

Caracterização química e bioatividade de extratos e óleo essencial de folhas de guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*) em plântulas de alfafa e trigo

Lucas Botega Dias^[1], Henrique von Hertwig Bittencourt^[2], Luciano Tormen^[3], Lisandro Tomas da Silva Bonome^[4], Leonardo Khaoê Giovanetti^{[5]*}

^[1] dias.98@hotmail.com, ^[2] henrique.bittencourt@uffs.edu.br, ^[3] luciano.tormen@uffs.edu.br, ^[4] lisandro.bonome@uffs.edu.br, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil

^[5] leonardokgiovanetti@gmail.com, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

*autor correspondente

Resumo

Campomanesia xanthocarpa (guabirobeira) é uma espécie vegetal que produz vários compostos naturais, embora sua bioatividade em plantas permaneça pouco compreendida. Este estudo teve como objetivo identificar e quantificar compostos fenólicos presentes em extratos de folhas e óleo essencial de *C. xanthocarpa* e avaliar sua bioatividade no crescimento de mudas. Os extratos foram obtidos por extração Soxhlet, e o óleo essencial foi extraído por hidrodestilação. O conteúdo fenólico total foi determinado por espectrofotometria, enquanto os compostos fenólicos individuais foram identificados e quantificados usando cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) acoplada à espectrometria de massas (MS). Os comprimentos dos brotos, raízes e mudas totais de alfafa (*Medicago sativa*) e trigo (*Triticum aestivum*) foram medidos. O conteúdo fenólico total variou de 16 a 294 mg.g⁻¹ de tecido, com as menores concentrações observadas no óleo essencial e as maiores em extratos aquosos e metanólicos. O extrato aquoso da folha identificou ácido gálico, catequina, epicatequina e miricetina. Os extratos de acetona e metanol também detectaram ácido p-cumárico, resveratrol e quercetina. Nenhum composto fenólico foi identificado no óleo essencial. A aplicação de extratos de folhas ou óleo essencial de *C. xanthocarpa* resultou em redução do crescimento de brotos, raízes e mudas totais em alfafa e trigo. O óleo essencial exibiu maior fitotoxicidade em comparação aos extratos, sugerindo que os compostos mais bioativos nas folhas de *C. xanthocarpa* não são fenólicos.

Palavras-chave: alelopatia; bioherbicida; guabirobeira; *Medicago sativa*; *Triticum aestivum*.

Chemical characterization and bioactivity of extracts and essential oil guabirobeira (Campomanesia xanthocarpa) leaves on alfalfa and wheat seedlings

Abstract

Campomanesia xanthocarpa (guabirobeira) is a plant species that produces various natural compounds, although its bioactivity in plants remains poorly understood. This study aimed to identify and quantify phenolic compounds present in leaf extracts and essential oil from *C. xanthocarpa* and evaluate their bioactivity on seedling growth. Extracts were obtained through Soxhlet extraction, and the essential oil was extracted via hydrodistillation. Total phenolic content was determined by spectrophotometry, while individual phenolic compounds were identified and quantified using high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled with mass spectrometry (MS). The lengths of the shoots, roots, and total seedlings of alfalfa (*Medicago sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) were measured. Total phenolic content ranged from 16 to 294 mg.g⁻¹ of tissue, with the lowest concentrations observed in the essential oil and the highest in aqueous and methanolic extracts. The aqueous leaf extract identified gallic acid, catechin, epicatechin, and myricetin. The acetone and methanol extracts also detected p-coumaric acid, resveratrol, and quercetin. No phenolic compounds were identified in the essential oil. The application of leaf extracts or essential oil from *C. xanthocarpa* resulted in reduced shoot, root, and total seedling growth in both alfalfa and wheat. The essential oil exhibited higher phytotoxicity compared to the extracts, suggesting that the most bioactive compounds in *C. xanthocarpa* leaves are not phenolic.

Keywords: allelopathy; bioherbicide; guabirobeira; *Medicago sativa*; *Triticum aestivum*.

1 Introdução

A guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), pertencente à família Myrtaceae, é uma espécie nativa que integra os biomas Mata Atlântica e Cerrado, sendo encontrada no Brasil desde o estado da Bahia até o Rio Grande do Sul (Morais; Conceição; Nascimento, 2014). Trata-se de uma planta com múltiplas finalidades, incluindo usos frutífero, madeireiro, apícola, ornamental, em restauração ambiental, além de aplicações na medicina tradicional e no controle biológico (Carvalho, 2006). Seu uso agrícola também ocorre pelo consumo in natura ou processado do fruto, na forma de geleias e doces, visto que possui alto teor de vitaminas, minerais e carotenoides (Embrapa, 2015).

Seu uso medicinal está associado à presença de diversos compostos naturais, como terpenoides, alcaloides, saponinas, taninos e flavonoides, principalmente nas folhas (Rezende; Rabi, 2021). Entretanto, tais substâncias também podem apresentar potencial de influência sobre a atividade biológica de organismos pertencentes a outros reinos. Atualmente, produtos naturais de origem vegetal com atividade alelopática vêm sendo estudados como alternativas aos herbicidas sintéticos no manejo de plantas espontâneas.

A alelopatia refere-se à capacidade das plantas de produzir compostos químicos (aleloquímicos) que interferem no crescimento de outras espécies, podendo exercer efeitos tanto nocivos quanto benéficos (Rice, 1984). Dentre os aleloquímicos, destacam-se os flavonoides, principal grupo identificado, e os terpenoides, que constituem majoritariamente os óleos essenciais (Latif; Chiapusio; Weston, 2017; Jasim; Alwattar; Yaqub, 2023). Nesse contexto, a identificação e quantificação de aleloquímicos provenientes de espécies nativas pode contribuir para a valorização da biodiversidade local, mediante a geração de informações científicas e a avaliação de sua aplicabilidade na agricultura (Hiero; Callaway, 2021; Reigosa *et al.*, 2013).

Pouco se sabe sobre o efeito alelopático da guabirobeira. Ao se avaliar o extrato hidroalcoólico das sementes de *Campomanesia lineatifolia*, observou-se redução na germinação e no crescimento do caruru (*Amaranthus hybridus*) (Hurtado-Gutiérrez *et al.*, 2024). Diante disso, torna-se relevante investigar o potencial alelopático dessa espécie também sobre espécies cultivadas (Giovanetti *et al.*, 2024).

Adicionalmente, a bioatividade dos produtos naturais vegetais pode estar relacionada ao método de extração empregado, uma vez que este influencia na composição, disponibilidade e pureza dos compostos, bem como na eficácia do material obtido (Tran *et al.*, 2022). Apesar disso, o potencial fitotóxico e os efeitos de diferentes métodos de extração sobre a bioatividade dos extratos da guabirobeira ainda permanecem pouco explorados na literatura.

O presente estudo teve como objetivo identificar e quantificar compostos fenólicos presentes em diferentes extratos vegetais e no óleo essencial das folhas da guabirobeira, além de avaliar sua bioatividade no crescimento de plântulas de alfafa (*Medicago sativa*) e trigo (*Triticum aestivum*) em condições laboratoriais.

Este artigo está estruturado de forma a facilitar a compreensão do conteúdo. Na seção 2, é apresentada a metodologia utilizada, que abrange desde a coleta das folhas de guabirobeira até a obtenção dos extratos em acetona, metanol e água, bem como do óleo essencial. São descritos os procedimentos para quantificação dos compostos fenólicos totais por meio do método de Folin-Ciocalteu e para identificação dos compostos fenólicos por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas. Além disso, aborda-se o teste de bioatividade dos extratos, em distintas concentrações, e do óleo essencial sobre o crescimento inicial de plântulas de alfafa e trigo.

Na seção 3, os resultados são apresentados e discutidos. Primeiramente, abordam-se a identificação e a quantificação dos compostos fenólicos (subseção 3.1), seguidas pela análise da bioatividade dos extratos e do óleo essencial nas plântulas testadas (subseção 3.2), com discussão fundamentada na literatura científica e sugestões de estudos futuros. Por fim, a seção 4 apresenta a conclusão do trabalho, à luz dos objetivos propostos.

2 Método de pesquisa

O experimento foi conduzido no município de Laranjeiras do Sul, estado do Paraná, Brasil. As folhas de guabirobeira foram coletadas em janeiro de 2021, higienizadas com água destilada no Laboratório da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), congeladas e posteriormente submetidas à liofilização sob proteção de luz. Após a liofilização, o material vegetal foi triturado em moinho de facas tipo Willey e armazenado ao abrigo da luz até a realização dos procedimentos de extração exaustiva ou extração por arraste a vapor.

A extração exaustiva foi realizada em extrator Soxhlet, com adaptações metodológicas baseadas em Bimakr *et al.* (2011). A matriz vegetal permaneceu em contato com cada solvente por seis horas e meia, de forma sequencial, considerando o momento dipolar (medida da polaridade) e a capacidade de formação de ligações de hidrogênio dos solventes utilizados. A ordem de aplicação dos solventes foi: acetona (momento dipolar de 2,91 D), metanol (1,69 D) e água (1,85 D). Após a extração, os solventes foram removidos por meio de um evaporador rotativo, operando a 60 °C sob vácuo, até a eliminação visível dos solventes. Em seguida, os extratos foram liofilizados até atingirem massa constante e armazenados em ambiente protegido da luz, à temperatura de 4 °C. Destaca-se que a extração com água não foi realizada no extrator Soxhlet, em razão de sua elevada temperatura de ebulição.

O óleo essencial foi obtido a partir da trituração das folhas, que foram submetidas à hidrodestilação por três horas, repetidamente, até a obtenção de 1 mL de óleo (Santos *et al.*, 2004a). Após a extração, o óleo foi coletado e transferido para frascos do tipo *vial* contendo sulfato de sódio anidro. Em seguida, o conteúdo foi homogeneizado e centrifugado, sendo o óleo isento de água transferido para novo frasco e armazenado a 4 °C.

2.1 Identificação e quantificação dos compostos fenólicos

A quantificação dos compostos fenólicos totais nos extratos e no óleo essencial foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu, adaptado de Minussi *et al.* (2003). Para tanto, 0,5 mL da solução de cada extrato, previamente solubilizado em etanol, foi adicionado a 3 mL de água destilada, 4 mL de solução de Folin-Ciocalteu (10%, v/v) e 2 mL de solução de carbonato de sódio (7,5%, v/v), em balões volumétricos de 50 mL, completando-se o volume com água destilada. As soluções foram homogeneizadas e mantidas em repouso por duas horas, protegidas da luz. A absorbância foi então determinada em espectrofotômetro a 765 nm. A curva padrão foi elaborada utilizando ácido gálico (AG) como referência.

A identificação e quantificação individual dos compostos fenólicos foram realizadas por cromatografia líquida de alto desempenho acoplada à espectrometria de massas (HPLC-MS). Os extratos e o óleo essencial foram previamente filtrados com membrana de 0,22 µm, e as análises realizadas em cromatógrafo em fase líquida (UFLC Shimadzu), com coluna C18-NST (25 cm de comprimento, 4,5 mm de diâmetro, 5 µm de porosidade) e detector de arranjo de diodos.

As amostras foram injetadas automaticamente, com volume de 5 µL, e a coluna foi mantida a 40 °C. A fase móvel foi composta por água (99,9%) com ácido fórmico (0,1%) – fase A – e metanol (99,9%) com ácido fórmico (0,1%) – fase B –, com vazão de 1,2 mL.min⁻¹, conforme o gradiente descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Programa do gradiente de eluição para fase móvel B utilizado na cromatografia líquida de alto desempenho acoplada à espectrometria de massas (HPLC-MS)

Etapa	Tempo (min)	Concentração fase móvel B (%)
1	0,01	14
2	16,00	55
3	16,01	100
4	17,00	100
5	17,01	14
6	20,00	14

Fonte: dados da pesquisa

A identificação e quantificação dos compostos foram realizadas por comparação com soluções padrão dos seguintes compostos: (+) catequina, (–) epicatequina, ácido cafeico, ácido vanílico, ácido

p-cumárico, ácido *trans*-isoferúlico, (-)-resveratrol e miricetina (Sigma-Aldrich), além de ácido gálico e quercetina (Chem-Impex).

2.2 Bioatividade de extratos e do óleo essencial da guabirobeira em alfafa e trigo

Com o objetivo de avaliar a fitotoxicidade dos extratos e do óleo essencial da guabirobeira, foram selecionadas duas espécies-alvo com diferentes estruturas embrionárias: *Medicago sativa* (alfafa, dicotiledônea) e *Triticum aestivum* (trigo, monocotiledônea), ambas com cultivares identificadas (cv. Monarca e IPR Catuara, respectivamente), de acordo com a disponibilidade e a indicação de cultivo para a região de execução do estudo.

O delineamento experimental adotado no bioensaio foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial $4 \times 2 + 1$, com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu aos tipos de extratos (acetônico, metanólico, aquoso) e ao óleo essencial. O segundo fator consistiu nas concentrações aplicadas (1% e 5%, m/v), obtidas a partir dos produtos brutos originados da extração exaustiva (extratos) ou da hidrodestilação (óleo essencial). Como controle adicional, foi utilizada água destilada.

As sementes de alfafa e de trigo foram previamente germinadas em câmara de crescimento tipo BOD, conforme metodologia estabelecida por Brasil (2009). Em seguida, com o auxílio de pinça, vinte plântulas por repetição foram transferidas para placas de Petri contendo papel germitest umedecido com as soluções dos extratos ou do óleo essencial, na proporção de duas vezes e meia a massa do papel. As placas foram incubadas por 72 horas em câmara de germinação. Todos os tratamentos foram emulsificados com 4% (m/v) do surfactante não iônico Tween 20, conforme Santos *et al.* (2004b).

Ao término da incubação, foram aferidos o comprimento da radícula, da parte aérea e o comprimento total das plântulas, com o uso de paquímetro digital. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5% ($p < 0,05$), seguida, quando necessário, de teste F ou de comparação múltipla de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

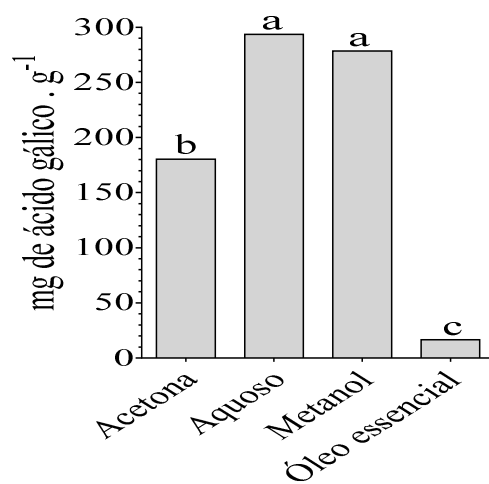
3 Resultados e discussões

A quantidade de fenóis totais foi superior nos extratos em comparação ao óleo essencial. Entretanto, foram identificados até seis compostos fenólicos nos extratos, enquanto, entre os fenólicos testados, nenhum foi encontrado no óleo essencial, conforme descrito na subseção 3.1. Os extratos e o óleo essencial apresentaram fitotoxicidade à alfafa e ao trigo, com destaque para o óleo essencial. Os detalhes desse comportamento estão descritos na subseção 3.2.

3.1 Identificação e quantificação dos compostos fenólicos

A concentração de fenóis totais nas folhas de guabirobeira variou entre os diferentes tratamentos. Os extratos obtidos com água e metanol apresentaram as maiores quantidades de fenólicos totais, com 294 e 279 mg.g⁻¹ de tecido, respectivamente. Esses valores diferiram significativamente daquele observado no extrato obtido com acetona (180 mg.g⁻¹ de tecido), que, por sua vez, foi superior ao do óleo essencial (16 mg.g⁻¹ de tecido), conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Concentração de fenóis totais em extratos obtidos com diferentes solventes e no óleo essencial da folha da guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*)



Colunas com mesma letra não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$)
 Fonte: dados da pesquisa

A variação observada pode ser explicada pela polaridade dos solventes utilizados, os quais apresentam afinidade com compostos de polaridade semelhante, favorecendo a extração seletiva (Babbar et al., 2012). A ordem crescente de polaridade entre os solventes acetona, metanol e água (Nawaz et al., 2020) acompanha a concentração de fenóis totais extraídos, evidenciando essa relação. Por outro lado, o óleo essencial foi obtido por arraste a vapor, método que favorece a extração de substâncias voláteis. Como a maioria dos compostos fenólicos não se caracteriza por alta volatilidade, a baixa concentração observada nesse extrato era esperada. Sugere-se, em estudos futuros, a realização de extrações combinadas (acetona:água, metanol:água), com o objetivo de ampliar a gama de compostos extraídos, bem como a realização de extrações sequenciais, conforme a polaridade dos solventes, a fim de permitir a separação dos componentes (Bitwell et al., 2023).

Boeing *et al.* (2014), ao avaliarem a extração de fenóis totais em frutas com diferentes solventes e combinações, identificaram maior eficiência na mistura de acetona com água. Ressalta-se que, no presente estudo, não foram testadas misturas de solventes, o que representa uma lacuna passível de ser explorada em investigações futuras.

Foram identificados os seguintes compostos fenólicos nos extratos de acetona, metanol e água: ácido gálico, catequina, epicatequina, ácido cafeico, ácido vanílico, ácido p-cumárico, ácido trans-isoferúlico, resveratrol e quercetina (Tabela 2). Com exceção do resveratrol, todos os demais já haviam sido relatados anteriormente em *C. xanthocarpa* (Arcari *et al.*, 2020; Bagatini *et al.*, 2024; Capeletto *et al.*, 2016; Castanha *et al.*, 2023; Silva; Kempka, 2023).

Tabela 2 – Compostos fenólicos nos extratos e no óleo essencial das folhas de guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*)

Composto fenólico	Concentração ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)				Limite de detecção
	Acetona	Metanol	Água	Óleo essencial	
ácido gálico	245 ± 9	1159 ± 21	233 ± 5	–	16
(+) catequina	–	–	2105 ± 76	–	41
(–) epicatequina	211 ± 6	1000 ± 20	297 ± 21	–	52
ácido caféico	–	–	–	–	21
ácido vanílico	–	–	–	–	16
ácido p-cumárico	31 ± 3	20 ± 1	–	–	14
trans iso-ferúlico	–	–	–	–	6
(–) resveratrol	29 ± 1	17 ± 1	–	–	11
quercetina	128 ± 7	152 ± 11	–	–	12
miricetina	286 ± 4	459 ± 23	70 ± 3	–	4

Fonte: dados da pesquisa

O resveratrol ($C_{14}H_{12}O_3$) é um composto com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, identificado em mais de 70 espécies vegetais (Salehi *et al.*, 2018). Apresenta ainda potencial de ação antifúngica e antibacteriana (Koushki *et al.*, 2018). Neste estudo, o resveratrol foi identificado nos extratos de acetona e metanol, nas concentrações de 29 e 17 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente (Tabela 2). Sua presença nas folhas da guabirobeira reforça o potencial bioativo, medicinal e nutracêutico da espécie (Rezende; Rabi, 2021), além de indicar possíveis mecanismos de defesa vegetal frente a estresses oxidativos e patógenos (Skoza *et al.*, 2015).

Os extratos de acetona e metanol apresentaram maior diversidade de compostos fenólicos, com composição similar, incluindo ácido gálico, epicatequina, ácido p-cumárico, resveratrol, quercetina e miricetina (Tabela 2). Tal semelhança pode ser atribuída à natureza química dos solventes: a acetona apresenta grupo metil (CH_3) e o metanol grupo hidroxila (OH). O grupo metil pode compor a estrutura de alguns fenóis, enquanto a hidroxila é característica fundamental dos compostos fenólicos, em associação com anéis benzênicos (Hierro; Callaway, 2021). Além disso, a polaridade dos compostos fenólicos identificados encontra-se, em geral, compatível com a dos solventes utilizados, como no caso do ácido gálico, epicatequina e miricetina, de elevada polaridade, e mais abundantemente extraídos pelo metanol, solvente de polaridade superior à da acetona (Kaczorová *et al.*, 2021).

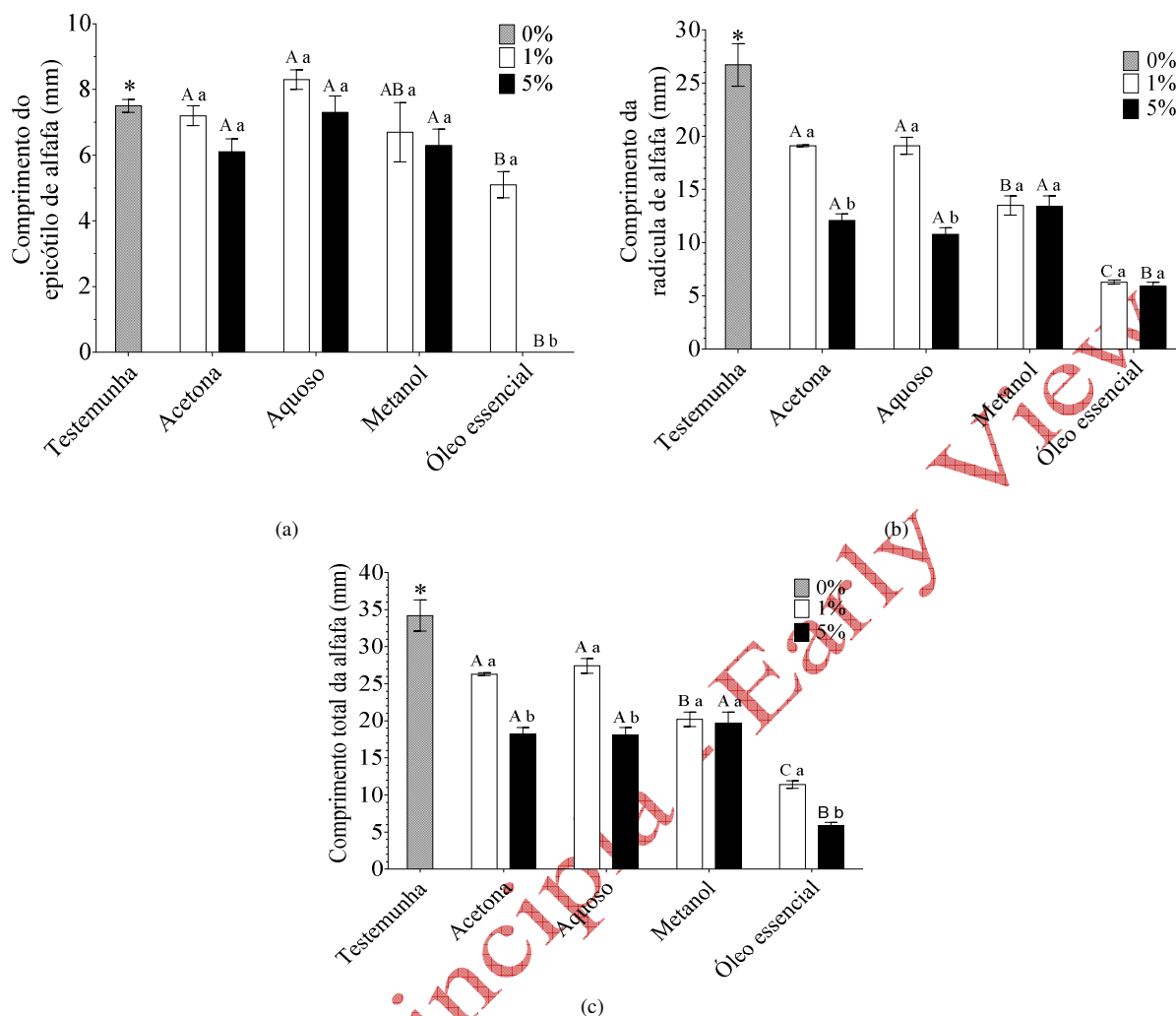
Destaca-se ainda a presença de catequina exclusivamente no extrato aquoso, com concentração de 2105 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Tabela 2). A elevada solubilidade da catequina em água, aliada ao baixo custo econômico e impacto ambiental deste solvente, justifica sua predominância nesse meio (Cioanca *et al.*, 2024).

No óleo essencial, não foram detectados compostos fenólicos, ou estes estiveram abaixo do limite de detecção (LOD) do método utilizado (Tabela 2). Essa ausência pode ser atribuída à técnica de hidrodestilação, a qual favorece a extração de compostos voláteis, como terpenos e sesquiterpenos, que não apresentam grupo hidroxila em sua estrutura e, portanto, não se enquadram como fenólicos (Masyita *et al.*, 2022). Diante disso, com o objetivo de complementar a caracterização química da guabirobeira, torna-se relevante, em trabalhos futuros, a utilização de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-EM) para a caracterização dos compostos voláteis e terpenoides (Cagliero *et al.*, 2021).

3.2 Bioatividade de extratos e óleo essencial da guabirobeira em plântulas de alfafa e trigo

Os extratos de guabirobeira obtidos com água, metanol e acetona não apresentaram efeito fitotóxico sobre o crescimento do epicótilo da alfafa, independentemente da concentração utilizada, quando comparados à testemunha (Figura 2a). Em contrapartida, o óleo essencial reduziu o comprimento do epicótilo para 5,1 mm na concentração de 1% e inibiu totalmente o crescimento na concentração de 5%. Tal efeito pode estar relacionado à presença de terpenos no óleo essencial, embora tais compostos não tenham sido identificados neste estudo. Estudos anteriores apontam a presença de α -pineno, o-cimeno e β -pineno no óleo essencial dos frutos da guabirobeira (Vallilo *et al.*, 2008), substâncias que inibem a germinação e o crescimento de plantas, além de provocarem estresse oxidativo nas raízes (Singh *et al.*, 2006), o que possivelmente contribuiu para a redução do crescimento da alfafa neste trabalho (Figura 2c).

Figura 2 – Comprimento do epicótilo (a), radícula (b) e total (c) de plântula de alfafa (*Medicago sativa*) em resposta aos extratos e ao óleo essencial das folhas de guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*) em diferentes concentrações



Colunas com letras iguais, para cada variável, maiúsculas entre tratamentos de mesma concentração e minúsculas entre diferentes concentrações, não diferem entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$)

*Indica diferença entre a testemunha e os demais tratamentos segundo teste F ($p < 0,05$)

As colunas representam as médias, e as barras, o erro padrão

Fonte: dados da pesquisa

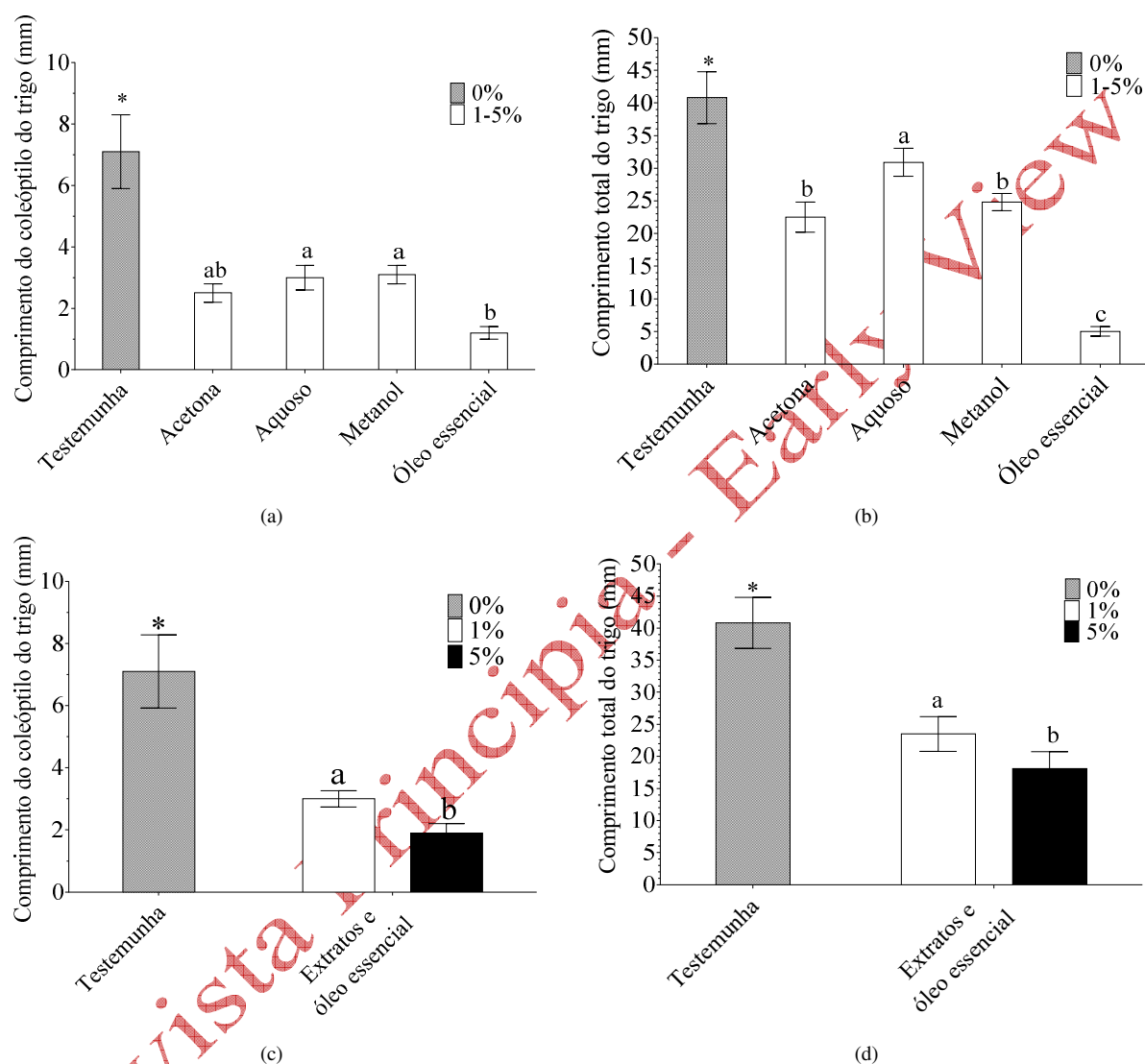
O crescimento da radícula (Figura 2b) e o comprimento total das plântulas de alfafa (Figura 2c) foram reduzidos pelos extratos e pelo óleo essencial da guabirobeira em comparação à testemunha. Esse comportamento pode estar associado à presença de compostos fenólicos nos extratos (Tabela 2), como o ácido gálico, que tem sido descrito como inibidor do crescimento vegetal (Xu et al., 2024), bem como a epicatequina (Kato-Noguchi, 2021) e a miricetina (Ximenez et al., 2022). Adicionalmente, os efeitos também podem ser atribuídos aos monoterpenos e sesquiterpenos presentes no óleo essencial (Jasim; Alwattar; Yaqub, 2023).

Verificou-se que o efeito fitotóxico sobre a radícula de alfafa aumentou proporcionalmente com as concentrações dos extratos de acetona e água (Figura 2b). Excetuando-se o extrato metanólico, o mesmo comportamento foi observado para o comprimento total das plântulas, ao se utilizar os extratos e o óleo essencial (Figura 2c). Esse resultado era esperado, uma vez que está relacionado ao aumento proporcional da concentração de compostos bioativos nas emulsões, conforme relatado em outros estudos com diferentes espécies e extratos (Carvalho et al., 2015; Patanè et al., 2023).

No que se refere ao trigo, observou-se efeito isolado dos fatores tipo de extrato/óleo essencial (Figuras 3a e 3b) e concentração (Figuras 3c e 3d) sobre o crescimento do coleótilo e do comprimento total das plântulas. Todos os tratamentos promoveram redução significativa no

crescimento do coleóptilo (Figura 3a) e no comprimento total (Figura 3c), em comparação à testemunha, sendo os maiores efeitos inibitórios observados com o uso do óleo essencial.

Figura 3 – Comprimento do coleóptilo (a) e comprimento total (b) de plântula de trigo (*Triticum aestivum*) em diferentes extratos e óleo essencial da guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*); comprimento do coleóptilo (c) e total (d) em diferentes concentrações



Colunas com letras iguais, para cada variável, não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($p < 0.05$)

* Indica diferença entre a testemunha e os demais tratamentos segundo teste F ($p < 0.05$)

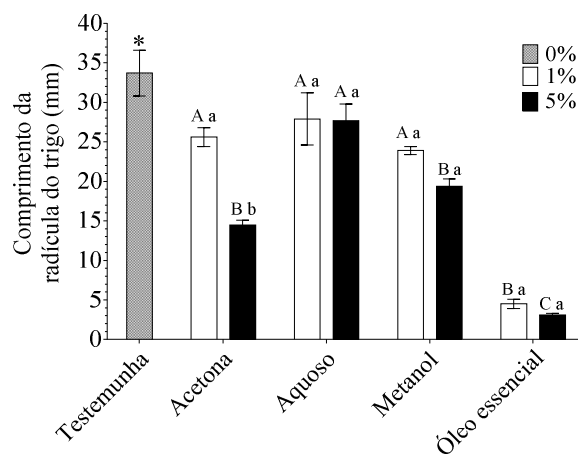
As colunas representam as médias, e as barras, o erro padrão

Fonte: dados da pesquisa

O aumento da concentração dos extratos e do óleo essencial resultou em redução no comprimento da parte aérea (Figura 3c) e no crescimento total das plântulas de trigo (Figura 3d). Esse comportamento, semelhante ao observado para a alfafa, está provavelmente associado à maior concentração de substâncias bioativas, conforme já discutido anteriormente (Tabela 2).

Os extratos e o óleo essencial da guabirobeira também inibiram o desenvolvimento do sistema radicular do trigo em comparação à testemunha (Figura 4), sendo o óleo essencial o que apresentou o maior efeito inibitório. Tal resultado pode estar associado à presença de monoterpenos como γ -terpineno e p-cimeno, previamente identificados no óleo essencial de *C. xanthocarpa* (Vallilo et al., 2008), os quais são conhecidos por sua natureza fitotóxica (Ulukanli et al., 2016).

Figura 4 – Comprimento da radícula de trigo (*Triticum aestivum*) em resposta aos extratos e óleo essencial de folhas da guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), em diferentes concentrações



Colunas com letras iguais, maiúsculas entre tratamentos de mesma concentração e minúsculas entre diferentes concentrações, não diferem entre si segundo teste de Tukey ($p < 0.05$)

* Indica diferença entre a testemunha e os demais tratamentos segundo teste F ($p < 0,05$)

As colunas representam as médias, e as barras, o erro padrão

Fonte: dados da pesquisa

Os extratos aquoso e metanólico das folhas de *C. xanthocarpa* apresentaram os maiores teores de fenólicos totais (Figura 1). Dentre os extratos avaliados, seis compostos fenólicos foram identificados (Tabela 2), os quais podem estar relacionados à inibição do crescimento inicial das plântulas de alfafa (Figuras 2a, 2b e 2c) e trigo (Figuras 3a a 3d e Figura 4).

Apesar de apresentar menor teor de fenóis (Figura 1), o óleo essencial das folhas da guabirobeira demonstrou o maior efeito fitotóxico nas plântulas (Figuras 2, 3 e 4), sugerindo a atuação de outros compostos bioativos não analisados neste estudo, como relatado por Vallilo *et al.* (2008).

Tais observações reforçam a necessidade de realização de novos experimentos voltados à identificação de outras classes de compostos químicos, à aplicação de técnicas que também permitam a caracterização dos compostos voláteis do óleo essencial, bem como à avaliação da bioatividade em condições menos controladas, como em casa de vegetação e a campo, além da testagem da bioatividade da guabirobeira sobre espécies espontâneas. Essas abordagens permitirão elucidar as interações dos extratos da guabirobeira com o sistema solo-planta e avaliar seu potencial para o controle de plantas espontâneas.

4 Conclusão

Os teores de fenóis totais nas folhas de *Campomanesia xanthocarpa* (guabirobeira) variaram de acordo com o solvente utilizado na extração, sendo de 279 e 294 mg.g^{-1} de tecido seco para os extratos aquoso e metanólico, respectivamente. O extrato obtido com acetona apresentou menor teor, de 180 mg.g^{-1} , enquanto o óleo essencial apresentou o valor mais baixo, de apenas 16 mg.g^{-1} de tecido seco.

Nos extratos de acetona e metanol, foram identificados os compostos fenólicos ácido gálico, epicatequina, ácido *p*-cumárico, resveratrol, quercetina e miricetina. O extrato aquoso apresentou ácido gálico, catequina, epicatequina e miricetina. No entanto, o óleo essencial não apresentou compostos fenólicos detectáveis pelas metodologias empregadas.

A aplicação dos extratos e do óleo essencial das folhas de guabirobeira resultou em inibição significativa do crescimento radicular, da parte aérea e do comprimento total das plântulas de alfafa (*Medicago sativa*) e trigo (*Triticum aestivum*), com destaque para o óleo essencial, que demonstrou maior efeito fitotóxico em comparação aos extratos.

Para aprofundar a caracterização dos extratos foliares da guabirobeira, sugere-se que estudos futuros considerem extrações combinadas (acetona:água, metanol:água) e também extrações

sequenciais, com o objetivo de ampliar a gama de compostos extraídos e possibilitar a separação por frações. Além disso, devido ao potencial fitotóxico observado no óleo essencial, recomenda-se a caracterização dos compostos voláteis e terpenoides por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas.

Financiamento

Esta pesquisa foi fomentada pela Universidade Federal da Fronteira Sul.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Nota

Este artigo é derivado do trabalho de conclusão de curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/4627>.

Contribuições ao artigo

DIAS, L. B., BITTENCOURT, H. V. H., TORMEN, L.: concepção ou desenho do estudo/pesquisa; análise e/ou interpretação dos dados. **BONOME, L. T. S. e GIOVANETTI, L. K.:** análise e/ou interpretação dos dados e revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito. Todos os autores participaram da escrita, discussão, leitura e aprovação da versão final do artigo.

Referências

- ARCARI, S. G.; ARENA, K.; KOLLING, J.; ROCHA, P.; DUGO, P.; MONDELLO, L.; CACCIOLA, F. Polyphenolic compounds with biological activity in guabiroba fruits (*Campomanesia xanthocarpa* Berg.) by comprehensive two-dimensional liquid chromatography. **Electrophoresis**, v. 41, n. 20, p. 1784-1792, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/elps.202000170>.
- BABBAR, N.; OBEROI, H. S.; SANDHU, S. K.; BHARGAV, V. K. Influence of different solvents in extraction of phenolic compounds from vegetable residues and their evaluation as natural sources of antioxidants. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p. 2568-2575, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0754-4>.
- BAGATINI, L.; FISCHER, B.; ZANDONÁ, G. P.; MORONI, L. S.; JUNGES, A.; KEMPKA, A. P.; ROMBALDI, C. V. Valorization of guabirobeira leaf extracts (*Campomanesia xanthocarpa*) through pressurized liquid extraction and aqueous infusion: assessment of phytochemical composition, antibacterial, and antioxidant activities. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 99, n. 8, p. 1763-1778, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.7663>.
- BRASIL. **Regras para análises de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 398 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/lfda/arquivos-publicacoes-laboratorio/regras-para-analise-de-sementes.pdf/view>. Acesso em: 04 abr. 2025.
- BIMAKR, M.; RAHMAN, R. A.; TAIP, F. S.; GANJLOO, A.; SALLEH, L. M.; SELAMAT, J.; HAMID, A.; ZAIDUL, I. S. M. Comparison of different extraction methods for the extraction of major bioactive flavonoid compounds from spearmint (*Mentha spicata* L.) leaves. **Food and Bioprocess Processing**, v. 89, n. 1, p. 67-72, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.03.002>.
- BITWELL, C.; INDRA, S. S.; LUKE, C.; KAKOMA, M. K. A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants. **Scientific African**, v. 19, n. e01585, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01585>.

BOEING, J. S.; BARIZÃO, E. O.; SILVA, B. C.; MONTANHER, P. F.; ALMEIDA, V. C.; VISENTAINER, J. V. Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: application of principal component analysis. **Chemistry Central Journal**, v. 8, 48, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13065-014-0048-1>.

CAGLIERO, C.; BICCHI, C.; MARENGO, A.; RUBIOLO, P.; SGORBINI, B. Gas chromatography of essential oil: State-of-the-art, recent advances, and perspectives. **Journal of Separation Science**, v. 45, n. 1, p. 94-112, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/jssc.202100681>.

CAPELETTO, C.; CONTERATO, G.; SCAPINELLO, J.; RODRIGUES, F. S.; COPINI, M. S.; KUHN, F.; TRES, M. V.; MAGRO, J.; OLIVEIRA, J. V. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of guavirova (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) seed extracts obtained by supercritical CO₂ and compressed *n*-butane. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 110, p. 32-38, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.12.009>.

CARVALHO, F. P.; MELO, C. A. D.; MACHADO, M. S.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. The allelopathic effect of eucalyptus leaf extract on grass forage seed. **Planta Daninha**, v. 33, n. 2, p. 193-201, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-83582015000200004>.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**, volume 2. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 627 p. Disponível em: <https://jbb.ibict.br/handle/1/1476>. Acesso em: 04 abr. 2025.

CASTANHA, E.; KAVALEK, R. L.; HOFF, R. B.; DACOREGGIO, M. V.; JESUS, B. A. P.; MAGALHÃES, M. L. B.; SILVA, G. F.; SILVA, A. S.; KEMPKA, A. P. Non-covalent binding of phenolic compounds from leaves of *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg with ovalbumin: effect on protein structure, amino acids involved in the complexation and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 2, 100303, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100303>.

CIOANCA, O.; LUNGU, I.-I.; MITA-BACIU, I.; ROBU, S.; BURLEC, A. F.; HANCIANU, M.; CRIVOI, F. Extraction and purification of catechins from tea leaves: an overview of methods, advantages, and disadvantages. **Separations**, v. 11, n. 6, 171, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/separations11060171>.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Valor nutricional da Guabiroba**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1027135>. Acesso em: 17 abr. 2025.

GIOVANETTI, L. K.; BONOME, L. T. S.; SOUZA, E.; BITTENCOURT, H. V. H.; LANZENDORF, D. Z.; TORMEN, L. Allelopathy of garden pea on corn in no-tillage system. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 23, n. 3, p. 395-403, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811712332024395>.

HIERRO, J. L.; CALLAWAY, R. M. The ecological importance of allelopathy. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 52, p. 25-45, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-051120-030619>.

HURTADO-GUTIÉRREZ, A. M.; PALACIOS-ORTEGA, E.; HERNÁNDEZ, J. P.; BALAGUERA-LÓPEZ, H. E. Allelopathic activity of dichloromethane fraction of *Campomanesia lineatifolia* (R. & P.) on the germination of *Rumex crispus* (L.) and *Amaranthus hybridus* (L.). **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 18, e17995, 2024. Disponível em:

https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/e17995/14793. Acesso em: 17 abr. 2025.

JASIM, I. R.; ALWATTAR, M. T.; YAQUB, H. M. Terpenoids as natural allelopathic compounds in plants. **Rafidain Journal of Science**, v. 32, n. 4, p. 106-116, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33899/rjs.2023.181268>.

KACZOROVÁ, D.; KARALIJA, E.; DAHIKA, S.; BESTA-GAKECIV, R.; PARIC, A.; ZELKOVIC, S. C. Influence of extraction solvent on the phenolic profile and bioactivity of two *Achillea* species. **Molecules**, v. 26, n. 6, 1601, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26061601>.

KATO-NOGUCHI, H. Allelopathy of knotweeds as invasive plants. **Plants**, v. 11, n. 1, 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11010003>.

KOUSHKI, M.; AMIRI-DASHATAN, N.; AHMADI, N.; ABBASZADEH, H.-A.; REZAEI-TAVIRANI, M. Resveratrol: a miraculous natural compound for diseases treatment. **Food Science & Nutrition**, v. 6, n. 8, p. 2473-2490, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.855>.

LATIF, S.; CHIAPUSIO, G.; WESTON, L. A. Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defence. In: BECARD, G. (Ed.). **Advances in botanical research**. Amsterdam: Elsevier, 2017. p. 19-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2016.12.001>.

MASYITA, A.; SARI, R. M.; ASTUTI, A. D.; YASIR, B.; RUMATA, N. R.; EMRAN, T. B.; NAINU, F.; SIMAL-GANDARA, J. Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. **Food Chemistry X**, v. 13, 100217, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100217>.

MINUSSI, R. C.; ROSSI, M.; BOLOGNA, L.; CORDI, L.; ROTILIO, D.; PASTORE, G. M.; DURÁN, N. Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines. **Food Chemistry**, v. 82, n. 3, p. 409-416, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00590-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00590-3).

MORAIS, L. M. F.; CONCEIÇÃO, G. M.; NASCIMENTO, J. M. Família Myrtaceae: análise morfológica e distribuição geográfica de uma coleção botânica. **Agrarian Academy**, v. 1, n. 1, p. 317-349, 2014. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2014a/familia.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2025.

NAWAZ, H.; SHAD, M. A.; REHMAN, N.; ANDALEEB, H.; ULLAH, N. Effect of solvent polarity on extraction yield and antioxidant properties of phytochemicals from bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 56, e17129, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s2175-97902019000417129>.

PATANE, C.; PELLEGRINO, A.; COSENTINO, S. L.; TESTA, G. Allelopathic effects of *Cannabis sativa* L. aqueous leaf extracts on seed germination and seedling growth in durum wheat and Barley. **Agronomy**, v. 13, n. 2, 454, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13020454>.

REIGOSA, M; GOMES, A. S; FERREIRA, A. G; BORGHETTI, F. Allelopathic research in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 4, p. 629-646, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000400001>.

REZENDE, R. B.; RABI, L. T. Compostos bioativos da gabirola (*Campomanesia xanthocarpa* o. Berg.) e suas atividades biológicas e farmacológicas. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 6, p. 25089-25097, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n6-119>.

RICE, E. L. **Allelopathy**. Academic Press: New York, 1984. 368p.

SALEHI, B.; MISHRA, A. P.; NIGAM, M.; SENER, B.; KILIC, M.; SHARIFI-RAD, M.; FOKOU, P. V. T.; MARTINS, N.; SHARIFI-RAD, J. Resveratrol: a double-edged sword in health benefits. **Biomedicines**, v. 6, n. 3, 91, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines6030091>.

SANTOS, A. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. **Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório**. Belém: Embrapa, 2004a. 6 p. (Comunicado técnico, n. 99). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/402448>. Acesso em: 05 abr. 2025.

SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, D. F.; ALVES, L. W. R.; SOUZA, I. F.; FURTADO, D. A. S. Efeito de extratos orgânicos, associados ao surfactante tween 80, na germinação e crescimento de plântulas de alface. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 2, p. 296-299, 2004b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000200007>.

SILVA, V. R. F.; KEMPKA, A. P. *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg; therapeutic potential through a comprehensive review of biological activities and phenolic compound interactions. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 54, 102927, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102927>.

SINGH, H. P.; BATISH, D. R.; KAUR, S.; ARORA, K.; KOHLI, R. K. α -pinene inhibits growth and induces oxidative stress in roots. **Annals of Botany**, v. 98, n. 6, p. 1261-1269, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcl213>.

SKROZA, D.; MEKINIC, I. G.; SVILOVIC, S.; SIMAT, V.; KATALINIC, V. Investigation of the potential synergistic effect of resveratrol with other phenolic compounds: a case of binary phenolic mixtures. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 38, p. 13-18, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.013>.

TRAN, N. Y. T.; LE, T. D.; DAO, P. T.; BACH, G. L.; HUYNH, P. X.; TRAN, Q. N. Evaluation of different extraction methods on the polyphenols yield, flavonoids yield, and antioxidant activity of the pomelo flavedo extract from Da Xanh (*Citrus maxima* [burm] merr.) variety. **Food Science and Technology**, v. 42, e97021, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.97021>.

ULUKANLI, Z.; BOZOK, F.; CENET, M.; INCE, H.; DEMIRCI, S. C.; SEZER, G. Secondary metabolites and bioactivities of *Thymbra spicata* var. *spicata* in Amanos mountains. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 19, n. 7, p. 1754-1761, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2016.1209132>.

VALLILO, M. I.; MORENO, P. R. H.; OLIVEIRA, E.; LAMARDO, L. C. A.; GARBELOTTI, M. L. Composição química dos frutos de *Campomanesia xanthocarpa* Berg-Myrtaceae. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28(Supl.), p. 231-237, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000500035>.

XIMENEZ, G. R.; BIANCHIN, M.; CARMONA, J. M. P.; OLIVEIRA, S. M.; FERRARESE-FILHO, O.; PASTORINI, L. H. Reduction of weed growth under the influence of extracts and metabolites isolated from *Miconia* spp. **Molecules**, v. 27, n. 17, 5356, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27175356>.

XU, Z.; YANG, B.; FAN, J.; YUAN, Q.; HE, F.; LIANG, H.; CHEN, F.; LIU, W. Gallic acid regulates primary root elongation via modulating auxin transport and signal transduction. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1464053>.

Revista Principia - Early View