



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**EFEITO BIOHERBICIDA DE EXTRATOS DE SORGO NO CONTROLE DE
Amaranthus viridis L.**

WANDERSON SILVA DOS SANTOS

**Ipameri-GO
2024**

WANDERSON SILVA DOS SANTOS

EFEITO BIOHERBICIDA DE EXTRATOS DE SORGO NO CONTROLE DE
Amaranthus viridis L.

Orientador Prof. Dr. Fábio Santos Matos

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Sul, Unidade Universitária de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri-GO

2024

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SSA23 Santos, Wanderson Silva dos
7e EFEITO BIOHERBICIDA DE EXTRATOS DE SORGO NO CONTROLE
DE *Amaranthus viridis* L. / Wanderson Silva dos Santos;
orientador Fábio Santos Matos. -- Ipameri, 2024.
37 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de
Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2024.

1. *Sorghum bicolor* (L). Moench. 2. Aleloquímicos. 3.
Plantas daninhas. I. Matos, Fábio Santos, orient. II.
Título.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “EFEITO BIOHERBICIDA DE EXTRATOS DE SORGO NO CONTROLE DE *Amaranthus viridis* L.”

AUTOR(A): Wanderson Silva dos Santos

ORIENTADOR(A): Fábio Santos Matos

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **FABIO SANTOS MATOS**
Data: 27/03/2024 08:23:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Santos Matos (Orientador)
Universidade Estadual de Goiás / Unidade Universitária Ipameri- GO

Documento assinado digitalmente
 **LARISSA PACHECO BORGES**
Data: 27/03/2024 08:15:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Larissa Pacheco Borges

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO

Documento assinado digitalmente
 **ANDERSON BARBOSA EVARISTO**
Data: 15/03/2024 09:43:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo

Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri - Campus Unaí - MG

Registro de Declaração

Número: 229

Livro: R-01 Folhas: 04

Data: 29/02/2024

Data da realização: 29 de Fevereiro de 2024



Se parássemos de viver tanto em prol do futuro, seríamos tão felizes no presente!

Pow Filho

Ao meu irmão, Weverton Silva dos Santos (*in memoriam*), apesar de nossas diferenças, você era um ser humano excepcional e incrível. Te amarei ao longo dos meus dias aqui neste mundo.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e ao mestre Jesus, por conceder condições necessárias para chegar a este momento.

Ao meu orientador, Dr. Fábio Santos Matos, expresso minha gratidão pela orientação. Acredite, sua contribuição foi indispensável.

Aos membros da banca pela contribuição e aceite do convite.

Aos inimigos, chegar até aqui não foi fácil, mas Deus se fez presente em todos os momentos. E claro, aos verdadeiros amigos pelo companheirismo. E várias outras pessoas que são importantes, mas não consigo citar todos.

À galera do grupo de pesquisa, vocês foram ímpares durante esse período, em especial, a Larissa Pacheco.

À Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sul, Unidade de Ipameri e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pelo ensino e pesquisa. Aos analistas, técnicos administrativos e pessoal dos serviços gerais, por toda assistência prestada durante esse período.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, por estimular e custear a minha trajetória durante o período de mestrado acadêmico em Produção Vegetal.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para esta realização.

Valeu!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1. Aspectos gerais do sorgo.....	13
3.2. <i>Amaranthus viridis</i> L.	14
3.3. Alelopatia e o controle de plantas daninhas.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1. Local do experimento	17
4.2. Variáveis morfológicas	18
4.3. Procedimentos estatísticos	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÃO	25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo identificar o efeito bioherbicida do extrato de folhas de sorgo no controle de *Amaranthus viridis* (L.), bem como descobrir o adequado estágio fenológico do sorgo para obtenção do extrato com elevada ação bioherbicida. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sul, Unidade de Ipameri, Ipameri, Goiás. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 4, utilizando o extrato de folhas de sorgo extraído em três estádios fenológicos (E1, E3 e E6) e quatro doses percentuais do extrato (0%, 25%, 50% e 100% do extrato diluído), com três repetições. Foram realizadas três aplicações do extrato sobre as plantas e o solo, com o auxílio de um pulverizador manual, em três momentos: aos 33, 39 e 43 dias após a emergência (DAE), durante o desenvolvimento do caruru. Aos 50° DAE foram realizadas as seguintes avaliações número de folhas, a área foliar, a altura de planta, a biomassa da planta, razões de massa caulinar, foliar, radicular, SPAD e comprimento de raiz. De acordo com os dados, pôde-se constatar que as doses do extrato de folhas de sorgo influenciaram o número de folhas, área foliar, altura de plantas, biomassa de plantas e razão de massa foliar. Os resultados indicam que o extrato de folhas de sorgo pode ser obtido em diferentes estádios fenológicos da planta de sorgo, sem perda da ação bioherbicida para o caruru. Os resultados da análise de regressão demonstram que a biomassa de plantas, número de folhas, área foliar e razão de massa caulinar de *A. viridis* reduziram linearmente à medida que se elevou as doses do extrato de sorgo. Para cada unidade incrementada do extrato de sorgo (%) houve uma redução de até 0,02 g para a biomassa de plantas, 0,25 unidade para número de folhas, 1,56 cm² para área foliar e 0,08% para razão de massa caulinar. O extrato de folhas de sorgo obtido a partir dos três estádios fenológicos (E1, E3 e E6) das plantas de sorgo, apresenta ação bioherbicida e retarda o crescimento de plantas de caruru (*Amaranthus viridis* L.), principalmente quando utilizado a concentração de 100% do extrato.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L). Moench, aleloquímico, plantas daninhas.

ABSTRACT

The present study aimed to identify the bioherbicidal effect of sorghum leaf extract on the control of *Amaranthus viridis* (L.), as well as discover the appropriate phenological stage of sorghum to obtain the extract with high bioherbicidal action. The work was conducted in a greenhouse at the State University of Goiás, Câmpus Sul, Ipameri Unit, Ipameri, Goiás. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 3 x 4 factorial scheme, using sorghum leaf extract extracted in three phenological stages (E1, E3 and E6) and four percentage doses of the extract (0%, 25%, 50% and 100% of the diluted extract), with three replications. Three applications of the extract were carried out on the plants and the soil, with the aid of a manual sprayer, at three times: at 33, 39 and 43 days after emergence (DAE), during the pigweed's development. At 50° DAE, the following evaluations were carried out: number of leaves, leaf area, plant height, plant biomass, stem, leaf, root mass ratios, SPAD and root length. According to the data, it was found that the doses of sorghum leaf extract influenced the number of leaves, leaf area, plant height, plant biomass and leaf mass ratio. The results indicate that sorghum leaf extract can be obtained at different phenological stages of the sorghum plant, without loss of bioherbicidal action for pigweed. The results of the regression analysis demonstrate that plant biomass, number of leaves, leaf area and stem mass ratio of *A. viridis* reduced linearly as the doses of sorghum extract increased. For each increased unit of sorghum extract (%) there was a reduction of up to 0,02 g for plant biomass, 0,25 unit for number of leaves, 1,56 cm² for leaf area and 0.08% for leaf ratio. stem mass. The sorghum leaf extract obtained from the three phenological stages (E1, E3 and E6) of sorghum plants, has bioherbicidal action and slows down the growth of pigweed plants (*Amaranthus viridis* L.), especially when used at a concentration of 100 % of extract.

Keywords: *Sorghum bicolor* (L). Moench, allelochemical, weed.

1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas são espécies que crescem espontaneamente em áreas agrícolas, causando prejuízos econômicos significativos. Elas são conhecidas pelos desafios que apresentam aos agricultores, pois competem diretamente com as culturas agrícolas por recursos como água, nutrientes e luz (MENDONÇA et al., 2023). Além disso, as plantas daninhas podem servir como hospedeiras para patógenos, causar intoxicação alimentar em animais e liberar aleloquímicos no ambiente (VIEIRA et al., 2023).

As plantas daninhas provocam perdas significativas nas culturas agrícolas. Estudos científicos atestam que as perdas são variáveis, alcançando em média de 50% a 100% na ausência de controle adequado (biológico, mecânico, químico), afetando não somente a quantidade, mas também a qualidade final dos produtos agrícolas (BOCCHI et al., 2020; GALON et al., 2020; MARKUS et al., 2021). As perdas são provocadas diretamente pela intensidade da infestação, à época de ocorrência, às plantas daninhas predominantes e ausência de manejo eficiente (GALON et al., 2020; BOCCHI et al., 2020).

A competição das plantas daninhas se dá por duas formas: entre si (intraespecífica) e com outras plantas (interespecíficas) pelos recursos do meio, como água, luz, nutrientes, entre outros (MATOS et al., 2019). No entanto, a importância dos diferentes recursos na competição varia de acordo com as espécies envolvidas (GALON et al., 2022). O tempo de competição e seus efeitos determinam os prejuízos no crescimento, no desenvolvimento e, conseqüentemente, na produtividade final da cultura (AGOSTINETTO et al., 2013). Além das perdas na produção agrícola, o nível de infestação aumenta os custos de produção (AZARIAS et al., 2023; ANDRADE et al., 2023).

O controle químico é um dos mais utilizados pelos agricultores para manejar as plantas daninhas, principalmente pela eficácia e praticidade (GALON et al., 2022; GALON et al., 2023a). Ao longo dos anos, o uso contínuo e irracional do método químico trouxe desvantagens, como problemas ambientais, riscos de intoxicação humana e animal e resistência a herbicidas, (SALOMÃO et al., 2020). Os crescentes casos de resistência de plantas daninhas estão relacionados a elevada pressão de seleção, em virtude das aplicações desordenadas de herbicidas de um mesmo mecanismo de ação, aliado a ausência de adoção de métodos integrados de controle de plantas daninhas, pela falta de rotação de culturas e de princípios ativos, resultando na capacidade da planta daninha em sobreviver à dose registrada de um herbicida que em condições normais, seria eficaz no seu controle (MARKUS et al., 2021; GALON et al., 2023b).

Uma saída para os casos de resistência é o controle biológico através do uso de compostos secundários produzidos pelo próprio vegetal, os aleloquímicos (SILVA et al., 2023). O efeito alelopático se destaca porque algumas plantas produzem substâncias químicas que afetam o desenvolvimento de outras plantas (KOEFEENDER et al., 2023). Na prática, um exemplo do efeito alelopático é o uso de plantas de cobertura com alta produção de palhada, que diminui a taxa de germinação e sobrevivência de plantas daninhas (COSTA et al., 2018).

O uso de aleloquímicos surge como uma alternativa necessária a redução dos herbicidas sintéticos para o manejo de plantas daninhas em lavouras (PERVEEN et al., 2019). Esses compostos são capazes de modificar o desenvolvimento de plantas superiores e permanecem presentes na palhada, apresentando autotoxicidade e inibindo a germinação, ou prejudicando o crescimento e desenvolvimento das plantas (TIBUGARI et al., 2020). Além disso, os aleloquímicos causam mudanças na divisão, alongamento e estrutura das células; bloqueio tanto na respiração quanto na fotossíntese; alterações na permeabilidade da membrana; indução ao estresse oxidativo; inibição na produção de hormônios de crescimento e na absorção de água e nutrientes; e inibição da síntese de proteínas e ácidos nucleicos (ALMEIDA et al., 2020; LOPES, 2022).

Dentre as espécies vegetais produtoras de aleloquímicos, destaca-se o sorgo pela elevada produção de compostos secundários que inibem o crescimento e desenvolvimento de inúmeras espécies vegetais. O sorgo é uma espécie rotineiramente cultivada no centro oeste brasileiro em substituição ao milho por ser tolerante a deficiência hídricas e possuir destinação dos grãos para a alimentação animal. A produção dos aleloquímicos variam de acordo com o ambiente, genótipo, idade da planta, a localização e sistema de produção (WESTON et al., 2013; WALIGÓRIA et al., 2023). Dentre os vários compostos produzidos e exudados pela planta de sorgo, destaca-se o sorgoleone.

O sorgoleone é um exsudato oleoso acastanhado que possui benzoquinonas lipídicas, que são mais de 90% de seus componentes com caráter hidrofóbico. Gotículas douradas desse exsudato, localizadas próximas ao ápice da raiz, podem ser extraídas com clorofórmio (SARR et al., 2021; HUSSAIN et al., 2021; GOMES et al., 2024). A maior concentração dessa substância está nos pelos da raiz do sorgo, no entanto, esta benzoquinona lipídica pode ser produzida nas folhas e raízes, sendo constantemente exsudada através dos pelos radiculares (GIANCOTTI et al., 2020). Ela é capaz de inibir o crescimento das plantas daninhas e interferir em seu processo competitivo, limitando a absorção de água e nutrientes (WALIGÓRIA et al., 2023).

O sorgoleone e a palhada de sorgo, possui um composto bioativo presente em suas

raízes, exsudatos e folhas, demonstram um potencial promissor no manejo de plantas daninhas (BARRALES-CUREÑO et al., 2022). Através da alelopatia, esses elementos liberam compostos químicos que interferem no crescimento e desenvolvimento de espécies invasoras, oferecendo uma alternativa sustentável aos herbicidas tradicionais. De acordo com Melo (2023) além de alterar e retardar o crescimento de plantas daninhas, a palhada e o extrato foliar de sorgo granífero reduz a concentração de pigmentos fotossintéticos de espécies de folha larga (erva-de-touro, caruru-roxo) e estreita (capim-amargoso e capim-colonião).

Partindo do princípio da sustentabilidade ambiental, dos aspectos relacionados à saúde humana e animal, e levando em consideração os poucos estudos realizados com a utilização de extrato vegetal, surge a necessidade de realizar estudos com a utilização de bioherbicidas no controle de plantas daninhas. Uma vez que a utilização desses bioinsumos resulta numa prática bioracional, por constituir técnicas agrícolas menos invasivas ao meio ambiente.

2. OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo identificar o efeito bioherbicida do extrato de folhas de sorgo no controle de *Amaranthus viridis* (L.), bem como descobrir o adequado estágio fenológico do sorgo para obtenção do extrato com elevada ação bioherbicida.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Aspectos gerais do sorgo

O *Sorghum bicolor* (L.) Moench popularmente conhecido como sorgo, é uma planta herbaceae, monocotiledônea, autógama, de metabolismo C4, pertencente à família Poaceae (MANARELLI et al., 2019). Originário da África, o cereal foi domesticado, provavelmente na Etiópia há cerca de 3 a 5 mil anos para alimentação humana e animal, foi trazido para às Américas pelos escravos africanos em 1857 (LEITE et al., 2022). Apresenta adaptação ao clima árido e semiárido, resistente a altas temperaturas e ao déficit hídrico, além da alta adaptabilidade aos diferentes tipos de solo (ABDELHALIM et al., 2019).

O sorgo se destaca devido a sua versatilidade de finalidades, como a produção do sorgo sacarino, forrageiro, biomassa, vassoura e granífero. Em função das suas utilidades e características o sorgo sacarino é utilizado principalmente para a produção de biocombustíveis, o sorgo forrageiro para a produção de forragem, silagem e alimentação animal e o sorgo granífero é utilizado principalmente na alimentação humana, produção de rações de aves e no uso *in natura* de seus grãos (OLIVEIRA et al., 2020; LESTARI et al., 2021).

Na cultura do sorgo, os estádios fenológicos variam conforme a cultivar, condições edafoclimáticas e práticas de manejo (PEREIRA et al., 2023). Do plantio à colheita, o sorgo granífero passa por nove estádios fenológicos. O estágio 0 (E0) vai da semeadura ao surgimento do coleóptilo na superfície do solo, em torno de 4 a 10 dias. No estágio 1 (E1), é visível o cartucho da 3ª folha, aproximadamente em 10 dias. No estágio 2 (E2), a lígula da 5ª folha torna-se visível, ocorrendo em cerca de 15 dias. O estágio 3 (E3) marca a diferenciação do ponto de crescimento, acontecendo cerca de 30 dias após a emergência (DAE), indicando a transição do estado vegetativo para o reprodutivo. No estágio 4 (E4), a última folha torna-se visível, acompanhada pelo rápido alongamento do colmo. O estágio 5 (E5) representa o emborrachamento, com todas as folhas totalmente desenvolvidas e máxima área foliar. No estágio 6 (E6), ocorre 50% da floração, por volta de 60 DAE. No estágio 7 (E7), os grãos estão leitosos, com cerca de 50% da matéria seca acumulada, aproximadamente 70 DAE. O estágio 8 (E8) é caracterizado pelos grãos pastosos, ocorrendo por volta de 85 DAE. Finalmente, no estágio 9 (E9), ocorre a maturação fisiológica, com os grãos atingindo 22 a 23% de umidade, aproximadamente 95 DAE. O ciclo é influenciado pelo manejo e condições ambientais, especialmente umidade, temperatura e qualidade genética da semente (MAGALHÃES et al., 2000; PINHO et al., 2014; SANTOS et al., 2023).

3.2. *Amaranthus viridis* L.

O gênero *Amaranthus*, composto por cerca de 74 espécies, representa um dos principais desafios para o manejo de plantas daninhas em áreas agrícolas no mundo (WASELKOV et al., 2018; AZARIAS et al., 2023). Este gênero possui grande importância econômica, abrangendo espécies com grãos, plantas ornamentais, ervas medicinais e, significativamente, plantas daninhas agrícolas de metabolismo fotossintético C4. Entre as espécies mais prevalentes nas culturas, destacam-se o *A. hybridus*, *A. lividus*, *A. spinosus* e *A. viridis*. Em particular, o *A. viridis*, devido à sua ampla distribuição em regiões tropicais e subtropicais, com registro em mais de 80 países e em 50 culturas diferentes, assume um papel de destaque como invasora (DADA et al., 2017; FACCENDA; ROSS, 2024).

O *Amaranthus viridis* L., conhecido popularmente como caruru-de-mancha, é uma planta daninha de rápido desenvolvimento e elevada produção de sementes, acarretando diversos problemas (competição por nutrientes e água, hospedeiro de doenças e pragas e a resistência a herbicidas) (FERNANDES et al., 2021). A classificação taxonômica desta planta pertence ao reino Plantae, à ordem Caryophyllales, à família Amaranthaceae, ao gênero *Amaranthus* e à espécie *Viridis*, com o nome botânico *Amaranthus viridis* (L.). Suas características morfológicas incluem um porte ereto que varia de 10 a 75 centímetros. As folhas são verde-escuras na parte adaxial e verde-claras na parte abaxial. As flores são pequenas, unissexuais, com coloração verde ou avermelhada. Os frutos são subglobosos, longos, com menos de 1 milímetro e apresenta dormência. O caule é de cor verde-claro e tem formato cilíndrico. As raízes são de cor esbranquiçada, com formato cilíndrico e possuem um odor pungente (KUMAR et al., 2022).

Seu difícil controle impacta negativamente várias culturas, sejam perenes ou anuais, como algodão, cana-de-açúcar, frutíferas e graníferas (SYNGENTA, 2021). Conforme Carvalho et al. (2018), é de suma importância realizar o controle dessa planta daninha com práticas de manejo, buscando reduzir a infestação a níveis aceitáveis de convivência entre a comunidade de daninhas e a cultura de interesse. A eficiência do controle está relacionada ao uso do manejo integrado de plantas daninhas (MOROTA et al., 2020).

No contexto em que a disseminação do *A. viridis* está descontrolada, isso resultará em prejuízos econômicos substanciais para os agricultores, tornando ineficazes as medidas de controle e manejo (SILVA et al., 2021). Assim, a compreensão aprofundada dos métodos de propagação, do ciclo de vida e das condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da planta daninha é essencial para o estabelecimento de práticas agrícolas sustentáveis e eficientes

na redução e/ou controle de sua incidência (ALBUQUERQUE et al., 2017).

Em contrapartida, o caruru-de-mancha representa um desafio significativo para os agricultores, pois demonstra resistência ao herbicida glifosato, exigindo estratégias específicas para o controle. O glifosato já apresentou resistência em aproximadamente 30 países, afetando a produtividade em diversas regiões do mundo (WEED SCIENCE, 2021). Essa resistência é resultado do uso contínuo e inadequado do glifosato, caracterizado por repetições que geram pressão seletiva (NERY et al., 2023).

3.3. Alelopatia e o controle de plantas daninhas

A alelopatia é definida como qualquer efeito direto ou indireto, danoso ou benéfico, que uma planta exerce sobre outra, através da produção de compostos químicos liberados no ambiente (GIANCOTTI et al., 2020). Diante disso, os efeitos alelopáticos são proporcionados por substâncias aleloquímicas que pertencem a diferentes categorias de compostos químicos secundários (ROCHA et al., 2021). De acordo com Pantoja et al. (2023), os aleloquímicos podem ser encontrados nas cascas, caules, folhas, frutos, inflorescências, raízes e sementes, não existindo um padrão para a quantidade de distribuição em cada parte.

A cultura do sorgo é uma espécie com capacidade alelopática, ou seja, possui a capacidade de produzir compostos secundários e, com isso, afetar o desenvolvimento de outra planta. As substâncias alelopáticas podem estimular ou inibir a germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas próximas. Essa produção de compostos alelopáticos varia de acordo com o ambiente, a idade da planta, o genótipo, a localização e sistema de produção (WESTON et al., 2013; WALIGÓRA et al., 2023).

A substância popularmente conhecida como sorgoleone é o termo frequentemente utilizado para descrever o componente predominante dos exsudados das raízes de sorgo denominado de 2-hidroxi-5-metoxi-3-[(Z,Z)-8',11',14'-pentadecatrieno]-p-benzoquinona (DAYAN, 2006; SANTOS et al., 2012). Em bancos de dados, ela é referida como CHEBI:61098, CPD-10259, 4-metoxi-3,6-dioxo-2-[(8Z,11Z)-pentadeca-8,11,14-trien-1-yl]ciclohexa-1,4-dien-1-olato.

Além disso, o termo sorgoleone é comumente empregado para descrever um grupo de p-benzoquinonas lipofílicas estruturalmente relacionadas ao 2-hidroxi-5-metoxi-3-[(Z,Z)-8',11',14'-pentadecatrieno]-p-benzoquinona. Essas substâncias são também produzidas pelas raízes de sorgo, apresentando substituições hidroxil e metoxil nas posições 2 e 5, respectivamente. Adicionalmente, podem apresentar caudas alifáticas de 15 ou 17 carbonos, juntamente com vários graus de insaturação na posição 3 (DAYAN et al., 2009; SANTOS et al.,

2012).

O uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas é o método mais eficiente no curto prazo, no entanto, é bastante oneroso, além de causar sérios impactos ao ambiente com frequente contaminação de cursos d'água, efeitos negativos na saúde humana e danos a fauna (PERVEEN et al., 2019). Diante disso, uma alternativa visando à sustentabilidade agrícola e a prática biorracional da agricultura é o uso de bioherbicidas, os quais são caracterizados como herbicidas não sintéticos, compostos naturais oriundos de plantas e/ou organismos vivos (DAVID et al., 2021).

O sorgoleone surge como uma alternativa bioherbicida para o manejo de plantas daninhas, em comparação com os herbicidas sintéticos (PERVEEN et al., 2019). Estudos demonstram que o sorgoleone é a principal substância responsável pela redução da abundância de plantas daninhas como a mostarda-marrom (*Brassica juncea*) e o picão-preto (*Bidens pilosa*) (FRANCO et al., 2011; MAJUMDAR et al., 2017). De acordo com Gomes et al. (2018), os extratos foliares e exsudatos de raízes de plantas de sorgo têm reduzido em mais de 50% o crescimento da parte aérea de plantas daninhas e espécies susceptíveis, como a alface, dentre outras.

No estudo realizado por Boehm e Simonetti (2014), utilizando o extrato de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) sobre as sementes de capim-amargoso, foram obtidos resultados significativos na inibição da germinação das sementes. Outro resultado favorável foi encontrado por Morais et al. (2021) ao utilizar o extrato aquoso de gengibre com potencial atividade alelopática sobre o capim-amargoso, o qual retardou a germinação e impactou sobre o potencial de germinação, sugerindo assim seu uso como controle pré-emergente de *Digitaria insularis*. Em contrapartida, no estudo desenvolvido por Ribeiro e Boiago (2022), não foram encontrados resultados satisfatórios ao usar extrato aquoso de folhas secas de tabaco, o qual não inibiu o desenvolvimento do capim-amargoso.

Bocchi et al. (2020) avaliaram o efeito de extratos aquosos de trigo mourisco sobre o desenvolvimento inicial da planta daninha buva e identificaram redução no crescimento. O uso de extratos vegetais no controle de plantas daninhas, é uma técnica crescente na agricultura biorracional. O crescimento se deve à escassez de insumos químicos, resistência de herbicidas e à busca por tecnologias sustentáveis.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Informações gerais

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação coberta com plástico transparente e as laterais em sombrite com 50% de atenuação da radiação solar na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sul, Unidade de Ipameri (Lat. 17° 43' 19'' S, Long. 48° 09' 35'' W, Altitude de 773 m), Ipameri, Goiás. Esta região possui clima tropical com inverno seco e verão úmido (Aw), de acordo com a classificação de Köppen (CARDOSO, 2014).

Em abril de 2023, foram coletadas amostras de solo de uma área com histórico de infestação de caruru. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2018). A análise química do substrato utilizado possuía as características descritas abaixo na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento, na camada de 0 a 20 cm. Ipameri-GO, 2023.

SOLO	pH	M.O.	P _{melich}	Zn	H+Al	K+	Ca+2	Mg+2	Al	CTC	V%
	CaCl ₂	g dm ⁻³	--mg dm ⁻³ --		-----	cmolc dm ⁻³	-----				%
0-20 cm	5,9	17	12,7	1,7	1,2	1,8	1,8	1,4	0	6,2	80,65

pH – acidez ativa, M.O. – Matéria orgânica, P – Fósforo disponível, H+Al – acidez potencial, k – Potássio disponível, Ca – Cálcio trocável, Mg – Magnésio trocável, AL - alumínio, CTC – Capacidade de troca catiônica efetiva, V% - Saturação por bases.

O substrato foi preparado com terra, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. Os vasos de polietileno com capacidade de 15 litros, foram preenchidos com 12 kg do substrato. Aos 10 dias após enchimento dos recipientes, foram verificadas as primeiras emergências de cururu (*Amaranthus viridis* L.). Aos 23° dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste das plantas de caruru, deixando apenas uma planta por vaso.

4.2. Desenho experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4, o primeiro fator foi o estágio fenológico de extração do extrato de folhas de sorgo E1 (visível o cartucho da 3ª folha, 10 dias), E3 (transição do estágio vegetativo para o reprodutivo, 30 dias) e E6 (50% da floração, 60 dias), e o segundo fator foi a dose de extrato aplicado (0%, 25%, 50% e 100% do extrato diluído) e três repetições. Foram aplicados 20 ml sobre as plantas de caruru e solo do vaso com auxílio de um pulverizador manual. A aplicação foi realizada em três momentos: aos 33, 39 e 43 DAE para todas as plantas durante o

desenvolvimento do caruru. No momento da aplicação, cada recipiente continha apenas uma planta daninha e a pulverização foi direcionada ao caruru. As plantas foram irrigadas de forma intermitente, com um dia de irrigação seguido de um dia sem irrigação, utilizando do volume de água correspondente a evapotranspiração da planta daninha. Como o coeficiente para o caruru (k_c) não foi determinado para a região de Ipameri, GO, utilizou-se o k_c igual a 1,00, conforme estimativa da FAO 56 (ALLEN et al., 1998), em um conjunto de culturas em estágio de desenvolvimento inicial. O volume de água utilizado foi calculado pela determinação da evapotranspiração de referência e o coeficiente da cultura segundo a equação:

$$ET_c = E_{To} \times k_c, \text{ Onde:}$$

E_{Tc} = evapotranspiração

da cultura k_c = coeficiente

da cultura

E_{To} = Evapotranspiração de referência

Realizou-se o cálculo da E_{To} diária por intermédio do método de Penman-Monteith recomendado pela FAO (SMITH et al., 1991), utilizou-se os dados diários de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento, coletados na Estação Meteorológica do INMET localizado no município de Ipameri, GO.

Para a produção dos extratos de folhas de sorgo, foram coletadas folhas totalmente expandidas na altura do terço médio de 10 plantas de sorgo em diferentes estádios fenológicos (E1, E3 e E6), de forma aleatória no campo. As folhas foram lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C por 72 horas. Após a secagem, foram trituradas em moinho tipo martelo e misturadas em etanol na proporção de 3 g para 100 mL. A mistura foi deixada em banho maria a 40 °C por 72 horas e posteriormente filtrada (HIEN et al., 2016).

4.3. Variáveis morfológicas

Aos 50 DAE foram realizadas as seguintes avaliações na planta de caruru: número de folhas (NF), obtido por contagem de todas as folhas viáveis presentes na planta; a altura da planta (AP), a partir da mensuração da região de transição da raiz com o caule, na base da planta rente ao solo (colete), até o ápice, com auxílio de régua graduada; o comprimento da raiz (CR), conferindo toda a extensão do sistema radicular com auxílio de régua graduada e área foliar (AF) foi determinado com auxílio de um medidor de área foliar portátil.

Após a separação as folhas, caule e raiz foram colocadas em estufa de secagem com circulação forçada de ar regulada a 70°C, por um período de 72h, a fim de obter a massa seca

constante, e logo depois, pesadas em balança de precisão. Após a mensuração da massa seca realizou-se o cálculo para obtenção de biomassa total, através da soma de todas as partes da planta, as razões de massa foliar, caulinar e radicular foram estimadas em função da divisão da massa do órgão individual pelo valor de biomassa total. O valor de razão parte aérea sistema radicular foi obtido pela soma da massa seca do caule e folhas e dividido pela massa seca da raiz.

O índice de clorofila foi determinado com o auxílio de um medidor portátil de clorofila (clorofilômetro), ClorofiLOG® modelo CFL 1030, o qual fornece valores de clorofila total expressas em unidades chamadas Índice de Clorofila SPAD. As medições foram realizadas no terceiro par de folhas que estavam totalmente expandidas.

4.4. Procedimentos estatísticos

Foi utilizado para análise estatística o software R (R CORE TEAM, 2023), aplicando as seguintes análises: análise de variância e teste de média Newman-Keuls a 5% de probabilidade; análise de regressão múltipla com seleção pelo modelo forward stepwise (SOKAL e ROLF, 1995). Adicionalmente, realizou-se a análise de regressão linear e quadrática com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), por intermédio do programa estatístico SigmaPlot 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2006) e para as variáveis canônicas utilizou-se o pacote candisc nos softwares R 4.0.1 (R CORE TEAM, 2023) e RBIO (BHERING, 2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para número de folhas (NF), área foliar (AF), altura de planta (AP) e biomassa da planta (BP) de caruru (*Amaranthus viridis* L.) submetido ao extrato de folhas de sorgo aos 50 dias após emergência (DAE), é demonstrado na Tabela 2. De acordo com os dados, pôde-se constatar que as doses do extrato de folhas de sorgo influenciaram o NF, AF, AP e BP do caruru e serão discutidos posteriormente na figura 1. Estes resultados indicam que o extrato pode ser obtido em diferentes estádios fenológicos da planta de sorgo sem perda da ação bioherbicida para o caruru.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), área foliar (AF), altura de planta (AP) e biomassa da planta (BP) de caruru (*Amaranthus viridis* L.) submetidas ao controle com extrato de folhas de sorgo aos 50 dias após emergência.

Fonte de Variação	GL	Soma de Quadrados			
		NF (unid.)	AF (cm ²)	AP (cm)	BP (g)
Dose (D)	3	4321*	207014*	248*	36*
Estádio (E)	2	638 ^{ns}	5405 ^{ns}	6,0 ^{ns}	7,7 ^{ns}
D x E	6	1118 ^{ns}	1163 ^{ns}	210 ^{ns}	16 ^{ns}
Erro	24	7198	168143	609	110
Total	35	13970	391925	1075	170
CV (%)	-	24,6	29,1	12,6	7,7
Estádio		Médias			
E1		67,5a	291,9a	39,3a	7,8a
E3		66,8a	270,3a	39,9a	6,8a
E6		76,0a	299,1a	40,4a	7,4a

Valores da soma de quadrados seguidos de “ns” ou de * e **, não obtiveram significância, ou foram significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

O resumo da análise de variância para razão de massa radicular (RMR), caulinar (RMC) e foliar (RMF), índice de clorofilas (SPAD) e comprimento de raiz (CR) de caruru é demonstrado na Tabela 3. Observou-se efeitos significativos das doses do extrato de folhas de sorgo apenas para a RMC e SPAD, enquanto o estágio fenológico de obtenção do extrato influenciou significativamente apenas para a RMF, com o desenvolvimento de folhas de caruru cerca de 19% menor com aplicação de extrato oriundo de E1 em relação à média de E3. Este resultado aponta para uma discreta eficiência do extrato obtido em estágio E1 em relação aos demais estádios avaliados. Com isto, já é possível atribuir qualquer alteração nas variáveis analisadas ao efeito alelopático do extrato em estudo, assim como relatado por outros autores (WON et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015; MURIMWA et al., 2019).

Tabela 3. Resumo da análise de variância da razão de massa radicular (RMR), caulinar (RMC) e foliar (RMF), índice de clorofilas (SPAD) e comprimento de raiz (CR) de caruru (*Amaranthus viridis* L.) submetidas ao controle com extrato de folhas de sorgo, 50 dias após emergência.

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados				
		RMR (%)	RMC (%)	RMF (%)	SPAD (Clt)	CR (cm)
Dose (D)	3	778 ^{ns}	612*	22 ^{ns}	645*	61 ^{ns}
Estádio (E)	2	495 ^{ns}	141 ^{ns}	113*	112 ^{ns}	40 ^{ns}
D x E	6	805 ^{ns}	389 ^{ns}	129 ^{ns}	102 ^{ns}	218 ^{ns}
Erro	24	2287	1339	348	892	1181
Total	35	4367	2483	613	1752	1502
CV (%)	-	20,0	22,9	20,5	11,8	25,6
Estádio		Médias				
E1		53,6a	30,2a	16,1b	49,5a	28,8a
E3		44,5a	35,1a	20,3a	51,4a	26,8a
E6		48,4a	32,4a	19,2ab	53,8a	26,5a

Valores da soma de quadrados seguidos de “ns” ou de * e **, não obtiveram significância, ou foram significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

A análise de regressão para biomassa (BP), número de folhas (NF), área foliar (AF), altura de planta (AP) e razão de massa caulinar (RMC) é mostrada na Figura 1. Os resultados demonstram que a NF, AF, RMC e BP de *A. viridis* reduziram linearmente à medida que se elevou as doses do extrato de folhas de sorgo (Figura 1A, 1B, 1D, 1E). Para cada unidade incrementada do extrato de folhas de sorgo (%) houve uma redução de até 0,25 unidade para NF (Figura 1A), 1,56 cm² para AF (Figura 1B), 0,08% para RMC (Figura 1D) e 0,02 g para a BP (Figura 1E). O tratamento controle (0% do extrato de folhas de sorgo) quando comparado com a maior concentração do extrato (100%), houve uma diferença de 2 g para a BP, 25 unidades para o NF, 156 cm² para a AF e 8% para a RMC das plantas de *A. viridis*. Tal comparação, revelou o efeito bioherbicida do extrato de folhas de sorgo na sua maior concentração, com reduções nas variáveis BP, NF, AF e RMC foi de 76%, 69%, 56% e 78%, respectivamente.

Quanto a AP de *A. viridis*, a única variável que se ajustou ao modelo quadrático, parece ter havido um efeito estimulador do extrato de folhas de sorgo até a dose de 50% com uma altura de plantas de 43,6 cm. Ao passo que se elevou as doses, a AP diminuiu tendencialmente até a dose de 100% do extrato (38,28 cm), no entanto, a AP obtida no tratamento controle (0%) ainda foi menor (37 cm) que a obtida na dose de 100% (Figura 1C).

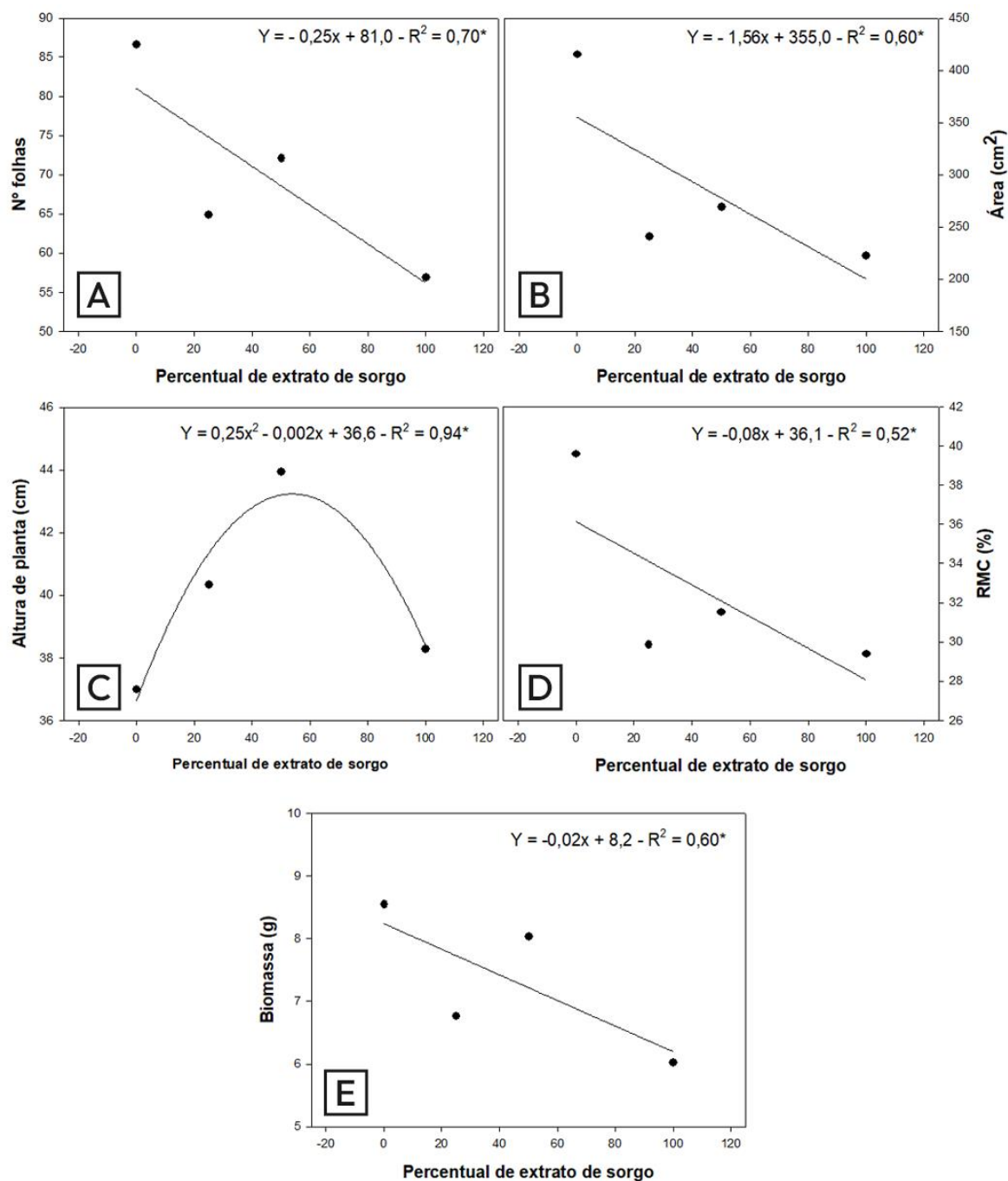


Figura 1. Análise de regressão com diferentes doses do extrato de folhas de sorgo para biomassa, número de folhas, área foliar, altura de planta e razão de massa caulinar de caruru (*Amaranthus viridis* L.) com 50 dias após emergência.

Os resultados apresentados comprovam o efeito bioherbicida do sorgo sob as plantas de *A. viridis*. O sorgo é conhecido por produzir uma série de aleloquímicos, os quais possuem efeitos alelopáticos ou fitotóxicos, sendo o sorgoleone o composto mais importante sintetizado na raiz, que pode inibir o crescimento de espécies de plantas daninhas (GIANCOTTI et al., 2020; BORGES; AMORIM, 2020). Em sorgo, esses compostos químicos são polifenóis exsudados pelos tricomas das raízes e/ou derivados na degradação da palhada do sorgo, atuando, sobretudo, como inibidores da germinação de sementes de dicotiledôneas (UDDIN et

al., 2014). No entanto, o efeito inibitório do extrato proveniente da parte aérea das folhas de sorgo e aplicado sob as plantas daninhas, é um indicativo do efeito alelopático de plantas de sorgo por meio dos compostos presentes na parte aérea e não somente aqueles liberados no solo exsudados pelas raízes, assim como relatado por Matos et al. (2020), os quais também evidenciaram a atividade bioherbicida do extrato de sorgo no controle de *Cyperus rotundus* L.

Tibugari et al. (2020) relata que em doses subtóxicas, alguns aleloquímicos podem causar efeitos estimuladores. No entanto, os efeitos inibitórios causados pelos aleloquímicos muitas vezes superam os efeitos estimulatórios (DAYAN et al., 2009), assim como evidenciado no presente estudo. O presente estudo sugere que o possível efeito estimulatório está relacionado com o efeito bioherbicida do extrato na redução da densidade de plantas e, dessa forma, a menor quantidade de plantas permite o maior desenvolvimento das espécies dominantes.

A análise de variáveis canônicas para ordenação das variáveis analisadas é demonstrada na Figura 2. A ordenação representa 85,9% da variação dos resultados apresentados. É possível observar que não houve uma ordenação dos dados para os estádios, enquanto que para as doses do extrato, houve uma disposição à esquerda do eixo 1, indicando que as doses do extrato do sorgo interferem no desenvolvimento das plantas de caruru.

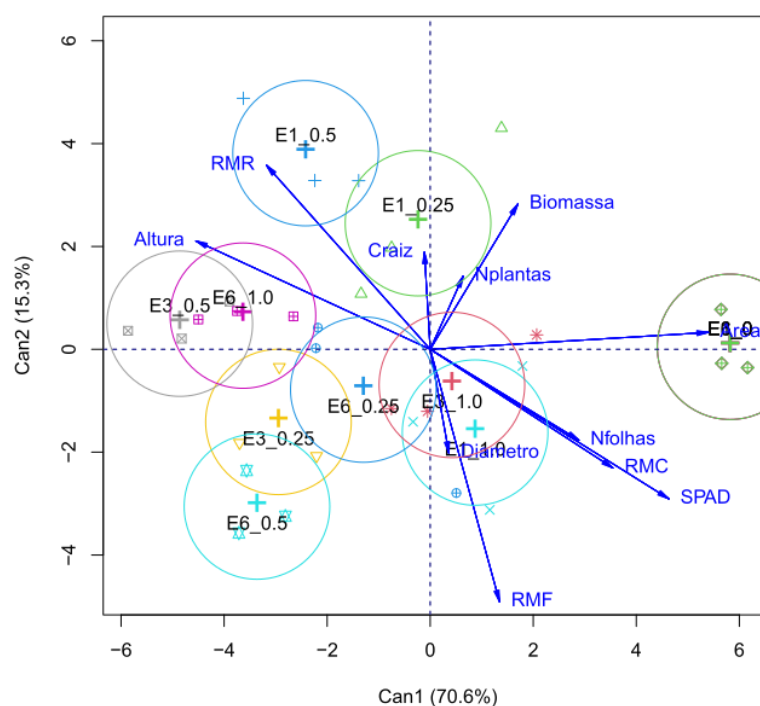


Figura 2. Análise de variáveis canônicas para as variáveis analisadas: número de folhas (NF), área foliar, altura de planta, diâmetro do caule, biomassa da planta, razão de massa radicular (RMR), caulinar (RMC) e foliar (RMF), índice de clorofilas (SPAD) e comprimento de raiz (Craiz) em plantas de caruru (*Amaranthus viridis* L.) submetidas ao controle com extrato de folhas de sorgo extraído nos estádios fenológicos E1, E3 e E6 do sorgo em diferentes doses: 0%, 25%, 50% e 100% do extrato diluído.

Observe que quanto aos estádios não houve ordenação dos dados, mas quanto as doses, houve uma tendência de localização das doses do extrato à esquerda do eixo 1, enquanto que o controle (dose 0) se dispôs positivamente no respectivo eixo. Isto significa que o crescimento da planta é afetado negativamente pelas doses do extrato e só reforça o que veio sendo discutido ao longo do trabalho, sobre o potencial efeito bioherbicida do sorgo sob as plantas de *A. viridis*, principalmente inibindo o seu desenvolvimento. Um dos mais bem caracterizados mecanismos de indução da fitotoxicidade por aleloquímicos como o sorgoleone é a inibição da fotossíntese pela evolução do oxigênio através das interações com componentes do fotossistema II (PSII) (CZARNOTA et al., 2001; YANG et al., 2004; SANTOS et al., 2012). Logo, com o fotossistema II inibido, a conversão da energia luminosa em fotoassimilados é prejudicada e, conseqüentemente, o desenvolvimento da planta é inibido (CARON et al., 2012), como pôde ser visto no presente estudo.

O fato do extrato obtido no estágio E1 (abertura das folhas primárias) parecer demonstrar uma maior eficiência do efeito bioherbicida, pode ser explicado pelo metabolismo da planta de sorgo. Outros estudos demonstraram que a biossíntese dos aleloquímicos, principalmente o sorgoleone, ocorre constitutivamente durante o estabelecimento inicial da plântula de sorgo (SANTOS et al., 2012). Após a exsudação, a hidroquinona, que é menos estável, rapidamente oxidada para uma forma de benzoquinona altamente fitotóxica (MARCHI et al., 2008).

6. CONCLUSÃO

O extrato de folhas obtido a partir dos três estádios fenológicos (E1, E3 e E6) das plantas de sorgo, apresenta ação bioherbicida e retarda o crescimento de plantas de caruru (*Amaranthus viridis* L.), principalmente quando utilizado na concentração de 100% do extrato. Dessa forma, os aleloquímicos presentes no sorgo possuem ação bioherbicida com potencial de controle de plantas daninhas de caruru.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELHALIM, T. S.; KAMAL, N. M.; HASSAN, A. B. Nutritional potential of wild sorghum: grain quality of Sudanese wild sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Food Science & Nutrition**, v. 7, n. 4, p. 1529-1539, 2019.
- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SANTOS, T. S.; CASTRO, T. S.; EVANGELISTA, M. O.; ALVES, J. M. A.; MENEZES, P. H. S. Estudo florístico de plantas daninhas em cultivos de melancia na Savana de Roraima, Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v. 8, n. 2, p. 91-98, 2017.
- AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L. C.; VARGAS, L.; MARKUS, C.; OLIVEIRA, E. D. Habilidade competitiva relativa de milho em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1315-1322, 2013.
- ALMEIDA, B. J. W.; VIANA, J. W. M.; DA SILVA, V. B.; COSTA, A. R.; COSTA, M. H. N.; DOS SANTOS, M. A. F.; CORREIA, D. B. Alelopatia? Não sei! Nunca vi! Eu só ouço falar! **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e19391210873, 2020.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements**. Italy: FAO, 1998. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE, M. D.; REIS, D. O.; FABRICANTE, J. R. Plantas daninhas de culturas agrícolas de importância econômica no município de Itabaiana, SE. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 17, n. 1, p. 1-12, 2023.
- AZARIAS, E. C. P.; GONZAGA, N. A.; MACHADO, L. E. M.; MUNIZ, J. A.; SILVA, E. M. Uso dos modelos von Bertalanffy e Logístico na descrição do acúmulo de massa seca das plantas daninhas *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus hybridus*. **Revista Foco**, v. 16, n. 7, p. 1-17, 2023.
- BARBERO, L. M.; PRADO, T. F.; BASSO, K. C.; LIMA, L. A.; MOTTA, K. M.; KRUGER, B. C.; MARTINS NETO, L. R.; SILVA, G. A. S. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicadas no manejo de pastagens. **Veterinária Notícias**, v. 19, n. 2, p. 71-85, 2013.
- BARRALES-CUREÑO, H.J.; HERRERA-CABRERA, B. E., MONTIEL-MONTOYA, J. Metabolomics studies of allelopathy: a review. **Colombiana de Ciencias Químico**, v. 51, n. 1, p. 243–274, 2022.
- 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.
- BOCCHI, K.; SIMONETTI, A. P. M. M.; WEBER, T. Trigo mourisco como controle alternativo da planta daninha buva. **Cultivando o Saber**, v. 13, n. 3, p. 92-102, 2020.
- BOEHM, N. R.; SIMONETTI, A. P. M. M. Interferência alelopática do extrato de crambe sobre sementes de capim-amargoso. **Cultivando Saber**, v. 2, n. 1, p. 83-93, 2014.
- BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos secundários de plantas. **Revista**

Agrotecnologia, v. 11, n. 1, p. 54-67, 2020.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.

CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; SCHMIDT, D.; BAMBERG, R.; ELOY, E. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 833-842, 2012.

CARVALHO, F. L. C.; BARBOSA JR, L. B.; SOUZA, R. R.; ARAÚJO, N. B. P.; BARROS, A. P.; SILVA, R. B. Composição florística de plantas daninhas em pastagens do IFTO - Campus Araguatins, Tocantins. **Jornada de Iniciação Científica e Extensão**, 2018.

COSTA, N. V.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; COELHO, E. M. P.; FERREIRA, S. D.; BARBOSA, J. A. Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 25-44, 2018.

CZARNOTA, M. A.; PAUL, R. N.; DAYAN, F. E.; NIMBAL, C. I.; WESTON, L. A. Mode of action, localization of production, chemical nature, and activity of sorgoleone: a potent PSII inhibitor in *Sorghum* spp. root exudates. **Weed Technology**, v. 15, n. 4, p. 813-825, 2001.

DADA, O. A., IMADE, F.; ANIFOWOSE, E. M. Growth and proximate composition of *Amaranthus cruentus* L. on poor soil amended with compost and arbuscular mycorrhiza fungi. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 6, n. 3, p. 195-202, 2017.

DAVID, R. A. R. et al. BIOHERBICIDAS COMO ALTERNATIVA PARA AGRICULTURA ORGÂNICA: BREVE REVISÃO. **AGROECOLOGIA: MÉTODOS E TÉCNICAS PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL**, v. 5, n. 1, p. 56-64, 2021.

DAYAN, F.E. Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*. **Planta**, v.224, n. 2, p.339-346, 2006.

DAYAN, F. E.; HOWELL, J. L.; WEIDENHAMER, J. D. Dynamic root exudation of sorgoleone and its in planta mechanism of action. **Journal of Experimental Botany**, v.60,n.7, p.2107-2117, 2009.

FACCENDA, K.; ROSS, M. C. New naturalization records for *Amaranthus* in the Hawaiian Islands. **Bishop Museum Occasional Papers**, v. 156, n. 1, p. 23–32, 2024.

FERNANDES, T.; INOUE, M. H.; SILVA, A. M. L.; GUIMARÃES, A. C. D.; MACIEL, C. D. G.; MENDES, K. F.; SANTOS NETO, J. C.; MARTINS, G. H. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cultivos de abacaxi em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 322-335, 2021.

FRANCO, F. H. S.; MACHADO, Y.; TAKAHASHI, J. A.; KARAM, D.; GARCIA, Q. S. Quantificação de sorgoleone em extratos e raízes de sorgo sob diferentes períodos de armazenamento. **Planta Daninha**, v.29, n. 1, p.953-962, 2011.

GALON, L.; DAVID, F. A.; FORTE, C. T.; JÚNIOR, F. W. R.; RADUNZ, A. L.; KUJAWINSKI, R.; RADUNZ, L. L.; CASTOLDI, C. T.; PERIN, G. F.; MOSSI, A. J. Chemical management of weeds in corn hybrids. **Weed Biology and Management**, v. 18, n.1, p. 26-40, 2018.

GALON, L.; GABIATTI, R. L.; AGAZZI, L. R.; WEIRICH, S. N.; RADUNZ, A. L.; BRANDLER, D.; BRUNETTO, L.; SILVA, A. M. L.; ASPIAZÚ, I.; PERIN, G. F. Competição entre híbridos de milho com plantas daninhas. **South American Sciences**, v. 2, n. 1, p. 1-26, 2020.

GALON, L.; CAVALETTI, D. C.; SILVA, M. R.; SILVA, A. F.; HENZ NETO, O. D. Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em soja para o controle de plantas daninhas. **Agrarian**, v. 15, n. 55, p. 1-13, 2022.

GALON, L.; BALKE, M.; CAVALETTI, D. C.; HENZ NETO, O. D.; BRANDLER, D.; SCHMITZ, M. H.; MEZADRI, D. F.; PERIN, G. F. Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em canola para controle de plantas daninhas. **Revista de Ciências Agroveterinários**, v. 22, n. 2, p. 218-233, 2023a.

GALON, L.; OLIVEIRA, B. C.; BAGNARA, M. A. M.; SCHMITZ, M. H.; OLIVEIRA, C. V.; PIGATTO, S. C.; MEZADRI, D. F.; TIRONI, S. P. Manejo químico de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 8, p. 1-22, 2023b.

GIANCOTTI, P. R. F.; MARTINS, P. F. R. B.; YMAUTI, M. S.; OLIVEIRA, T. S.; MORO, M. S.; ALVES, P. L. C. A. Potencial alelopático de exsudado radicular de sorgo sacarino. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 850-858, 2020.

GOMES, T. C.; KARAM, D.; MARINHO, C. G. S.; MARTINS, B. A. B.; SIMEONE, M. L. F.; OKUMURA, F. Ação de extratos de sorgo na germinação de sementes de milho, alface e corda-de-viola (*Ipomoea* SP.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 1, p. 168-176, 2018.

HIEN, L. T.; PARK, Y. J.; HWANG, J-B.; PARK, S. U.; PARK, K. W. Investigation of appropriate phenolic compound extraction methods for *Sorghum bicolor* (L.) Moench shoot extracts from different cultivars. **Research on Crops**, v. 17, n. 3, p. 479-482, 2016.

HUSSAIN, M. I.; DANISH, S.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A. M.; VICENTE, O.; JABRAN, K.; CHAUDHRY, U. K.; BRANCA, F.; REIGOSA, M. J. Unraveling Sorghum Allelopathy in Agriculture: Concepts and Applications. **Plants**, v. 10, n. 1, p. 1-21, 2021.

GOMES, T. C.; SIMEONE, M. L. F.; KARAM, D.; DIAS, L. L. C. The allelopathic effect of sorghum and its links to the extract composition and the sorgoleone. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 9, n. 1, p. 1-19, 2024.

LEITE, R. A.; BARROS, R. P.; OLIVEIRA, J. P. S.; CAVALCANTE, J. S.; SANTOS, D. S.; LIMA, F. S.; SILVA, D. S.; SOUSA, J. I.; GALDINO, W. O.; BARBOSA, J. E. C. Produtividade do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (Poaceae) submetido a diferentes fontes de adubação orgânica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, 1-8, 2022.

- LESTARI, R.; TYAS, K. N.; RACHMADIYANTO, A. N.; MAGANDHI, M.; PRIMANANDA, E., HUSAINI; I. P. A.; KOBAYASHI, M. Response of biomass, grain production, and sugar content of four sorghum plant varieties (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) to different plant densities. **Open Agriculture**, v. 6, n. 1, 761–770, 2021.
- LOPES, R.W.N.; MORAIS, E.M.; LACERDA, J.J.J.; ARAUJO, F.D.S.; Bioherbicide potential of plant species with allelopathic effects on the weed *Bidens bipinnata* L. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 13476, 2022.
- KUMAR, A.; KATIYAR, A.; GAUTAM, V.; SINGH, R.; DUBEY, A. Uma revisão abrangente sobre anti-Propriedades do câncer de *Amaranto viridis*. **Journal for Research in Applied Sciences**, v. 3, n. 1, p. 178-185, 2022.
- MAGALHAES, P. C.; DURAES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 3)
- MAJUMDAR, S.; SANWAL, U.; INDERJIT. Interference potential of *Sorghum halepense* on soil and plant seedling growth. **Plant Soil**, v. 418, n. 1, p.219–230, 2017.
- MANARELLI, D. M.; ORRICO, M. A. P. JR.; RETORE, M.; VARGAS, F. M.; JR.; SILVA, M. S. J.; ORRICO, A. C. A.; NEVES, F. O. Productive performance and quantitative carcass traits of lambs fed saccharine sorghum silage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, n. 1, p. 1-10, 2019.
- MARKUS, C.; BARROSO, A. A. M.; DALAZEN, G.; RONCATTO, E.; MEROTTO JÚNIOR, A. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: MURATA, A. T (Org.). *Matologia: estudos sobre plantas daninhas*. 2ª Ed. São Paulo: Jaboticabal, Oficina de Textos, 2021, p. 324-364.
- MATOS, F. S.; BORGES, L. P.; AMARO, C. L.; DE OLIVEIRA, D. B.; DO CARMO, M. S.; TORRES JUNIOR, H. D. **Folha Seca: Introdução à Fisiologia Vegetal**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2019. 189 p.
- MATOS, F. S.; FURTADO, B. N.; SANTOS, M. R.; AMORIM, V. A.; BORGES, L. P. Biorational agriculture: herbicidal activity of sorghum extract in control of *Cyperus rotundus* L. **Magistra**, v. 31, n. 1, p. 675–682, 2020.
- MENDONÇA, D. A.; REIS, D. O.; FABRICANTE, J. R. Plantas daninhas de culturas agrícolas de importância econômica no município de Itabaiana, SE. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 17, n. 1, p. 1-12, 2023.
- MELO, Alinne Coelho de. **Atividade herbicida de palhada e extrato de sorgo**. 2023. 25 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Unidade Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri-GO, 2023.
- MORAIS, C. C. S.; BARROS, G. B. S.; GENARI, D. A. PALIN, D.; MENEGAZZO, R. F.; GAZIM, Z. C.; LOPES, A. D. Potencial alelopático do extrato aquoso de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) sobre a germinação de sementes de capim amargoso. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. 1-7, 2021.

MOROTA, F. K.; BIFFE, D. F.; MENDES, R. R.; MATTIUZZI, M. D.; RAIMONDI, R. T.; FERNANDES, L. R. Manejo de plantas daninhas em frutíferas tropicais: abacaxizeiro, bananeira, coqueiro, mamoeiro e maracujazeiro. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n.1, p. 1-11, 2020.

MURIMWA, J. C.; RUGARE, J. T.; MABASA, S.; MANDUMBU, R. Allelopathic effects of aqueous extracts of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) on the early seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties and selected weeds. **International Journal of Agronomy**, v. 2019, n. 1, p. 1-12, 2019.

NERY, E. D. Diferentes herbicidas no controle de plantas daninhas. **Revista IberoAmericana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 1, p. 777–794, 2023.

OLIVEIRA, J. S.; PEIXOTO, C. S.; 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 de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 3, p. 379-384, 2015.

OLIVEIRA, S.; COSTA, K.A.; SEVERIANO, E.; SILVA, A.; DIAS, M.; OLIVEIRA, G.; COSTA, J.V. Performance of grain sorghum and forage of the genus *Brachiaria* in integrated agricultural production systems. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 1714-1721, 2020.

PANTOJA, E. K. M.; SOARES, A. C. S.; CANTUÁRIA, P. C.; LIMA, M. S. B.; MORAES, F. K. C.; SOUZA, A. C. F.; CANTUÁRIA, M. F.; ORELLANA, B. B. M. A.; FARIAIS, A. L. F.; ALMEIDA, S. S. M. S. Análise Botânica, Físico-Química e Fitoquímica da Espécie *Borreria verticillata* (L.) G. Mey. **Revista Arquivos Científicos (IMMES)**, v.6, n. 1, p. 1-7, 2023.

PEREIRA, R. C. G.; COSTA, S. A. T.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SOUZA, L. S. B.; PINHEIRO, A. G.; SILVA, T. G. F. Modelo de Simulação AquaCrop na Determinação do Yield Gap do Milheto e do Sorgo Forrageiro em Ambiente Semiárido: Um Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 6, p. 3225-3245, 2023.

PERVEEN, S.; YOUSAF, M.; MUSHTAQ, M. N.; SARWAR, N.; KHAN, M.Y.; MAHMOOD, S. Bioherbicidal Potential of Some Allelopathic Agroforestry and Fruit Plant Species Against *Lepidium sativum*. **Plant Soil Environ**, v. 38, n. 1, p. 11–18, 2019.

PINHO, R. G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica de planta do sorgo. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, I.; PARELLA, R. (Eds.). **Sorgo do plantio à colheita**. Ed UFV, p. 37-57, 2014.

R CORE TEAM. **R: A language and environmental for statistical computing**. Vienna, Austria. [Internet]. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 20 jan. 2024.

RIBEIRO, A. D.; BOIAGO, N. P. Potencial alelopático do tabaco como bioherbicida no controle do capim-amargoso e seu efeito no desenvolvimento do milho. **Cultivando o Saber**, v. 10, n. 1, p. 64-75, 2022.

ROCHA, L.F., FRANCISCO, B.S., DUTRA, F.B., TERAÇÃO, B.S., ALMEIDA, L.S., VIVEIROS, E., PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. and SILVA, J.M.S., 2021. Efeitos alelopáticos

de seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Müll.Arg.) na germinação e crescimento inicial da alface (*Lactuca sativa* L.). **Research, Social Development**, v. 10, n.14, p. 1-9, 2021.

SALOMÃO, P. E. A.; FERRO, A. M. S.; RUAS, W. F. Herbicidas no Brasil: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, p. 1-22, 2020.

SANTOS, V. O.; BOMFIM, M. A. D.; SANTOS, S. F.; TONUCCI, R. G.; CAVALCANTE, A. C. R.; SILVA, I. C. S.; CHAVES, A. K. L.; PEREIRA, P. L. Avaliação da espectroscopia no infravermelho próximo para previsão da composição químico-bromatológica da silagem de sorgo. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 6, n. 1, p. 79-92, 2023.

SANTOS, H. G.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ARAÚJO FILHO, J. C.; CUNHA, T. J. F.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; ALMEIDA, J. A. ; OLIVEIRA, J. B.; (Ed). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. 355p.

SANTOS, I. L. V. L.; SILVA, C. R. C.; SANTOS, S. L.; MAIA, M. M. D. Sorgoleone: Benzoquinona lipídica de sorgo com efeitos alelopáticos na agricultura como herbicida. **Arquivo Instituto de Biologia**, v.79, n.1, p.135-144, 2012.

SARR P. S.; NAKAMURA S.; ANDO Y.; IWASAKI S.; SUBBARAO G.V. Sorgoleone production enhances mycorrhizal association and reduces soil nitrification in sorghum. **Rhizosphere**, v. 17, n. 1, p. 1-12, 2021.

SILVA, A. F. M.; GIRALDELI, A. L.; SILVA, G. S.; ARAÚJO, L. S.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; VICTÓRIA FILHO, R. Introdução à ciência das plantas daninhas. In: MURATA, A. T (Org.). *Matologia: estudos sobre plantas daninhas*. 2ª Ed. São Paulo: Jaboticabal, Oficina de Textos, 2021, p. 7-13.

SILVA, P. H. O.; CORRÊA, F. R.; SILVA, N. F.; CAVALCANTE, W. S. S.; RIBEIRO, D. F.; RODRIGUES, E. Eficiência de herbicidas pré-emergentes no manejo de plantas daninhas na cultura da soja. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 4, p. 21-31, 2023.

SOKAL, R. R.; ROLF, F. J. Biometry. **Third edition**. W. H. Freeman, New York, 1995.

SMITH, M. Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requiremebts. **Rome FAO**. 45p. 1991.

SYNGENTA. Caruru-de-mancha. **Portal Syngenta**, 2021. Disponível em: <https://www.portalsyngenta.com.br/noticias/glossario-de-alvos/caruru-de-mancha>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SYSTAT SOFTWARE INC. (SigmaPlot version 10.0), San Jose, California, US, 2011.

TIBUGARI, H.; MARUMAHOKO, P.; MANDUMBU, R.; MANGOSHO, E.; MANYERUKE, N.; TIVANI, S.; MAGAYA, R.; CHINWA, H.; LLORENS, E. Allelopathic sorghum aqueous extracts reduce biomass of hairy beggarticks. **Cogent Biology**, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2020.

UDDIN, M. R.; PARK, S. U.; DAYAN, F. E.; PYON, J. Y. Herbicidal activity of formulated sorgoleone, a natural product of sorghum root exudate. **Pest Management Science**, v. 70, n.2, p. 252-257, 2014.

VIEIRA, M. O.; PINHEIRO, E. C. N. M.; LIMA, J. P.; TORRES, L. S. G.; SANTOS, G. A. N. Levantamento fitossociológico das plantas daninhas na cultura do mamão no município de Manacapuru-AM: estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 5, p. 18247-18257, 2023.

KOEFENDER, J.; SCHOFFER, A.; CAMERA, J. N.; GOLLE, D. P.; MUGNOL, J. A. B.; BROCH, J. L.; BORTOLOTO, R. P.; SCHNEIDER, T. Efeito de extratos de plantas na germinação de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench). **Peer Review**, v. 5, n. 14, p. 39-47, 2023.

WALIGÓRA, H.; NOWICKA, S.; IDZIAK, R.; OCHODZKI, P.; SZULC, P.; MAJCHRZAK, L. The total phenolic compound and sorgoleone content as possible indirect indicators of the allelopathic potential of sorghum varieties (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Journal of Plant Protection Research**, v. 63, n. 4, p. 1-9, 2023.

WASELKOV, K. E.; BOLEDA, A. S.; OLSEN, K. M. A phylogeny of the genus *Amaranthus* (Amaranthaceae) based on several low-copy nuclear loci and chloroplast regions. **Systematic Botany**, v. 43, n. 2, p. 439–458, 2018.

WEED SCIENCE, Heap, I. **The International Herbicide-Resistant Weed Database**. Disponível em: www.weedscience.org. Acesso em: 18 jan. 2024.

WESTON L.A.; ALSAADAWI I.; BAERSON S.R. Sorghum allelopathy – from ecosystem to molecule. **Journal of Chemical Ecology**, v. 39, n. 2, p. 142–153, 2013.

WON, O.; UDDIN, M. R.; PYON, J. Herbicidal activity and crop injury of aqueous extracts of sorghum leaves. **Korean Journal of Agricultural Science**, v. 38, n. 2, p. 191-198, 2011.

YANG, X.; SCHEFFLER, B. E.; LESLIE, A. Weston SOR1, a gene associated with bioherbicide production in sorghum root hairs. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 406 p. 2251-2259, 2004.