capim-arroz.	20
Imagem 3 – Extratos brutos de folhas e raízes de capim-arroz.	21
Tabela 1 – Tratamentos e respectivas concentrações dos extratos de folhas e de raízes de capim-arroz.	21
Imagem 4 – Diluições do extrato de folhas de capim-arroz.	22
Imagem 5 – Diluições do extrato de raízes de capim-arroz.	22
Imagem 6 – Semeadura da alface.	23
Imagem 7 – Contagem de germinação, aos sete dias após a semeadura.	24
Imagem 8 – Plântula normal.	24
Imagem 9 – Plântulas de alface aos dez dias após a semeadura.	25
Imagem 10 – Plântulas utilizadas para avaliação de crescimento e massa de matéria fresca.	25
Tabela 2 – Resumo da análise de variância representada pelos quadrados médios das variáveis, indicando o efeito significativo das concentrações do extrato de folhas de capim-arroz sobre a germinação e crescimento de plântulas.	26
Figura 1 – Efeito alelopático promovido pelas diferentes concentrações do extrato de folhas de capim-arroz sobre a porcentagem de germinação (PG).	27
Figura 2 – Efeito alelopático promovido pelas diferentes concentrações do extrato de folhas de capim-arroz sobre o comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de sistema radicular (CSR) e massa de matéria fresca (MMF).	27
Tabela 3 - Resumo da análise de variância representada pelos quadrados médios das variáveis indicando o efeito significativo das concentrações do extrato de raízes de capim- arroz sobre a germinação e crescimento de plântulas.	28
Figura 3 - Efeito alelopático promovido pelas diferentes concentrações do extrato de raízes de capim-arroz sobre a porcentagem de germinação (PG).	29
Figura 4 - Efeito alelopático promovido pelas diferentes concentrações do extrato de raízes de capim-arroz sobre o comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de sistema radicular (CSR) e massa de matéria fresca (MMF).	29
Imagem 11 – Plântulas danificadas e/ou deformadas.	30
Imagem 12 – Plântulas danificadas e/ou deformadas.	30
Imagem 13 – Plântulas danificadas e/ou deformadas.	31

LISTA DE ABREVIATURAS

cm – Centímetros

g – Gramas

g/L – Gramas por litro

kg ha⁻¹ – Quilogramas por hectare

L – Litro

m² – Metro quadrado

mL – Mililitros

pH – Potencial hidrogeniônico

LISTA DE SIGLAS

ACCase - Acetil-coenzima A carboxilase

ABA – Ácido abscísico

AIA – Ácido indolacético

ALS - Acetolactato Sintase

BOD – Biochemical Oxygen Demand

CPA – Comprimento de parte aérea

CSR – Comprimento de sistema radicular

EPSPs - 5-enol-piruvil-shiquimato-3-fosfato sintase

ISA – International Allelopathy Society

MMF – Massa de matéria fresca

PG – Porcentagem de germinação

RAS – Regras para Análise de Sementes

SISVAR – Sistema de Análise de Variância

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo geral	12
1.2 Objetivos específicos	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Alelopatia	13
2.1.1 Metodologias de estudo da alelopatia	15
2.2 Capim-arroz	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Procedimentos experimentais	19
3.2 Avaliações	23
4 RESULTADOS	26
4.1 Extratos de folhas de capim-arroz	26
4.2 Extratos de raízes de capim-arroz	28
5 DISCUSSÃO	30
CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Alelopatia é o termo utilizado para definir a interferência que uma planta tem sobre outra, a partir da liberação de compostos químicos no ambiente ao seu redor, podendo esta interferência ser benéfica ou prejudicial (Rice, 1984 *apud* Ferreira; Aquila, 2000). Os compostos químicos que apresentam ação alelopática são chamados de aleloquímicos, e todas as plantas os produzem, a partir do metabolismo secundário, podendo ser encontrados em diversos órgãos vegetais, como folhas e raízes (Silva, 2012). Estas substâncias alelopáticas são liberadas do tecido vegetal para o ambiente via volatilização, lixiviação, exsudação radicular e pela decomposição de resíduos vegetais no solo (Pires; Oliveira, 2011; Almeida-Bezerra *et al.*, 2020; Souza-Filho; Alves, 2002). Os aleloquímicos, quando liberados no ambiente, podem ser responsáveis por alterar processos fisiológicos como germinação, crescimento e desenvolvimento de plantas próximas (Souza-Filho; Alves, 2002). Uma das formas de investigar a atividade alelopática de uma determinada espécie é analisando seus efeitos sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas, a partir de testes de germinação realizados em laboratório, geralmente utilizando como planta receptora uma espécie considerada indicadora, por possuir maior sensibilidade a grande maioria dos aleloquímicos já estudados, como por exemplo a alface (Pires; Oliveira, 2011).

Plantas daninhas encontradas em áreas de cultivo agrícola, além de competirem com as plantas cultivadas por recursos, como água, nutrientes, luz e espaço, atuarem como hospedeiras de pragas e doenças, depreciar produtos agrícolas e interferirem em atividades de manejo, também causam interferência através da alelopatia, podendo influenciar no estabelecimento e desenvolvimento da cultura e prejudicar a produtividade da lavoura (Oliveira Jr; Constantin: Inoue, 2011).

O capim-arroz é uma planta daninha frequentemente encontrada em ambiente de várzea, característico de áreas da fronteira oeste do Rio Grande do Sul, e é considerado muito competitivo e responsável por grande perda de produtividade de grãos quando não controlado satisfatoriamente.

Diante do exposto, investigar a atividade alelopática do capim-arroz pode trazer uma informação interessante a respeito da forma como esta espécie interage com culturas de interesse agrícola, como por exemplo o arroz irrigado, considerando que é constantemente encontrada nesses cultivos.

1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos alelopáticos de extratos produzidos a partir de diferentes partes de plantas de capim-arroz, sobre a germinação e crescimento inicial de plântulas de alface.

1.2 Objetivos específicos

- Verificar se os extratos produzidos a partir de folhas e de raízes de capim-arroz exerce efeito alelopático sobre a germinação e crescimento inicial de plântulas de alface;
- Identificar em quais concentrações de extratos de folhas e de raízes de capim-arroz ocorreram efeitos alelopáticos em plântulas de alface.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Alelopatia

Alelopatia foi o termo criado pelo botânico austríaco Hans Molisch no ano de 1937 (Rice, 1987 *apud* Souza-Filho; Alves, 2002) para referir-se às interações entre plantas, e também microrganismos, sugerindo que o efeito é realizado por substâncias químicas quando são liberadas no ambiente. Posteriormente, o pesquisador Elroy Rice (1984) propôs a definição de alelopatia como “qualquer efeito direto ou indireto, danoso ou benéfico, que uma planta (incluindo microrganismos) exerce sobre outra, pela produção de compostos químicos liberados no ambiente” (Ferreira; Aquila 2000). Atualmente, a Sociedade Internacional de Alelopatia, diz que “alelopatia refere-se ao impacto das plantas sobre as plantas vizinhas e/ou sua microflora e/ou macrofauna associadas pela produção de aleloquímicos” (ISA, 1996).

Os compostos químicos envolvidos na alelopatia, foram denominados aleloquímicos por Whittaker (1970), segundo Souza-Filho e Alves (2002), e tais substâncias são oriundas do metabolismo secundário vegetal, sendo, portanto, produzidos por todas as plantas, variando em concentração, diversidade e composição de espécie para espécie (Silva, 2012). Lima *et al.* (2018) apontam que a pressão de seleção por fatores biótico e abióticos aos quais as plantas estão expostas ao longo do seu processo de evolução foi o que provocou as rotas de síntese dos metabólitos secundários. Acerca da diferença entre metabolismo secundário e primário, este último refere-se a síntese e degradação de substâncias químicas relacionadas às funções essenciais à sobrevivência do organismo, enquanto as advindas do metabolismo secundário são utilizadas durante estágio de crescimento e desenvolvimento específico, ou durante períodos de estresse (Souza-Filho; Alves, 2002).

Os aleloquímicos pertencem a diferentes categorias, tais como, fenóis, terpenos, alcalóides, poliacetilenos, ácidos graxos e peptídeos, provenientes de diversos órgãos, incluindo folhas, flores, frutos e gemas de muitas espécies vegetais (Rice, 1984 *apud* Almeida-Bezerra *et al.*, 2020). Silva e Mendes (2022) complementam dizendo que os compostos alelopáticos podem ser produzidos, além dos órgãos já citados, nos caules, gemas, rizomas, raízes e sementes, e que a concentração desses compostos é alterada em função da espécie e do estágio de desenvolvimento da planta. Sobre localização de um aleloquímico na planta, Souza-Filho e Alves (2002) dizem estar relacionada a dois aspectos: facilidade de liberação e função que desempenham. Para Trezzi (2014) às variações na composição e características das substâncias alelopáticas são consequências do processo de seleção a que os vegetais são submetidos, e a

produção está associada a mecanismos de defesa e tolerância ao estresse pelas plantas. Em conformidade, Pires e Oliveira (2011) afirmam que a principal função dos aleloquímicos é a proteção ou defesa destas contra o ataque de fitopatógenos e pragas ou invasão de outras plantas.

Tais substâncias alelopáticas podem ser liberadas dos tecidos vegetais por volatilização quando submetidos a elevação de temperatura, por lixiviação quando são arrastados da superfície vegetal e depositados no solo, por exsudação radicular, e pela decomposição de resíduos vegetais quando ocorre o rompimento das paredes celulares mortas ou pela lixiviação dos compostos presentes nos resíduos. (Pires; Oliveira, 2011; Almeida-Bezerra *et al.*, 2020; Souza-Filho; Alves, 2002).

Segundo Ferreira e Aquila (2000) e Souza-Filho e Alves (2002), a forma que os aleloquímicos atuam pode ser dividida em ação direta e indireta, onde o modo de ação direto ocorre quando os compostos químicos penetram as células, interferindo diretamente no seu metabolismo, já o modo de ação indireto diz respeito às alterações no ambiente decorrentes dos compostos químicos, como por exemplo alterações nas propriedades do solo. Para Silva e Mendes (2022), geralmente os efeitos da alelopatia consistem em interferências nos processos vitais das plantas. Almeida-Bezerra *et al.* (2020), citando Rice (2012), destacam diversos modos de ação dos aleloquímicos, como alteração na divisão, alongamento e estrutura das células, mudanças na permeabilidade de membranas, inibição na produção de hormônios de crescimento, na absorção de água e nutrientes, bloqueio na respiração e fotossíntese, indução ao estresse oxidativo e na inibição da síntese de proteínas e ácidos nucleicos. Ferreira e Aquila (2000) salientam que o efeito visível dos aleloquímicos sobre as plantas são manifestações secundárias de efeitos ocorridos a nível molecular e celular inicialmente.

A alelopatia pode ser confundida com a competição, entretanto são conceitos diferentes. Na competição está envolvida a remoção de um componente do meio necessário a ambas as plantas, enquanto a alelopatia diz respeito à adição de fatores ao meio (Reigosa *et al.*, 2013). Inderjit e Callaway (2003), destacam que as espécies que produzem tais substâncias, ao afetar o crescimento de outras, podem se beneficiar na competição por recursos, de tal forma que os dois processos podem ocorrer simultaneamente.

Para que os efeitos alelopáticos ocorram, é necessária a combinação de diversos fatores, sejam eles edafoclimáticos ou ecofisiológicos (Silva; Mendes, 2022). Diante disso, Einhellig (1996) e Chou (1999), ambos citados por Silva e Mendes (2022), destacam que a produção e a eficiência dos aleloquímicos são reguladas pela temperatura, intensidade luminosa, disponibilidade de água e nutrientes, textura o solo, microrganismos e ataques de insetos.

Silva e Mendes (2022) enfatizam que, diante do crescente número de casos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas sintéticos, bioherbicidas provenientes de substâncias alelopáticas têm se mostrado uma das possibilidades de uso da alelopatia na agricultura, assim como o melhoramento genético de culturas de interesse, com o objetivo de aumentar a concentração de substâncias alelopáticas a fim de auxiliar na vantagem competitiva contra plantas daninhas. Ihsan *et al.* (2015) afirmam que a aplicação combinada de dose reduzida de herbicidas sintéticos e extratos alelopáticos pode proporcionar um controle tão efetivo quanto o obtido a partir da dose padrão de herbicidas. Souza-Filho e Alves (2000) ressaltam ainda outro aspecto, ao dizer que a utilização de substâncias químicas produzidas por plantas ou microrganismos oferecem a possibilidade de reduzir a contaminação ambiental e garantir o oferecimento de produtos agrícolas desprovidos de resíduos de agentes contaminantes.

2.1.1 Metodologias de estudo da alelopatia

Para constatar a presença de efeito alelopático, Putnam e Tang (1986) mencionados por Silva e Mendes (2022) sugerem etapas a serem seguidas: demonstrar a interferência e descrever e quantificar os sintomas; isolar, caracterizar e identificar o aleloquímico; simular a interferência (do aleloquímico) a partir de doses semelhantes às que ocorrem na natureza; monitorar a liberação do aleloquímico, detectando sua presença e sua absorção.

Diante disso, a técnica do bioensaio é um procedimento usado em todos os estudos de alelopatia (Pires e Oliveira, 2011). Segundo estes autores, esta técnica é baseada na resposta biológica de um organismo a uma determinada substância, servindo como indicativo da presença de um composto químico.

Reigosa *et al.* (2013) dizem que, um estudo de alelopatia é aquele que é realizado com substâncias químicas extraídas do tecido vegetal usando métodos naturais, que reproduzam um processo natural, tais como extração aquosa de tecido vegetal que foi triturado ou decomposto, evitando-se extrair substâncias do tecido vegetal através de procedimento químico ou físico-químico, como por exemplo, pelo uso de solventes ou alta pressão. Essa sugestão é devido ao fato de que métodos não naturais extraem substâncias que em condições normais não seriam liberadas, podendo-se obter resultados que na natureza não seriam observados (Inderjit, Dakshini, 1995).

A demonstração dos efeitos alelopáticos tem sido feita em laboratório por meio da aplicação de extratos de uma planta a sementes de outras espécies, geralmente usando como

espécie receptora uma que apresente maior sensibilidade aos aleloquímicos, como a alface (Pires; Oliveira, 2011).

Lima *et al.* (2018) citam ainda outros métodos de investigação de efeitos alelopáticos, para vias específicas de liberação de aleloquímicos, como por exemplo, Plant-Box (caixa de plantas) para avaliação de efeito alelopático de exsudatos radiculares, Sandwich Method (método sanduíche) para avaliar efeitos de aleloquímicos lixiviados de folhas em meio ágar, Dish Pack Method (método de placas multipoços) para uso no caso de substâncias voláteis, e Rhizosphere Soil Method (método de solo rizosférico) que utiliza solo da superfície da raiz da planta supostamente doadora de aleloquímicos.¹

2.2 Capim-arroz

As plantas daninhas vulgarmente conhecidas como capim-arroz são espécies do gênero *Echinochloa*, pertencente à família Poaceae, nativas da Europa e Ásia (Índia), e pela complexidade alguns botânicos preferem denominar de complexo *Echinochloa*. (Andres; Machado, 2004). Segundo os autores supracitados, as plantas de capim-arroz são anuais e com reprodução por sementes, herbáceas e eretas, colmos arredondados ou achatados, folhas glabras e às vezes com pilosidade nos nós, lígula e aurícula ausentes, inflorescências em panículas de coloração verde ou purpúrea e as espiguetas podem ser desprovidas de aristas ou aristadas.

As principais espécies de capim-arroz encontradas em lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil são *E. colonum*, *E. crusgalli* var. *crusgalli* e *E. crusgalli* var. *cruspavonis* (Bortoly *et al.*, 2015). Os autores destacam que essas espécies apresentam grande variabilidade morfológica, o que dificulta sua correta identificação, no entanto, em sua pesquisa, concluiu que podem ser diferenciadas principalmente pela presença ou ausência de aristas e pela coloração das estruturas da planta, onde no *E. colonum* aristas são ausentes e a coloração é predominantemente verde, enquanto no *E. crusgalli* aristas podem ser presentes ou ausentes e coloração entre verde e verde-arroxeadada, já no *E. cruspavonis* aristas são presentes e a coloração predominante é roxo intenso.

As espécies pertencentes ao gênero *Echinochloa* são consideradas as plantas daninhas mais frequentes nas lavouras de cultivo de arroz irrigado no Brasil e no mundo (Agostinetto, 2007; Andres *et al.*, 2019). Bastiani (2015) ressalta que, com a inclusão da cultura da soja no sistema de rotação de culturas com o arroz irrigado em terras baixas, infestações de capim-arroz

¹ Traduzido pela autora.

passam a ser importantes também para a soja, interferindo na produtividade de grãos quando não manejadas adequadamente. Segundo Andres e Martins (2021), o capim-arroz tem características ecofisiológicas que o tornam altamente competitivo no ambiente em que o arroz é cultivado, por se tratar de uma espécie com metabolismo fotossintético C4, é naturalmente mais eficiente no aproveitamento dos recursos disponíveis no ambiente, sendo também favorecido pelas condições de solo inundado e altas temperaturas. Pinto *et al.* (2008) destacam que o porte elevado, grande produção de sementes e vigoroso perfilhamento e enraizamento, proporcionam rápido estabelecimento e crescimento inicial do capim-arroz, elevando sua capacidade competitiva.

Em um estudo realizado no Estado do Rio Grande do Sul, Pisoni *et al.* (2015) concluíram que uma planta de *E. crusgalli* cultivada a uma densidade de 1 planta por m² pode produzir 23.107 sementes. Segundo Andres e Martins (2021) e Bastiani *et al.* (2015) essa característica de alta prolificidade, além de diferentes níveis de dormência e ampla faixa de condições favoráveis para a germinação das sementes, aumentam a capacidade de infestação ao longo do tempo, gerando sucessivos fluxos de emergência durante o período de estabelecimento da cultura, fazendo com que a infestação dessa espécie seja extremamente alta nas áreas de produção de arroz irrigado.

A principal forma de interferência do capim-arroz sobre o arroz cultivado é a competição por recursos do meio (Galon, 2007). Ainda segundo esse autor, o custo de controle do capim-arroz em lavouras de arroz irrigado, no ano de 2006, equivalia a 9% da produção, considerando que a presença de uma planta de capim-arroz por m² ocasionava perdas de produtividades de 5 até 22%, a maioria dos cultivares apresentavam perdas de produtividade por interferência equivalentes ou acima do custo de controle. Os resultados desse estudo indicaram que o capim-arroz é muito competitivo, mesmo em baixas populações, e que medidas de controles que eliminem até 99% da infestação podem não ser suficientes para evitar perdas de produtividades que justifiquem a adoção de medidas de controle (Galon, 2007). Andres e Menezes (1997), citados por Andres e Machado (2004), verificaram que cada planta de capim-arroz reduz a produtividade do arroz em 64 kg ha⁻¹.

A principal estratégia de manejo desta planta daninha tem sido apoiada no controle químico, dependendo basicamente de herbicidas inibidores das enzimas acetil coenzima A carboxilase (ACCCase) e acetolactato sintase (ALS) (Andres *et al.*, 2017 *apud* Andres *et al.*, 2019). O controle químico, mediante o uso de herbicidas, tem sido o mais utilizado devido à facilidade de uso e eficiência (Goulart, 2017). Entretanto, Bastiani (2015) ressalta que o uso intensivo desta técnica tem favorecido o surgimento de biótipos resistentes a herbicidas.

Segundo HEAP (2024), é o caso do capim-arroz, que possui resistência múltipla aos mecanismos de ação mimetizadores de auxina, inibidores da acetolactato sintase (ALS) e da acetil-CoA carboxilase (ACCCase), inibidores da síntese de celulose, e mais recentemente inibidores da EPSP sintase, caso reportado no ano de 2020 na cultura da soja, para o ingrediente ativo glifosato.

A competição entre plantas daninhas, como o capim-arroz, ocorre também pela produção de substâncias estimulantes de crescimento ou tóxicas, que conferem ação alelopática, afetando a germinação e/ou o desenvolvimento de outras (Radosevich; Holt, 1984; Pitelli, 1985; De Datta, 1986 *apud* Andres; Machado, 2004). Para Inderjit e Del Moral (1997) a competição por recursos e a alelopatia ocorrem simultaneamente na natureza e sugeriram que separar esses dois fenômenos é quase impossível, mas a contribuição relativa dos dois mecanismos sobre a interferência vegetal é possível de determinar e importante.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Procedimentos experimentais

O experimento foi conduzido no laboratório de Entomologia e Plantas Daninhas da Universidade Federal do Pampa, localizado no Campus Itaqui, em Itaqui, Rio Grande do Sul. O experimento consistiu na utilização de extratos confeccionados a partir de diferentes partes de plantas de capim-arroz, aplicados em testes de germinação, a fim de investigar possíveis efeitos alelopáticos que causassem interferência na germinação e crescimento de plântulas de alface, uma espécie considerada indicadora, devido a sua maior sensibilidade à aleloquímicos.

Plantas inteiras de capim-arroz foram coletadas das taipas e bordaduras de uma área com plantio de arroz, na área experimental da Universidade (Imagem 1). Por estarem em sua estação de crescimento preferencial (verão), as plantas apresentavam pleno crescimento e desenvolvimento, inclusive, com presença de inflorescência. Assim, pelo método comparativo visual com bibliografia especializada foi possível identificá-la a nível de espécie (Lorenzi, 2014; Moreira; Bragança, 2010): Reino: Plantae; Filo: Magnoliophita; Classe: Angiospermae; Ordem: Poales; Família Poaceae; Subfamília Panicoideae; Gênero: *Echinochloa*; Espécie: *Echinochloa crus-galli* subsp. *crus-galli* (EPPO, 2024).

Imagem 1 – Plantas de capim-arroz.



Posteriormente a coleta foram separadas em parte aérea e sistema radicular (Imagem 2). O sistema radicular foi higienizado com água para remoção do solo remanescente. Todas as folhas foram utilizadas, com exceção das senescentes, e não foram higienizadas para evitar uma possível perda de compostos presentes na superfície.

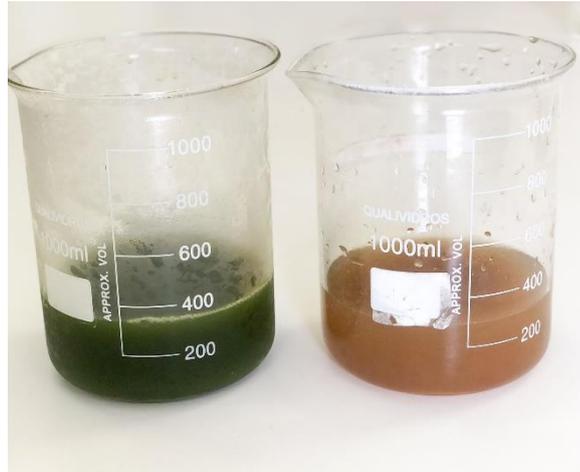
A partir das folhas e raízes extraídas das plantas de capim-arroz foram confeccionados dois extratos (Imagem 3), cada um composto por 20 g de material vegetal (folhas ou raízes) e 400 mL de água destilada, triturados com mixer elétrico, e posteriormente filtrados em gaze para a remoção do material vegetal restante. O pH dos extratos foi verificado com um pHmetro digital portátil modelo AKSO®, sendo encontrado os valores de 6,5 para o extrato de folhas, e 7,0 para o extrato de raízes, a uma temperatura de 22,5 °C, e a água destilada apresentava pH 6,6. De acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) o pH ideal para a germinação deve estar na faixa de 6,0 a 7,5, portanto os valores de pH dos extratos não devem ter influenciado nos resultados do experimento.

Imagem 2 – Folhas e raízes de capim-arroz.



Fonte: A autora (2024)

Imagem 3 – Extratos brutos de folhas e raízes de capim-arroz.



Fonte: A autora (2024).

Para compor os tratamentos deste experimento foram realizadas diluições dos extratos brutos (Imagem 4 e 5), a partir da adição de água destilada, com as concentrações utilizadas descritas na Tabela 1. As diluições dos extratos foram utilizadas para umedecer o substrato onde as sementes foram semeadas.

Tabela 1 – Tratamentos e respectivas concentrações dos extratos de folhas e de raízes de capim-arroz.

Tratamentos	Concentrações de extratos (g/L)
Tratamento 1 (testemunha)	Água destilada
Tratamento 2	2,5
Tratamento 3	5
Tratamento 4	10
Tratamento 5	20
Tratamento 6	40
Tratamento 7	50

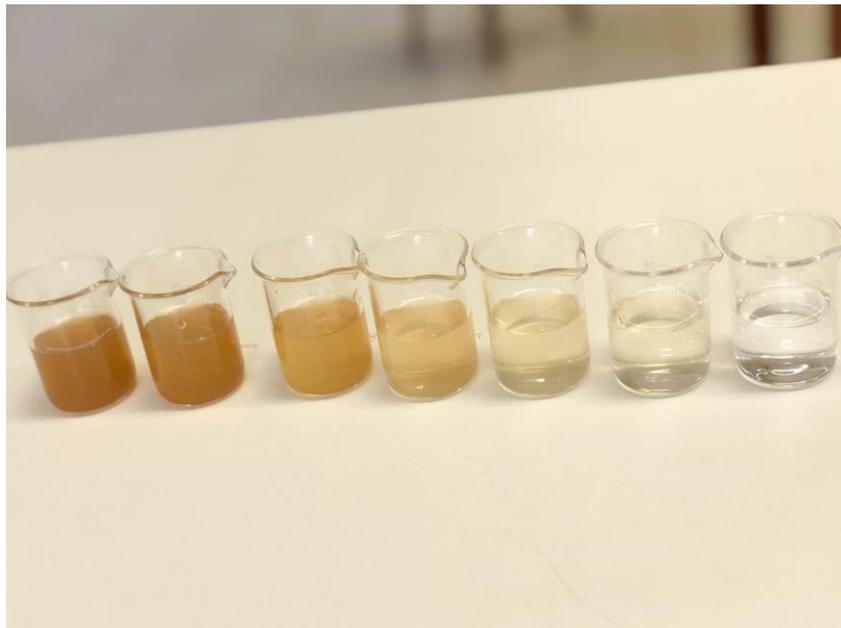
Fonte: A autora (2024).

Imagem 4 – Diluições do extrato de folhas de capim-arroz.



Fonte: A autora (2024).

Imagem 5 – Diluições do extrato de raízes de capim-arroz.



Fonte: A autora (2024).

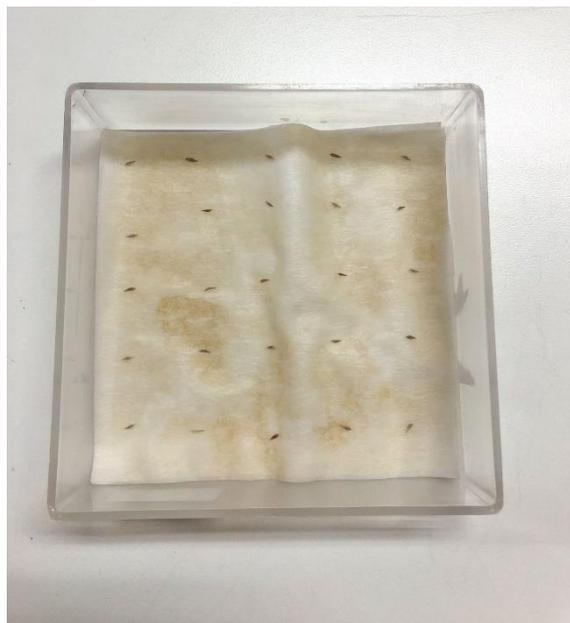
O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, consistindo de sete concentrações, com quatro repetições (blocos) por tratamento. Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade de significância, com auxílio do software SISVAR. Quando constatado significância para o efeito das concentrações dos extratos, fora realizada a análise de regressão e estimados os modelos matemáticos, ajustados a partir do método dos mínimos quadrados, e selecionados pela

capacidade de interpretação biológica dos resultados, probabilidade de significância ($P < 0,05$) e pelo coeficiente de determinação R^2 .

As sementes de alface utilizadas foram da empresa Feltrin Sementes, variedade Alface Americana, cultivar Grandes Lagos, adquiridas em comércio local.

Foram semeadas 25 sementes de alface em caixas de acrílico transparentes (Imagem 6), sobre duas folhas de papel próprio para germinação, umedecido com os extratos nas diferentes concentrações, na quantidade de 3 vezes o peso do papel seco conforme indicado nas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009). Este procedimento foi repetido por 4 vezes, para cada tratamento. As caixas foram tampadas, acondicionadas dentro de sacos plásticos e levadas à câmara de germinação do tipo BOD, com temperatura de 20 °C e fotoperíodo de 12 horas, conforme indicado nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Imagem 6 – Semeadura da alface.



Fonte: A autora (2024).

3.2 Avaliações

As variáveis avaliadas neste experimento foram porcentagem de germinação, comprimento de parte aérea de plântula, comprimento de sistema radicular de plântula e massa de matéria fresca de plântula.

Após sete dias na câmara de germinação foi realizada a avaliação da porcentagem de germinação (Imagem 7), sendo consideradas germinadas as sementes que produziram plântulas normais (Imagem 8) e plântulas com pequenos defeitos, conforme indicado nas RAS (Brasil,

2009). Após a contagem, foram mantidas dez plântulas em cada caixa, utilizadas para a avaliação de crescimento, realizada aos dez dias após o início do teste de germinação (Imagem 9).

Imagem 7 – Contagem de germinação, aos sete dias após a semeadura.



Fonte: A autora (2024).

Imagem 8 – Plântula normal.



Fonte: A autora (2024).

Imagem 9 – Plântulas de alface aos dez dias após a semeadura.



Fonte: A autora (2024).

Para a avaliação de crescimento de plântulas, foram medidos com régua graduada em centímetros (cm), o comprimento do sistema radicular considerado desde a ponta da raiz principal até o início do hipocótilo, e o comprimento da parte aérea considerado desde o início do hipocótilo até a inserção dos cotilédones (Imagem 10).

Após realizadas as avaliações de crescimento, dez plântulas de cada repetição foram acondicionadas em sacos de papel e pesadas em balança com precisão de 0,001 g, tomando-se o peso para a avaliação de massa de matéria fresca de plântula, tendo o peso final dividido pelo número de plântulas e então obtido o peso médio de matéria fresca de cada plântula, sendo os resultados expressos em gramas por plântula.

Imagem 10 – Plântulas utilizadas para avaliações de crescimento e massa de matéria fresca.



Fonte: A autora (2024).

4 RESULTADOS

4.1 Extrato de folhas de capim-arroz

Para o extrato de folhas de capim-arroz, os resultados da análise de variância (Tabela 2) demonstraram que as variáveis comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de sistema radicular (CSR) e massa de matéria fresca (MMF) sofreram influência do fator concentração do extrato, a um nível de 5% de probabilidade de significância.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância representada pelos quadrados médios das variáveis, indicando o efeito significativo das concentrações do extrato de folhas de capim-arroz sobre a germinação e crescimento de plântulas.

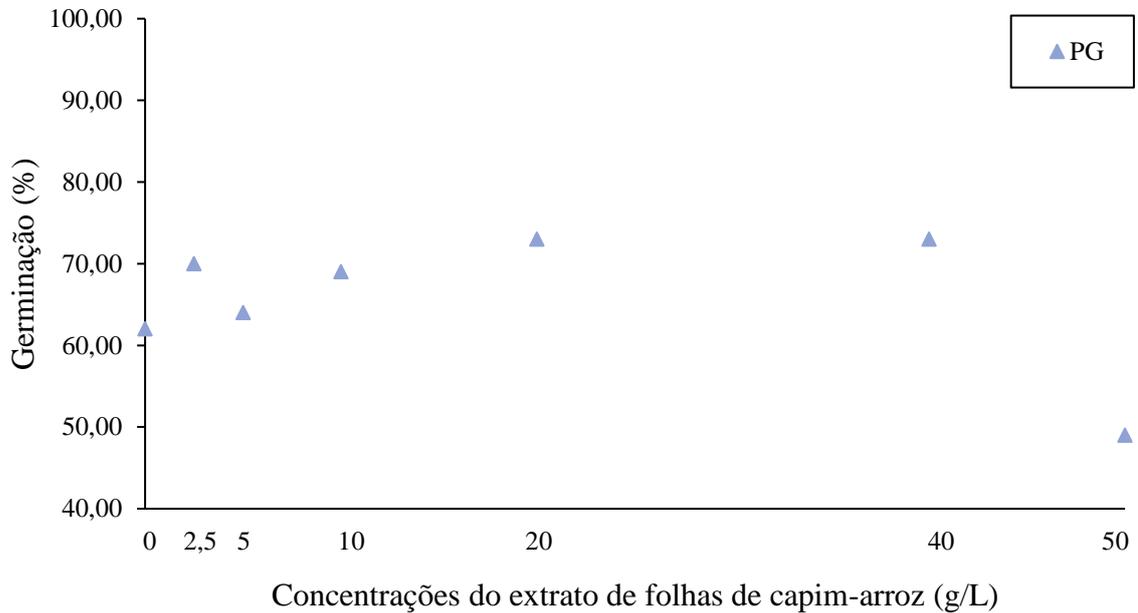
FV	GL	PG	CPA	CSR	MMF
Bloco	3	75,589	5,591	0,151	0,003
Concentrações	6	105,013 ^{ns}	3,260*	1,670*	0,002*
Erro	18	46,723	0,207	0,194	0,000
Total	27				
CV%		12,50	7,70	8,93	23,31
Média Geral		65,71	1,10	0,75	1,42

*significativo, ^{ns} não significativo [Teste F ($p \leq 0,05$)]; (CV) coeficiente de variação, (GL) graus de liberdade. Variáveis: (PG) Porcentagem de germinação; (CPA) Comprimento de parte aérea; (CSR) Comprimento de sistema radicular; (MMF) Massa de matéria fresca.

Fonte: Adaptado da saída de dados fornecida pelo SISVAR.

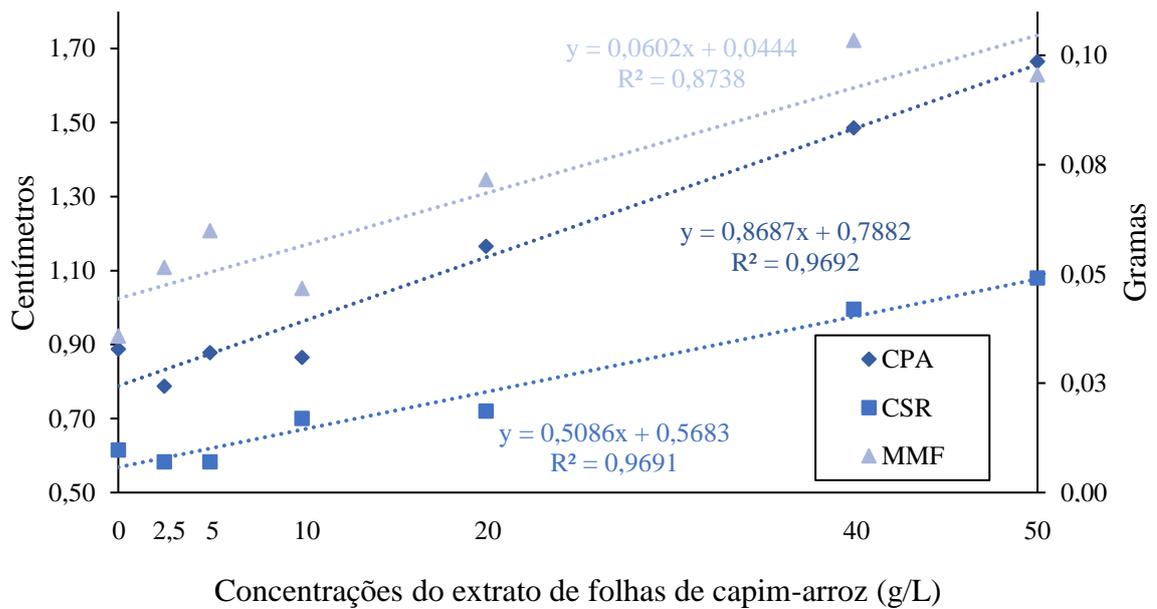
Analisando os efeitos alelopáticos do extrato de folhas de capim-arroz, para a variável porcentagem de germinação não se obteve ajuste de regressão, uma vez que a interação entre as concentrações do extrato não apresentou resultados significativos, sendo os resultados representados pelas médias (Figura 1). As variáveis comprimento de parte aérea, comprimento do sistema radicular e massa de matéria fresca foram ajustadas ao modelo de regressão linear (Figura 2). A equação demonstra que a cada aumento de 1 g/L na concentração do extrato de folhas de capim-arroz proporciona um crescimento de 0,87 cm no comprimento da parte aérea de plântulas de alface. Da mesma forma que, um incremento de 0,50 cm ocorre no comprimento do sistema radicular quando se fornece um aumento de 1 g/L na concentração. Já no que diz respeito ao peso de matéria fresca, conforme há um acréscimo de 1 g/L nas concentrações do extrato, visualiza-se 0,06 g de acréscimo ao peso das plântulas.

Figura 1 – Efeito alelopático promovido pelas diferentes concentrações do extrato de folhas de capim-arroz sobre a porcentagem de germinação (PG).



Fonte: A autora (2024).

Figura 2 – Efeito alelopático promovido pelas diferentes concentrações do extrato de folhas de capim-arroz sobre o comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de sistema radicular (CSR) e massa de matéria fresca (MMF).



Fonte: A autora (2024).

4.2 Extrato de raízes de capim-arroz

Em relação ao extrato de raízes de capim-arroz, os resultados da análise de variância (Tabela 3) mostram que apenas a variável porcentagem de germinação (PG) apresentou influência significativa nas médias devido ao fator concentração do extrato, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância representada pelos quadrados médios das variáveis indicando o efeito significativo das concentrações do extrato de raízes de capim- arroz sobre a germinação e crescimento de plântulas.

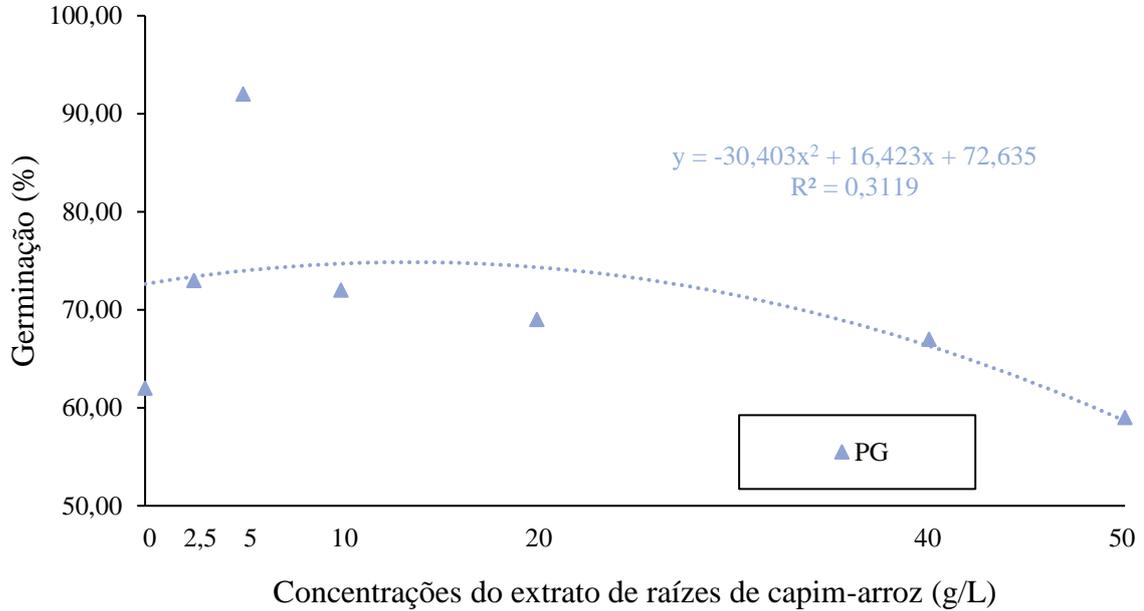
FV	GL	PG	CPA	CSR	MMF
Bloco	3	74,989	1,589	0,043	0,151
Concentrações	6	412,671*	0,319 ^{ns}	0,110 ^{ns}	0,046 ^{ns}
Erro	18	66,872	0,324	0,103	0,105
Total	27				
CV%		13,98	9,97	7,02	27,16
Média Geral		70,57	1,00	0,64	0,05

*significativo, ^{ns} não significativo [Teste F ($p \leq 0,05$)]; (CV) coeficiente de variação, (GL) graus de liberdade. Variáveis: (PG) Porcentagem de germinação; (CPA) Comprimento de parte aérea; (CSR) Comprimento de sistema radicular; (MMF) Massa de matéria fresca.

Fonte: Adaptado da saída de dados fornecida pelo SISVAR.

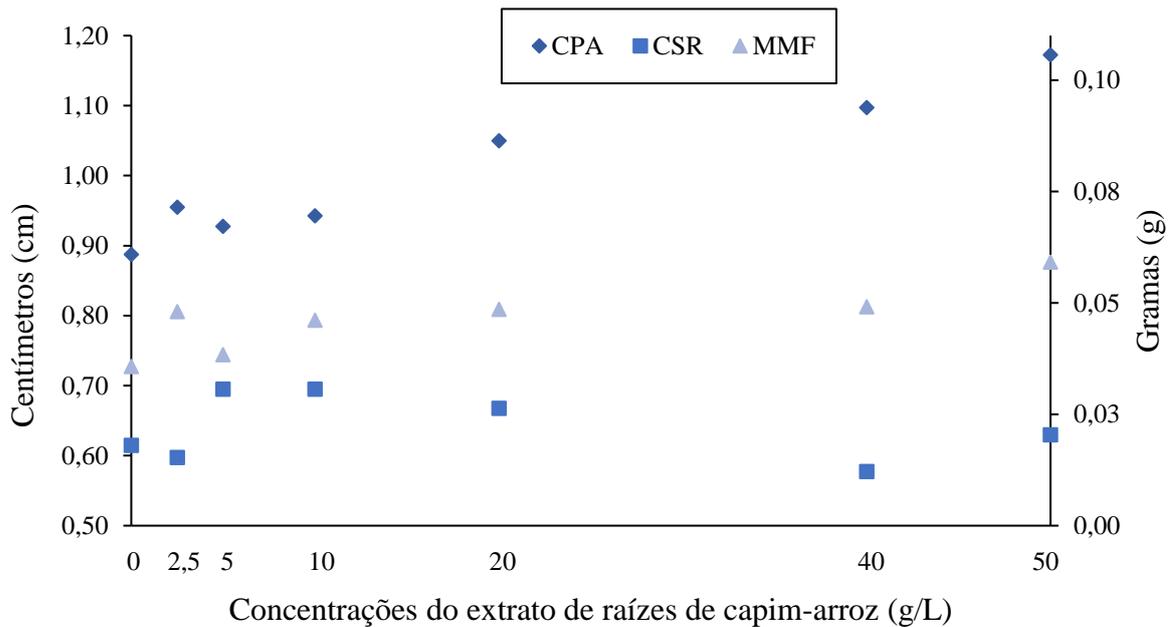
Acerca dos efeitos alelopáticos do extrato de raízes de capim-arroz, variável porcentagem de germinação foi ajustada com o modelo de regressão quadrática para melhor descrever os efeitos em relação as concentrações do extrato, sendo o ponto de máxima eficiência técnica a concentração 2,7 g/L do extrato, onde alcança a máxima germinação, com 70% (Figura 3). Embora o coeficiente de determinação R^2 tenha sido baixo, esse é o modelo de regressão que melhor explica biologicamente os resultados. Além disso, as variáveis comprimento de parte aérea, comprimento de sistema radicular e massa de matéria fresca de plântulas não foram influenciadas significativamente pelas concentrações do extrato de raízes, portanto não obtiveram ajuste de regressão, tendo seus resultados demonstrados pelas médias (Figura 4).

Figura 3 - Efeito alelopático promovido pelas diferentes concentrações do extrato de raízes de capim-arroz sobre a porcentagem de germinação (PG).



Fonte: A autora (2024).

Figura 4 - Efeito alelopático promovido pelas diferentes concentrações do extrato de raízes de capim-arroz sobre o comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de sistema radicular (CSR) e massa de matéria fresca (MMF).



Fonte: A autora (2024).

5 DISCUSSÃO

O extrato de folhas de capim-arroz não produziu efeitos estatisticamente significativos sobre a porcentagem de germinação de sementes de alface, e sobre esse fato Ferreira e Aquila (2000) afirmam que o processo de germinação é menos sensível aos aleloquímicos presentes nos extratos. Entretanto, segundo os autores, não significa que não ocorreu interação alelopática, pois os efeitos podem ocorrer em outros aspectos, como por exemplo, o tempo médio de velocidade de germinação, parâmetro que não foi avaliado neste experimento.

Embora a germinação não tenha sido influenciada pelo extrato de folhas de capim-arroz, foi possível observar expressivo aparecimento de plântulas anormais quando expostas ao extrato (Imagens 11, 12 e 13), especialmente nas concentrações de 5 g/L e 10 g/L, quando foram observados uma média de anormalidade de 32 e 46%, respectivamente. As plântulas anormais apresentaram defeitos principalmente no sistema radicular, sendo observados com maior frequência a raiz primária atrofiada, curta e grossa, ausente, retorcida e necrosada. Ferreira e Aquila (2000) justificam que, nos experimentos de alelopatia, a necrose da raiz primária é o sintoma mais comum de anormalidade, e isso pode estar relacionado com a maior absorção pelos tecidos radiculares por estar em contato direto com o extrato presente no substrato.

Imagem 11 – Plântulas danificadas e/ou deformadas.



Fonte: A autora (2024).

Imagem 12 – Plântulas danificadas e/ou deformadas.



Fonte: A autora (2024).

Imagem 13 – Plântulas danificadas e/ou deformadas.



Fonte: A autora (2024).

Em contrapartida, quando analisados os efeitos do extrato de raízes de capim-arroz, a interação sobre a porcentagem de germinação foi estatisticamente significativa. A maior média de porcentagem de germinação de sementes de alface foi de 92%, observada quando foi aplicado o extrato na concentração de 5 g/L, resultando em um acréscimo de quase 50% em relação ao tratamento testemunha, seguido do extrato na concentração de 2,5 g/L, que apresentou 73% de taxa média de germinação, quase 18% maior que a testemunha. A menor porcentagem de germinação ocorreu quando da utilização do extrato de raízes na concentração de 50 g/L, ou seja, quando o extrato bruto foi o tratamento empregado, reduzindo em quase 5% a germinação quando comparada com a média da testemunha. Portanto, com exceção da concentração máxima testada, todas as demais favoreceram a germinação de sementes de alface. Percebe-se neste caso, um resultado mais expressivo no efeito estimulatório da germinação, enquanto a inibição aparenta não ter sido tão intensa, sendo necessária a concentração máxima para causar decréscimo.

Chopra *et al.* (2018) ao investigar a atividade alelopática de extratos de parte aérea e de raízes de capim-arroz e métodos de extração com água bidestilada e solvente diclorometano, encontraram que a germinação foi retardada pelo aumento da concentração, sendo que a menor taxa de germinação ocorreu na concentração de 100 g/L, semelhante aos resultados encontrados no presente estudo para o extrato de raízes de capim-arroz. Ao testar extratos de plantas de capim-arroz em diferentes concentrações aplicados em vasos, Leela, Rekha e Amurugam (2018) verificaram que a concentração de 25 g/L causou uma redução de 54% na germinação de quiabo e de 60% na de tomate. A menor concentração testada por eles, de 2 g/L, aumentou em 2% a taxa de germinação de ambas as culturas. Xuan *et al.* (2006) em estudo sobre os efeitos de aleloquímicos liberados durante a germinação de sementes de capim-arroz, observaram que até a densidade de 100 sementes de capim-arroz para 10 sementes de arroz, germinadas simultaneamente, os exsudatos radiculares não afetaram a germinação do arroz. Khanh *et al.* (2008) ao analisar os efeitos de extratos aquosos de solo infestado com capim-arroz, apontaram

que houve redução na taxa de germinação de culturas como cenoura, alface e arroz, em diferentes níveis de concentração.

Ferreira e Aquila (2000) argumentam que modificações nos padrões de germinação indicam a ocorrência de alterações de rotas metabólicas inteiras, e que estas alterações podem estar relacionadas com efeitos sobre a permeabilidade de membranas, transcrição e tradução de material genético, reações enzimáticas e respiração celular. Almeida *et al.* (2008) justificam que os aleloquímicos podem proporcionar estresse oxidativo, formando espécies reativas de oxigênio, que atuam nos processos de degradação celular causando danos em processos fisiológicos. Cheng e Cheng (2015) afirmam que após a exposição a aleloquímicos, as plantas receptoras podem produzir rapidamente espécies reativas de oxigênio na área de contato, além de alterar a atividade de enzimas antioxidantes para resistir ao estresse oxidativo. Taiz *et al.* (2021) dizem que as espécies reativas de oxigênio podem levar à inativação de enzimas, degradação de ácidos nucleicos e contribuir para a morte celular. Ainda segundo Almeida *et al.* (2008), os aleloquímicos podem reduzir a atividade da enzima α -amilase, responsável pela degradação do amido utilizado como aporte energético para o desenvolvimento do embrião, inibindo a germinação. Mushtaq e Hakeem (2020) resumem a informação ao dizer que a mobilização de reservas, que ocorre nas fases iniciais da germinação das sementes, parece ser diferida ou diminuída sob efeitos alelopáticos.

Acerca dos efeitos alelopáticos do capim-arroz sobre o crescimento inicial de plântulas de alface, somente a influência do extrato de folhas exibiu resultados estatisticamente significativos. Analisando o comprimento de parte aérea das plântulas, os maiores valores médios encontrados foram de 1,67 cm, observado quando utilizada a concentração de 50g/L, causando um incremento de 87% em relação a parte aérea das plântulas que não receberam o extrato, seguido de 1,49 cm e 1,17 cm, encontrados nas concentrações de 40 g/L e 20 g/L, gerando acréscimo de 67% e 31% respectivamente. Em comparação com a média do tratamento testemunha, as concentrações do extrato de folhas de capim-arroz de 2,5 g/L, 5 g/L e 10 g/L reduziram o crescimento da parte aérea das plântulas de alface, enquanto que, a partir das concentrações de 20 g/L, houve o aumento no comprimento de parte aérea. Pode-se observar que os aleloquímicos presentes nos extratos menos concentrados não foram capazes de promover crescimento da parte aérea, e pelo contrário, causaram a redução, indicando que parece ser necessária uma mínima quantidade de compostos para promover o crescimento, que provavelmente foi atingida a partir da concentração de 20 g/L.

A respeito do comprimento de sistema radicular, a maior média observada foi de 1,08 cm para as plântulas tratadas com a concentração de 50 g/L de extrato de folhas de capim-arroz,

seguido de 1,00 cm para a concentração de 40 g/L, significando um acréscimo de 74% e 61%, respectivamente, em relação ao comprimento do sistema radicular das plântulas que receberam somente água destilada. O menor comprimento médio apresentado foi de 0,58 cm, observado quando as concentrações de 2,5 g/L e 5 g/L foram aplicadas, significando uma redução de 6% em relação à testemunha. Pode-se afirmar que as menores concentrações testadas do extrato de folhas de capim-arroz reduziram o crescimento do sistema radicular, enquanto todas as demais o favoreceram. Esses resultados foram bastante semelhantes aos encontrados no teste de comprimento de parte aérea, onde não atingindo uma determinada quantidade de aleloquímicos, o efeito passa a ser inibitório, entretanto, essa quantidade de compostos fora atingida em uma concentração menor que a favorável para crescimento de parte aérea, nesse caso a de 10 g/L já foi capaz de proporcionar efeitos estimulatórios ao crescimento das raízes, que foram tanto maiores quanto mais altas as concentrações. Nota-se também que, os resultados estimulatórios promovidos pelos aleloquímicos foram mais intensos do que os inibitórios, tanto para o comprimento de parte aérea como para o de raiz, tendo em vista que os incrementos no crescimento foram mais expressivos que as reduções.

Son, Thi e Kato-Noguchi (2010), testando concentrações de extratos metanólicos feitos a partir de plantas de capim-arroz, demonstraram que baixas concentrações diminuíram o crescimento de parte aérea e de raízes, em conformidade com os resultados encontrados no presente estudo. Uma concentração de 0,01 g/L diminuiu em cerca de 19% o tamanho da parte aérea em plântulas de arroz, e o crescimento radicular de alface e arroz foi reduzido em 3,7% e 46,6%, respectivamente. Destacaram ainda, que em concentração de 0,1 g/L o extrato inibiu completamente o crescimento da raiz e da parte aérea de alface. No estudo já citado de Chopra *et al.* (2018), o comprimento de plântulas de arroz e soja foi reduzido pelas concentrações de 1, 35 e 100 g/L do extrato de folhas de capim-arroz, e a 100 g/L pelo extrato de raízes. Na pesquisa supracitada de Leela, Rekha e Amurugam (2018), nos extratos elaborados com a planta inteira de capim-arroz, a concentração de 25 g/L causou 63% de redução no comprimento da raiz de tomate, e 68% no comprimento da parte aérea, já a concentração de 2 g/L promoveu tanto o crescimento radicular quanto o de parte aérea.

Segundo Almeida *et al.* (2008), a redução no crescimento de plantas na presença de aleloquímicos é associada à inibição da mitose. Cheng e Cheng (2015) afirmam que os aleloquímicos podem alterar o conteúdo de reguladores de crescimento vegetal ou induzir desequilíbrios em vários fitohormônios responsáveis pela germinação de sementes e crescimento de plântulas. Souza-Filho e Alves (2002) apoiam que o efeito dos aleloquímicos referente ao crescimento das plantas pode estar relacionado com a interferência no balanço

hormonal, e que um dos mecanismos de ação de compostos fenólicos é a interação com o ácido indolacético (AIA), inibindo ou estimulando, além da interferência na atividade das giberelinas e do ácido abscísico (ABA). A função do AIA (auxina) e das giberelinas está diretamente relacionada com o crescimento das plantas, influenciando no alongamento e divisão celular, além de outras funções, como por exemplo, a giberelina também atua no processo de germinação através da mobilização de reservas das sementes (Taiz; Zeiger, 2017). Nos estudos já mencionados de Xuan *et al.* (2006) e de Khanh *et al.* (2008) foram isolados e identificados compostos fenólicos de exsudatos radiculares de sementes recém germinadas de capim-arroz e de extratos de solo infestados com essa planta daninha, demonstrando que esses compostos podem ter participação na atividade alelopática do capim-arroz no que diz respeito às alterações no crescimento de plântulas.

Quanto a avaliação da massa de matéria fresca das plântulas de alface, o maior peso médio foi 0,10 g, sendo esse valor encontrado quando os tratamentos aplicados foram o de 40 g/L e 50 g/L de concentração do extrato de folhas de capim-arroz, representando um incremento médio de 150%, quando comparado o peso de plântulas verificado no tratamento que não recebeu o extrato de folhas de capim-arroz. Em comparação com o peso médio da testemunha, todas as concentrações do extrato de folhas de capim-arroz favoreceram o acúmulo de massa de matéria fresca nas plântulas de alface, sendo observado o efeito benéfico mais expressivo nas concentrações mais altas dentre as testadas.

Diferente dos resultados aqui encontrados, Leela, Rekha e Arumugam (2018) perceberam que a maior concentração por eles testada, a de 25 g/L, reduziu em 62% e 55% o peso de massa fresca de plântulas de tomate e quiabo, respectivamente. Rezende *et al.* (2021), citando Rice (1979), salientam que é importante lembrar que os efeitos benéficos de uma planta sobre outra não pode ser desvinculado do conceito de alelopatia, uma vez que um determinado composto químico pode ter efeito inibitório ou estimulante, dependendo da concentração do mesmo. Macías, Castellano e Molinillo (2000) explicam que quando aleloquímicos são liberados em uma concentração insuficiente para promover efeito inibitório, eles podem ocasionar estímulo.

Diante dos resultados expostos, fica evidente que os efeitos dos aleloquímicos nos diferentes processos fisiológicos são dependentes das concentrações dos mesmos, e demonstram que os extratos não possuem o mesmo efeito em cada concentração. Reigosa, Sánchez-Moreiras e Gonzáles (1999) asseguram que os aleloquímicos afetam muitos processos diferentes simultaneamente, e os efeitos são dependentes da concentração, e além disso, uma concentração pode afetar de maneiras opostas o mesmo processo em virtude da concentração

particular de um determinado aleloquímico. Os mesmos autores argumentam que, vários aleloquímicos podem trabalhar sinergicamente para induzir um efeito inibidor ou promotor, assim, a maioria dos efeitos alelopáticos poderia depender da liberação de uma mistura de compostos alelopáticos, sendo nenhum deles individualmente capaz de promover ou inibir determinado processo. Sobre isso, Cheng e Cheng (2015) acrescentam que interações entre os diferentes aleloquímicos, como sinergia, antagonismo e efeitos incrementais, deve ser levada em consideração, pois um aleloquímico pode não apresentar atividade alelopática como um único componente em determinada situação, mas pode aumentar a alelopatia em associação com outros aleloquímicos. Mushtaq, Siddiqui e Hakeem (2020) resumem que, aleloquímicos que impedem o desenvolvimento de uma espécie em uma determinada concentração podem melhorar o desenvolvimento da mesma espécie ou outra em uma concentração diferente. Diante destas particularidades referentes aos efeitos dos aleloquímicos, Souza-Filho e Alves (2002) apontam que todas essas interações entre concentração de aleloquímicos e interações entre diferentes compostos, são fatores que levam ao pouco esclarecimento com relação aos mecanismos pelos quais os aleloquímicos exercem suas funções.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os resultados obtidos nesse estudo, os extratos de folhas e raízes de capim-arroz produziram efeito alelopático sobre a germinação de sementes e crescimento de plântulas de alface, e efeitos estimulatórios e inibitórios foram observados.

Os efeitos alelopáticos produzidos pelo capim-arroz sobre a germinação e o crescimento de plântulas de alface foram dependentes das concentrações testadas.

O extrato de folhas de capim-arroz não influenciou a germinação, somente o crescimento de plântulas. O comprimento de parte aérea foi estimulado pelas concentrações a partir de 20 g/L, e o comprimento do sistema radicular a partir de 40 g/L. Todas as concentrações estimularam o acúmulo de massa de matéria fresca de plântulas.

O extrato de raízes de capim-arroz inibiu a germinação de sementes e não influenciou o crescimento de plântulas. A germinação foi inibida a partir da concentração de 10 g/L.

Os sintomas visíveis nos testes de germinação e crescimento são evidências de atividade alelopática, porém a compreensão dos efeitos é dificultada, pois envolve fatores como a natureza química das substâncias, suas concentrações e a interação entre os compostos alelopáticos.

Ressalta-se a importância de maiores investigações sobre o potencial alelopático do capim-arroz, uma vez que testes em laboratório produzem indícios que precisam ser confirmados em condições naturais. Assim como, os efeitos alelopáticos do capim-arroz sobre o arroz irrigado merecem ser investigados.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, Dirceu. *et al.* Interferência de capim-arroz (*Echinochloa spp.*) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 689-696, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/4dCGx5gsM8DpgrPFqjgfFZt/?format=pdf>. Acesso em: 02 jun. 2024.

ANDRES, André. *et al.* Manejo químico de capim-arroz na cultivar BRS Pampeira. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO*, 11., 2019, Balneário Camboriú, SC. **Anais[...]**. Itajaí, SC: Epagri/ Sosbai, 2019. Disponível em: https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/manejo-quimico-de-capim-arroz-na-cultivar-brs-pampeira_384.pdf. Acesso em: 02 jun 2024.

ANDRES, André; MACHADO, S. L. de O. Plantas daninhas em arroz irrigado. *In: GOMES, Algenor da Silva; MAGALHÃES JÚNIOR, Ariano Martins de.* (ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 457-534.

ANDRES, André; MARTINS, Matheus Bastos. Manejo de plantas daninhas. *In: Cultivo do Arroz*. Brasília, DF: Embrapa, 2021. *Online*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-irrigado-na-regiao-subtropical/manejo-de-pragas/manejo-de-plantas-daninhas>. Acesso em: 02 jun 2024.

ALMEIDA-BEZERRA, José Weverton. *et al.* Allelopathy? I don't know! I've never seen! I only hear about it! **Research, Society and Development**. v. 9, n. 12, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10873>. Acesso em: 14 jun 2024.

ALEMIDA, Gustavo Dias de. *et al.* Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 6, n. 1, p. 4237-4247, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v6n1/a01v6n1n1.pdf>. Acesso em: 28 jun 2024.

BASTIANI, Marlon Ouriques. *et al.* Germinação de sementes de capim-arroz submetidas a condições de luz e temperatura. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 395-404, 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1028102>. Acesso em: 02 jun 2024.

BORTOLY, Everton Danilo. *et al.* Identificação de espécies do gênero *Echinochloa* através de descritores morfológicos e moleculares. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO*, 9., 2015, Pelotas, RS. **Anais[...]**. Pelotas: Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária, 2015. p. 856-859. Disponível em: <https://www.sosbai.com.br/trabalho/identificacao-de-especies-do-genero-echinochloa-atraves-de-descritores-morfologicos-e-moleculares>. Acesso em: 02 jun 2024.

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

CHENG, Fang; CHENG, Zhihui. Research progress on the use of allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 1020, 2015. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2015.01020/full>. Acesso em: 28 jun 2024.

CHOPRA, Neha. *et al.* Allelopathic effect of *Echinochloa colona* L. and *Cyperus iria* L. weed extracts on the seed germination and seedling growth of rice and soybean. **Advances in Agriculture**, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2017/5748524>. Acesso em: 28 jun 2024.

EPPO – EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION GLOBAL DATA BASE. 2024. Disponível em: <https://gd.eppo.int/taxon/ECHCI>. Acesso em: 05 jul 2024.

FERREIRA, Alfredo Gui; AQUILA, Maria Estefânia Alves. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 175-204, 2000. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/LPV/sites/default/files/4%20-%20Referencia%2011%20-%20Alelopatia%20na%20agricultura.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2024.

GALON, Leandro. *et al.* Estimativas das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa spp.*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 697-707, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000400006>. Acesso em: 02 jun 2024.

GOULART, Francisco de Assis Pujol. *et al.* Escapes de capim-arroz aos herbicidas inibidores da ALS e possíveis alternativas de controle. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 10., 2017, Gramado, RS. **Anais [...]**. Porto Alegre, RS: IRGA, 2017. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/107>. Acesso em: 02 jun 2024.

HEAP - INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATA BASE. 2024. Disponível em: Acesso em: 02 jun 2024.

IHSAN, Muhammad Zahid. *et al.* Field evaluation of allelopathic plant extracts alongside herbicides on weed management indices and weed–crop regression analysis in maize. **Weed Biology and Management**. v. 15, p. 78-86, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/wbm.12070>. Acesso em: 03 jun 2024.

INDERJIT., CALLAWAY, Ragan. Experimental designs for the study of allelopathy. **Plant and Soil**, v. 256, p. 1-11, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1026242418333>. Acesso em: 03 jun 2024.

INDERJIT., DAKSHINI, K. M. M. On laboratory bioassays in allelopathy. **The Botanical Review**. v. 61, p. 28-44, 1995. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02897150>. Acesso em: 03 jun 2024.

INDERJIT., DEL MORAL, Roger. Is separating resource competition from allelopathy realistic? **Interpreting Botanical Progress**. 1997. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225334077_Is_separating_resource_competition_from_allelopathy_realistic_Interpreting_Botanical_Progress_Bot_Rev. Acesso em: 03 jun 2024.

ISA – INTERNATIONAL ALLELOPATHY SOCIETY. 1996. Disponível em: <https://allelopathy-society.osupytheas.fr/>. Acesso em: 03 jun 2024.

KHANH, Tran Dang. *et al.* Allelochemicals of barnyardgrass-infested soil and their activities on crops and weeds. **Weed Biology and Management**, v. 8, p. 267-275, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1445-6664.2008.00300.x>. Acesso em: 28 jun 2024.

LEELA, P.; REKHA, G. S.; ARUMUGAM, K. Allelopathic potential of *Echinochloa crus-galli* (L.) P. BEAUV. extracts on growth and developmental changes of *Abelmoschus esculentus* (L.) and *Solanum lycopersicum* (L.). **Journal of Plant Stress Physiology**, v. 4, p. 33-37, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354508388_Allelopathic_Potential_of_Echinochloa_Crus_Galli_LP_Beauv_extracts_on_Growth_and_Developmental_changes_of_Abelmoschus_Esculentus_SL_and_Solanum_Lycopersicum_L. Acesso em: 28 jun 2024.

LIMA, Helena Regina Pinto. *et al.* Alelopatia: potencialidades de seu uso no controle do mato. In: OLIVEIRA, Maurílio Fernandes de; BRIGHENTI, Alexandre Magno. (ed.) **Controle de plantas daninhas: Métodos físico, mecânico, cultural biológico e alelopatia**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 148-164. *E-book*. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193269/1/Controle-plantas-daninhas.pdf>. Acesso em: 14 jun 2024.

LORENZI, Harri. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 384p.

MACÍAS, Francisco; CASTELLANO, Diego; MOLINILLO, José. Search for a standard phytotoxic bioassay for allelochemicals. Selection of standard target species. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 48, n. 6, p. 2512-2521, 2020. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf9903051>. Acesso em: 28 jun 2024.

MOREIRA, Henrique José da Costa; BRAGANÇA, Horlandezan Belirdes Nippes. **Manual de identificação de plantas infestantes**: Arroz. São Paulo: FMC Agricultural Products, 2010. 854p. Disponível em: https://www.google.com/url?q=https://www.fmcagricola.com.br/portal/manuais/infestantes_arroz/index.html&sa=D&source=docs&ust=1720513607380489&usg=AOvVaw029TC3A8g0_fCgGxD4Vui. Acesso em: 05 jul 2024.

MUSHTAQ, Waseem; HAKEEM, Khalid Rehman. Mechanism of action of allelochemicals. In: MUSHTAQ, Waseem; SIDDIQUI, Mohammad Badruzzaman; HAKEEM, Khalid Rehman. **Allelopathy Potential for Green Agriculture**. Springer Briefs in Agriculture, 2020. p. 61-66. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-40807-7>. Acesso em: 28 jun 2024.

OLIVEIRA JR., Rubem Silvério de; CONSTANTIN, Jamil; INOUE, Miriam Hiroko. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 95-124. *E-book*. Disponível em: https://www2.ufpel.edu.br/prg/sisbi/bibct/acervo/biologia_e_manejo_de_plantas_daninhas.pdf. Acesso em: 11 abr. 2024.

PINTO, Jesus Juares Oliveira. *et al.* Controle de capim-arroz (*Echinochloa spp.*) em função de métodos de manejo na cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 767-777, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000400008>. Acesso em: 02 jun 2024.

PIRES, Nádja de Moura; OLIVEIRA, Valter Rodrigues. Alelopatia. In: OLIVEIRA JR., Rubem Silvério de; CONSTANTIN, Jamil; INOUE, Miriam Hiroko. (ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 95-124. *E-book*. Disponível em: https://www2.ufpel.edu.br/prg/sisbi/bibct/acervo/biologia_e_manejo_de_plantas_daninhas.pdf. Acesso em: 11 abr. 2024.

PISONI, Alexandre. *et al.* Identificação da taxa de fecundação cruzada e prolificidade de *Echinochoa crus-galli*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, Pelotas, RS. **Anais[...]**. Pelotas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2015. Disponível em: <https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/identificacao-da-taxa-de->

fecundacao-cruzada-e-prolificidade-de-echinochloa-crus-galli._510.pdf. Acesso em: 02 jun 2024.

PITELLI, Robinson Antônio. **Competição por nutrientes entre a cultura do arroz e a comunidade infestante**: efeitos do espaçamento e da fertilização nitrogenada. 1981. 180 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luis de Queirós, São Paulo, 1981. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/aesalq/a/TXMr9nRngjcnZR5GhFyFttm/?format=pdf&lang=pt>.
 Acesso em: 14 jun 2024.

REIGOSA, Manuel. SÁNCHEZ-MOREIRAS, Adela; GONZÁLEZ, Luis. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 18, n. 5, p. 577-608, 1999. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/254256090_Ecophysiological_Approach_in_Allelopathy?enrichId=rgreq-2936cbe987c5e0ff5faecad100aaba4e-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI1NDI1NjA5MDtBUzoxMDMwNjQwNjk0NzYzNTJAMTQwMTU4Mzc5NzA4MA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf.
 Acesso em: 28 jun 2024.

REIGOSA, Manuel. *et al.* Allelopathic research in Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 27, n. 4, p. 629-646, 2013. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/259968791_Allelopathic_research_in_Brazil.
 Acesso em: 14 jun 2024.

REZENDE, Cláudia de Paula. *et al.* Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens. **Boletim Agropecuário**, n. 54, p. 1-55, 2021. Disponível em:
<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/48263>. Acesso em: 28 jun 2024.

SILVA, Júlia Resende Oliveira; MENDES, Kassio Ferreira. Alelopatia no controle de plantas daninhas: mecanismos fisiológicos e ecológicos. *In*: MENDES, Kassio Ferreira; SILVA, Antonio Alberto da. (ed.). **Plantas daninhas: Biologia e Manejo**. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2022. p. 40-55. *Online*. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/360573482_Alelopatia_no_controle_de_plantas_daninhas_mecanismos_fisiologicos_e_ecologicos. Acesso em: 14 jun 2024.

SILVA, Paulo Sérgio Siberti da. Atuação dos aleloquímicos no organismo vegetal e formas de utilização na agronomia. **Revista Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 65-74, 2012. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/280234110>. Acesso em: 11 abr. 2024.

SON, Duong Hoang; THI Ho Le; KATO-NOGUCHI, Hisashi. Allelopathic potential and isolation processo of allelopathic substances in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). **Omonrice**, v. 17, p. 143-146, 2010. Disponível em:
<https://www.semanticscholar.org/paper/ALLELOPATHIC-POTENTIAL-AND-ISOLATION-PROCESS-OF-IN-Son->

Thi/5fcf1f88c24353b28ad1ecbea821c6c097918587#cited-papers?utm_source=direct_link.
Acesso em: 28 jun 2024.

SOUZA FILHO, Antonio Pedro da Silva.; ALVES, Sérgio de Mello. **Alelopatia**: princípios básicos e aspectos gerais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. E-book. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/387781>. Acesso em: 11 abr. 2024.

TAIZ, Lincoln; *et al.* **Fundamentos da Fisiologia vegetal**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2021.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2017.

TREZZI, Michelangelo Muzell. Recentes avanços e perspectiva da alelopatia no controle de plantas daninhas. *In*: XXIX Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Gramado: 2014. **Anais**[...]. Londrina, PR: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2021.

XUAN, Tran Dang. *et al.* Identification of phytotoxic substances from Early growth of barnyard grass (*Echinochloa crusgalli*) root exudates. **Journal Chemical Ecology**, v. 32, p. 895-906, 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10886-006-9035-x>. Acesso em: 28 jun 2024.