CAPÍTULO DO LIVRO – AGRICULTURA SUSTENTÁVEL E SANIDADE VEGETAL SOLOS, ÁGUA, BIOINSUMOS E MANEJO INTEGRADO - PUBLICADO POR: EDITORA MANUAL
ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

CAPÍTULO 7

POTENCIAL ALELOPÁTICO DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Turnera* E SUAS IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS E AGRÍCOLAS

DOI DO CAPÍTULO: 10.29327/5963730.1-7

Hygor Maikon Ramos, e-mail: hygor.ramos@arapiraca.ufal.br, URL lattes: https://lattes.cnpq.br/4219929951290046
Jozadake Petry Fausto, e-mail: jozadakepetryfausto@gmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/3339996527225371
Xênia Luana Santos Silva, e-mail: xenialuana17@gmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/1300848121457532
Giselle Silva de Souza, e-mail: giselle.silva908@gmail.com URL lattes: http://lattes.cnpq.br/7391062473926377
José Vitor da Silva Nunes, e-mail: vitor4899@gmail.com, URL lattes: https://lattes.cnpq.br/9593210495913688

RESUMO

A alelopatia constitui uma importante interação química entre plantas, podendo influenciar a germinação, o crescimento e diferentes processos fisiológicos de espécies receptoras. Nesse contexto, espécies do gênero *Turnera* apresentam interesse ecológico e agrícola em razão de sua diversidade fitoquímica e da presença de metabólitos secundários potencialmente relacionados à atividade alelopática. Este estudo teve como objetivo reunir e analisar evidências científicas sobre o potencial alelopático de espécies de *Turnera*, considerando seus aspectos botânicos e ecológicos, composição fitoquímica, mecanismos de ação e efeitos sobre plantas cultivadas e espontâneas. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo-analítico, orientada pelas recomendações do PRISMA 2020. As buscas foram realizadas nas bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed/MEDLINE e SciELO, complementadas pelo Portal de Periódicos CAPES, considerando publicações entre 2021 e 2026. Os resultados evidenciaram ampla diversidade de compostos fenólicos, flavonoides, terpenoides, alcaloides, cumarinas, taninos e outros metabólitos em espécies do gênero. Entretanto, as evidências experimentais de alelopatia concentraram-se principalmente em *Turnera subulata*, cujos exsudatos radiculares, solo rizosférico, resíduos, compostos voláteis e extratos foliares promoveram alterações no crescimento e em parâmetros fisiológicos de diferentes plantas receptoras. Os efeitos mostraram-se dependentes da concentração, da forma de exposição e da espécie ou genótipo avaliado, com maior sensibilidade frequentemente observada no sistema radicular. Apesar do potencial identificado, não foi demonstrada seletividade consistente entre plantas espontâneas e culturas agrícolas, nem estabelecida relação causal definitiva entre metabólitos específicos e a fitotoxicidade observada. Conclui-se que *T. subulata* representa uma fonte promissora para a prospecção de substâncias naturais com atividade fitotóxica, embora sejam necessários estudos adicionais de isolamento de compostos, seletividade, persistência ambiental e validação em condições de casa de vegetação e campo.

PALAVRAS-CHAVE: alelopatia; *Turnera subulata*; metabólitos secundários; fitotoxicidade; bioherbicidas.

1. INTRODUÇÃO

A alelopatia compreende um importante componente das interações químicas entre plantas, envolvendo a liberação de metabólitos capazes de modificar processos relacionados à germinação, ao crescimento e ao desenvolvimento de organismos vegetais presentes no mesmo ambiente. Esses compostos, frequentemente denominados aleloquímicos, podem alcançar as

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

plantas receptoras por diferentes vias, incluindo exsudação radicular, lixiviação de tecidos, volatilização e decomposição de resíduos vegetais, apresentando efeitos cuja intensidade depende da natureza química da substância, da concentração, da espécie receptora e das condições ambientais (Choudhary *et al*., 2023; Cheng *et al*., 2024).

Entre as principais classes químicas relacionadas a essas interações encontram-se compostos fenólicos, flavonóides, terpenóides, alcalóides e outras substâncias do metabolismo especializado, capazes de interferir em processos fisiológicos e bioquímicos essenciais às plantas (Kostina-Bednarz *et al*., 2023; Kong *et al*., 2024). Nesse contexto, a investigação de espécies vegetais produtoras desses metabólitos apresenta interesse ecológico e agrícola, especialmente diante da possibilidade de identificação de moléculas com potencial para o desenvolvimento de estratégias alternativas de manejo de plantas espontâneas (Sahrir *et al*., 2023; Mahé *et al*., 2022).

Entre os grupos vegetais ainda pouco explorados sob essa perspectiva encontra-se o gênero *Turnera* L., pertencente à ordem Malpighiales e atualmente incluído em Passifloraceae *sensu lato*, no grupo tradicionalmente reconhecido como Turneraceae/Turneroideae (Cruz *et al*., 2025; Silva *et al*., 2025). O gênero reúne aproximadamente 132 espécies, distribuídas predominantemente nas Américas, com expressiva representação no Brasil e ocorrência em diferentes formações vegetacionais, incluindo Caatinga, Cerrado, ambientes costeiros, áreas florestais e locais antropizados (Cruz *et al*., 2025; Silva *et al*., 2025).

Além de sua diversidade botânica e ecológica, espécies de *Turnera* participam de complexas interações com polinizadores, herbívoros e insetos associados aos nectários extraflorais, destacando sua relevância funcional nos ecossistemas em que ocorrem (Passos; Gimenes, 2022; Barbosa *et al*., 2025). A capacidade de determinadas espécies, como *T. subulata*, de se estabelecerem em ambientes abertos e perturbados também amplia o interesse pela investigação das características químicas que podem participar de suas interações com outras plantas e organismos (De Andrade; Pereira-Colavite, 2024; Cruz *et al*., 2025).

Sob o ponto de vista fitoquímico, diferentes espécies de *Turnera* apresentam expressiva diversidade de metabólitos secundários, destacando-se compostos fenólicos e flavonoides, além de registros de terpenoides, alcaloides, taninos, cumarinas, saponinas, quinonas e outros constituintes bioativos (Parra-Naranjo *et al*., 2023; Vital Júnior *et al*., 2026). Em *T. subulata*, por exemplo, análises químicas de folhas e flores demonstraram a ocorrência de derivados dos ácidos cafeoilquínico e feruloilquínico, ácido ferúlico, vitexina, homoorientina, luteolina e derivados da apigenina, entre outros compostos pertencentes a classes frequentemente relacionadas às interações químicas entre plantas (Luz *et al*., 2022; Rebouças *et al*., 2022).

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

Embora a simples presença desses metabólitos não seja suficiente para demonstrar atividade alelopática, sua ocorrência fornece fundamento químico para a realização de bioensaios destinados a investigar possíveis efeitos sobre espécies receptoras (Kong *et al*., 2024; Cheng *et al*., 2024). A manifestação desses efeitos pode envolver alterações na mobilização de reservas durante a germinação, no crescimento radicular e da parte aérea, no equilíbrio hormonal, na atividade de enzimas antioxidantes, no metabolismo oxidativo, na fotossíntese e na absorção de nutrientes (Zhang *et al*., 2023; Paterska; Osowski, 2026).

Evidências experimentais recentes reforçam esse interesse, sobretudo para *T. subulata*, cujos exsudatos radiculares, solo rizosférico, resíduos vegetais, compostos voláteis e extratos foliares apresentaram efeitos sobre espécies cultivadas e espontâneas em condições controladas (Wan Abdul Halim *et al*., 2021; Yusoff *et al*., 2022). Estudos posteriores demonstraram respostas dependentes da concentração diante da aplicação de extratos foliares da espécie, incluindo redução do crescimento radicular e alterações em parâmetros fisiológicos de plantas receptoras, ao mesmo tempo em que concentrações mais baixas produziram respostas estimulatórias em determinados bioensaios (Aridi *et al*., 2023; Aridi *et al*., 2026). Entretanto, a sensibilidade também foi constatada em espécies cultivadas, indicando que a atividade observada ainda não pode ser considerada seletiva para plantas espontâneas e que sua eventual aplicação agrícola depende da determinação de doses, seletividade, persistência ambiental e identificação dos metabólitos efetivamente responsáveis pelos efeitos observados (Sahrir *et al*., 2023; Aridi *et al*., 2026).

Diante desse cenário, compreender o potencial alelopático das espécies de *Turnera* exige integrar conhecimentos sobre sua diversidade botânica, distribuição ecológica, composição fitoquímica e mecanismos de ação dos metabólitos sobre as plantas receptoras. Embora os resultados disponíveis indiquem perspectivas relevantes, especialmente para *T. subulata*, permanecem lacunas relacionadas à identificação dos aleloquímicos ativos, à confirmação de seus mecanismos de ação, à seletividade entre espécies receptoras e à validação dos efeitos em condições de casa de vegetação e campo (Sahrir *et al*., 2023; Mahé *et al*., 2022).

Assim, este capítulo tem como objetivo reunir e discutir as evidências científicas disponíveis acerca do potencial alelopático de espécies do gênero *Turnera*, abordando seus aspectos botânicos e ecológicos, os principais metabólitos secundários e compostos bioativos, os mecanismos fisiológicos associados à alelopatia e os efeitos relatados sobre plantas cultivadas e espontâneas, com ênfase nas possíveis implicações ecológicas e agrícolas desse fenômeno.

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

2. METODOLOGIA

2.1 Delineamento do estudo

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo-analítico, com o objetivo de reunir e analisar evidências científicas acerca do potencial alelopático de espécies do gênero *Turnera* e suas implicações ecológicas e agrícolas. A condução e o relato da revisão foram orientados pelas recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020), conforme Page *et al.* (2021), visando garantir maior transparência, rastreabilidade e reprodutibilidade ao processo de seleção dos estudos.

2.2 Estratégia de busca

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed/MEDLINE e SciELO, complementada por consultas ao Portal de Periódicos CAPES, considerando publicações compreendidas entre 2021 e 2026. Foram utilizados descritores em inglês e português, combinados pelos operadores booleanos AND e OR, incluindo: *"Turnera", "Turnera subulata", "allelopathy", "allelopathic potential", "phytotoxicity", "plant extract", "root exudates", "secondary metabolites", "phenolic compounds", "flavonoids", "germination", "root growth", "oxidative stress" e "bioherbicide"*. As combinações foram adaptadas às particularidades de cada base de dados.

Para a contextualização dos mecanismos de ação alelopática também foram considerados estudos envolvendo outras espécies vegetais, desde que abordassem processos fisiológicos diretamente relacionados à germinação, crescimento radicular e da parte aérea, fotossíntese, atividade enzimática, metabolismo oxidativo ou absorção de nutrientes. Esses estudos foram utilizados exclusivamente para fundamentação mecânica, não sendo interpretados como evidência direta de atividade alelopática em *Turnera.*

2.3 Critérios de elegibilidade

Foram incluídos artigos científicos originais, publicados em periódicos revisados por pares, disponíveis em texto completo e relacionados ao gênero *Turnera*, contemplando aspectos botânicos e ecológicos, composição fitoquímica, metabólitos secundários ou avaliação experimental da atividade alelopática e fitotóxica. Para os estudos experimentais, foram considerados trabalhos envolvendo extratos vegetais, exsudatos radiculares, resíduos, material

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

rizosférico, compostos voláteis ou substâncias isoladas, desde que apresentassem informações sobre a planta receptora e os efeitos sobre germinação, crescimento ou parâmetros fisiológicos.

Foram excluídos registros duplicados, resumos de eventos, editoriais, trabalhos sem acesso ao texto completo, estudos sem relação direta com os objetivos da revisão e publicações nas quais espécies de *Turnera* fossem apenas mencionadas, sem apresentação de resultados pertinentes. Revisões foram utilizadas principalmente como suporte conceitual e para rastreamento de estudos primários, não sendo consideradas evidências experimentais diretas de alelopatia.

2.4 Seleção e extração dos dados

A seleção dos estudos foi realizada inicialmente pela leitura dos títulos e resumos, seguida da avaliação integral dos trabalhos potencialmente elegíveis. As publicações que não atenderam aos critérios previamente estabelecidos foram excluídas, com registro das respectivas justificativas. O processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos foi organizado de acordo com o fluxograma PRISMA 2020.

Dos estudos selecionados foram extraídas informações referentes aos autores, ano de publicação, espécie de *Turnera,* órgão vegetal utilizado, método de obtenção do extrato ou material experimental, solvente, concentração ou dose, espécie receptora, condições experimentais e principais respostas observadas. Nos estudos fitoquímicos, também foram registrados os métodos analíticos empregados e as principais classes ou compostos identificados.

2.5 Análise e síntese das evidências

Devido à heterogeneidade entre os estudos quanto às espécies avaliadas, formas de exposição, concentrações, plantas receptoras e variáveis analisadas, optou-se pela síntese qualitativa e narrativa dos resultados. Os trabalhos foram agrupados conforme a espécie de *Turnera*, o tipo de material utilizado extratos, exsudatos, resíduos, voláteis ou solo rizosférico e os efeitos sobre germinação, crescimento e respostas fisiológicas das plantas receptoras.

Os resultados foram interpretados considerando a direção e a magnitude das respostas, distinguindo efeitos inibitórios, estimulatórios ou ausência de diferenças em relação aos controles. Também foram consideradas as limitações metodológicas dos estudos, especialmente quanto à ausência de caracterização química dos extratos, diferenças de concentração e predominância de experimentos conduzidos sob condições controladas. Dessa forma, evitou-se

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

a extrapolação direta de resultados laboratoriais para condições de campo e a atribuição de atividade alelopática a compostos específicos sem comprovação experimental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aspectos botânicos, distribuição e importância ecológica do gênero *Turnera*

O gênero *Turnera* L. integra a ordem Malpighiales e é atualmente tratado no contexto de Passifloraceae sensu lato, subgrupo tradicionalmente reconhecido como Turneraceae/Turneroideae, destacando-se como o gênero mais representativo desse clado (Cruz *et al.,* 2025; Silva *et al.,* 2025). A circunscrição filogenética atual reconhece cerca de 132 espécies, das quais aproximadamente 130 ocorrem nas Américas e apenas duas na África, organizadas em 11 séries e três subséries estabelecidas principalmente a partir de caracteres florais, dos frutos e das sementes (Cruz *et al.,* 2025; Silva *et al.,* 2025).

Morfologicamente, Turnera apresenta folhas simples, geralmente com estípulas pouco evidentes e, em numerosas espécies, nectários extraflorais basilares ou peciolares; as flores não possuem corona e apresentam, predominantemente, pétalas amarelas, embora ocorram táxons com outras colorações e combinações morfológicas (Cruz *et al.,* 2025; Silva *et al.,* 2023). Essa heterogeneidade também se expressa em estruturas reprodutivas e palinológicas, contribuindo para a delimitação dos táxons e revelando que a diversidade morfológica do gênero ainda demanda investigação sistemática contínua, fato evidenciado pela descrição recente de espécies como *T. carolina* no Cerrado maranhense (Silva *et al.,* 2023; Cruz *et al.,* 2025).

A distribuição de *Turnera* é predominantemente americana, com importante diversificação na América tropical, e o Brasil constitui um dos principais centros de riqueza e endemismo do grupo (Cruz *et al.,* 2025; Silva *et al.,* 2025). No território brasileiro, representantes do gênero estão particularmente associados à Caatinga e ao Cerrado, embora levantamentos recentes também registrem espécies em formações costeiras, bordas florestais e remanescentes amazônicos, demonstrando amplitude ecológica superior à associação exclusiva com ambientes sazonalmente secos (Cruz *et al.,* 2025; Silva *et al.,* 2025).

Essa heterogeneidade ambiental pode ser observada, por exemplo, em *T. carolina*, endêmica da região da Chapada das Mesas e associada a savanas rupestres sobre solos rochosos, enquanto o complexo T. sidoides ocupa diferentes condições ambientais do domínio Chaquenho, incluindo gradientes de precipitação, temperatura e características edáficas (Silva *et al.,* 2023; Solís Neffa *et al.,* 2022; Moreno *et al.,* 2021). Além dos ambientes naturais, determinadas espécies demonstram elevada capacidade de estabelecimento em áreas abertas e

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

antropizadas; *T. subulata*, por exemplo, ocorre com frequência em ambientes urbanos e perturbados, nos quais mantém interações com polinizadores, herbívoros e outros artrópodes (Passos; Gimenes, 2022; De Andrade; Pereira-Colavite, 2024). A síntese das principais características botânicas, dos ambientes de ocorrência e da relevância ecológica das espécies de Turnera abordadas nesta revisão é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Síntese de aspectos botânicos, distribuição e importância ecológica de espécies do gênero Turnera.

Espécie/grupo	Aspectos ou características relevantes	Distribuição/habitat	Importância ecológica	Referências
Turnera subulata	Apresenta características típicas do gênero, incluindo estruturas florais associadas à atração de visitantes e ocorrência de nectários extraflorais	Ocorre em ambientes naturais, urbanos e antropizados	Recurso para polinizadores; participação em redes envolvendo nectários extraflorais; hospedeira de insetos especializados	Passos; Gimenes (2022); Barbosa *et al.* (2025); De Andrade; Pereira-Colavite (2024)
Turnera ulmifolia	Espécie representativa do gênero, com estruturas florais utilizadas por diferentes grupos de insetos	Registrada em ambientes tropicais	Fornece recursos florais e participa de interações com diferentes grupos de polinizadores	Layek *et al.* (2025)
Turnera carolina	Espécie recentemente descrita, contribuindo para a ampliação da diversidade conhecida do gênero	Endêmica da Chapada das Mesas, associada a savanas rupestres e solos rochosos	Relevante para a compreensão da diversidade e do endemismo de *Turnera* no Cerrado	Silva *et al.* (2023); Cruz *et al.* (2025)
Complexo *Turnera sidoides*	Apresenta elevada diversidade genética e citogenética, incluindo variação associada à poliploidia	Domínio Chaquenho, em diferentes condições climáticas e edáficas	Modelo para estudos de adaptação, diversificação e evolução vegetal na América do Sul	Moreno *et al.* (2021); Solis Neffa *et al.* (2022)
Gênero *Turnera*	Cerca de 132 espécies, com diversidade morfológica em folhas, flores, frutos e sementes	Predominantemente americano, com forte diversificação na América tropical; elevada riqueza no Brasil	Participação em redes planta-polinizador, planta-formiga e outras interações ecológicas	Cruz *et al.* (2025); Silva *et al.* (2025)

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Ecologicamente, as espécies de *Turnera* participam de diferentes níveis de interação planta-animal, especialmente por meio da oferta de recursos florais e extraflorais. Em *T. subulata*, abelhas nativas e a espécie exótica *Apis mellifera* atuam como potenciais polinizadores, com a atividade dos visitantes associada ao período de maior disponibilidade floral e formação de frutos e sementes; em *T. ulmifolia*, diferentes grupos de insetos também contribuem para a polinização, evidenciando a importância dessas plantas como recursos para comunidades de visitantes florais (Passos; Gimenes, 2022; Layek *et al.,* 2025). A presença frequente de nectários extraflorais constitui outra característica ecologicamente relevante do gênero, pois favorece interações com formigas e insere algumas espécies em redes complexas de associações tróficas (Cruz *et al.,* 2025; Barbosa *et al.,* 2025).

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

Nesse contexto, *T. subulata* foi identificada como uma das espécies relevantes na conectividade de redes envolvendo plantas com nectários extraflorais em diferentes biomas brasileiros, além de servir como hospedeira de insetos especializados mesmo em paisagens submetidas à urbanização (Barbosa *et al.,* 2025; De Andrade; Pereira-Colavite, 2024). Paralelamente, a elevada variação genética, citogenética e ecológica observada no complexo *T. sidoides* demonstra que espécies do gênero constituem modelos importantes para compreender processos de adaptação, poliploidia e diversificação vegetal na América do Sul (Solís Neffa *et al.,* 2022; Moreno *et al.,* 2021).

3.2 Metabólitos secundários e compostos bioativos presentes em espécies de *Turnera*

O gênero *Turnera* apresenta diversidade fitoquímica expressiva, caracterizada sobretudo por compostos fenólicos e flavonoides, mas também por terpenoides, alcaloides, taninos, cumarinas, saponinas e outras classes de metabólitos especializados, cuja ocorrência varia entre espécies, órgãos vegetais e condições de extração (Parra-Naranjo *et al.,* 2023; Vital Júnior *et al.,* 2026). Em *T. subulata*, análises cromatográficas de folhas e flores demonstraram uma composição particularmente rica em derivados fenólicos e flavonoídicos, reforçando essas classes como componentes relevantes do perfil químico da espécie (Luz *et al.,* 2022; Rebouças *et al.,* 2022). Perfil semelhante é observado em *T. diffusa*, para a qual estudos recentes descrevem extratos predominantemente flavonoídicos, com forte representação de derivados de luteolina e, em análises mais abrangentes, flavonas, flavonóis, glicosídeos de luteolina e apigenina e metoxiflavonas (Bernardo*et al.,* 2022; Benito-Vázquez *et al.,* 2026).

A relevância desses constituintes é corroborada pela padronização fitoquímica de extratos de *T. diffusa*, nos quais foram constatados elevados teores de flavonoides e a presença de hepatodamianol, enquanto revisões recentes do gênero confirmam flavonoides entre os grupos de metabólitos mais consistentemente isolados em *Turnera* (Delgado-Montemayor *et al.,* 2022; Parra-Naranjo *et al.,* 2023). Essa composição diversificada é relevante sob a perspectiva ecológica, pois metabólitos especializados participam das interações das plantas com fatores bióticos e abióticos e incluem diversas classes reconhecidas em outras espécies como fontes de aleloquímicos (Kong *et al.,* 2024; Cheng *et al.,* 2024).

Entre os constituintes de *Turnera*, os flavonoides e demais compostos fenólicos constituem o conjunto mais bem caracterizado e, consequentemente, um dos mais relevantes para investigar possíveis efeitos alelopáticos. Em *T. subulata*, análises recentes por LC–MS/MS permitiram anotar ácidos fenólicos, como derivados dos ácidos gentísico, feruloilquínico e cafeoilquínico, juntamente com flavonoides glicosilados, incluindo homoorientina, vitexina,

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

derivados O-glicosilados da vitexina, apiína e derivados glicosilados da apigenina (Vital Júnior *et al.,* 2026; Luz *et al.,* 2022). Outros estudos com flores dessa espécie identificaram ácido clorogênico, luteolina-7-O-glicosídeo, vitexina e apigenina-7-O-glicosídeo, enquanto a caracterização de folhas e flores também revelou ferulato e outros derivados fenólicos, demonstrando que diferentes órgãos podem abrigar conjuntos complementares desses metabólitos (Rebouças *et al.,* 2022; Luz *et al.,* 2022).

A possível relação desses compostos com a alelopatia é biologicamente plausível porque ácidos fenólicos, flavonoides e outros derivados da via dos fenilpropanoides figuram entre as principais classes de aleloquímicos descritas em plantas e podem, dependendo da molécula e da concentração, interferir na germinação, no alongamento radicular, na absorção de nutrientes e no equilíbrio oxidativo das plantas receptoras (Cheng *et al.,* 2024; Kong *et al.,* 2024). Contudo, a resposta provocada por compostos fenólicos é dependente da estrutura química, concentração, espécie receptora e condições ambientais, podendo variar entre estimulação em baixas concentrações e inibição em níveis mais elevados (Kostina-Bednarz *et al.,* 2023; Choudhary *et al.,* 2023). Dessa forma, embora a elevada ocorrência de fenólicos e flavonoides em *Turnera* forneça uma base fitoquímica consistente para investigar alelopatia, a identificação desses metabólitos isoladamente não permite atribuir-lhes efeito fitotóxico sem validação experimental específica.

Além dos compostos fenólicos, terpenóides, alcalóides e outros metabólitos secundários ampliam a diversidade química potencialmente envolvida nas interações ecológicas do gênero. Em *T. ulmifolia*, triagens fitoquímicas recentes realizadas em folhas, caules e raízes detectaram alcalóides, polifenóis, saponinas, terpenoides, esteroides, flavonoides, cumarinas e taninos, além de quinonas nas partes aéreas, indicando distribuição diferencial dessas classes entre os órgãos vegetais (Suresh; Pappuswamy, 2025; Parra-Naranjo *et al.,* 2023). Deve-se ressaltar, entretanto, que o estudo de *T. ulmifolia* empregou predominantemente testes fitoquímicos qualitativos e FTIR, de modo que seus resultados demonstram a ocorrência provável das classes químicas, mas não equivalem à identificação estrutural individual de cada molécula (Suresh; Pappuswamy, 2025; Vital Júnior et al., 2026).

Em escala de gênero, há registros de monoterpenoides, triterpenoides, glicosídeos cianogênicos e ácidos graxos em espécies de *Turnera*, demonstrando que sua química secundária ultrapassa amplamente os compostos fenólicos (Parra-Naranjo *et al.,* 2023; Suresh; Pappuswamy, 2025). Essa diversidade apresenta interesse alelopático porque terpenóides e compostos nitrogenados, incluindo alcalóides, integram grupos reconhecidos de aleloquímicos capazes de alterar processos fisiológicos de plantas receptoras, incluindo integridade de

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

membranas, metabolismo celular, crescimento radicular e estabelecimento de plântulas (Kong *et al.,* 2024; Cheng *et al.,* 2024). Cumarinas, quinonas e taninos também pertencem a classes associadas a interações químicas entre plantas, enquanto a presença simultânea de diversos metabólitos em um mesmo tecido levanta a possibilidade de efeitos aditivos ou sinérgicos, em vez da atuação exclusiva de uma única substância (Kostina-Bednarz *et al.,* 2023; Arora *et al.,* 2024).

Em conjunto, os dados disponíveis indicam que espécies de *Turnera* possuem um repertório químico compatível com a presença de moléculas potencialmente aleloquímicas, destacando-se flavonoides e ácidos fenólicos pela maior consistência das evidências analíticas, seguidos por terpenoides, alcaloides, cumarinas, taninos, quinonas e outros constituintes menos caracterizados (Parra-Naranjo *et al.,* 2023; Vital Júnior *et al.,* 2026). Entretanto, os trabalhos recentes com *T. subulata* e *T. diffusa* concentram-se majoritariamente na caracterização fitoquímica e em propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas ou farmacológicas, e não em bioensaios direcionados à germinação ou ao crescimento de plantas receptoras (Vital Júnior *et al.,* 2026; Benito-Vázquez *et al.,* 2026).

Portanto, a presença de moléculas pertencentes a classes reconhecidamente aleloquímicas não deve ser interpretada como demonstração direta de alelopatia no gênero, pois a ocorrência desse fenômeno exige que os compostos sejam liberados pela planta em condições biologicamente relevantes e alcancem organismos receptores em concentrações capazes de modificar seu desenvolvimento (Choudhary *et al.,* 2023; Kong *et al.,* 2024). Para estabelecer essa relação de forma robusta, estudos futuros devem integrar ensaios de germinação e crescimento radicular com curvas dose–resposta, fracionamento bioguiado, LC–MS/MS ou técnicas metabolômicas, identificação dos compostos ativos e avaliação de sua liberação por exsudação radicular, lixiviação, volatilização ou decomposição dos resíduos vegetais (Kostina-Bednarz *et al.,* 2023; Arora *et al.,* 2024). Essa abordagem permitiria distinguir simples bioatividade fitoquímica de uma interação verdadeiramente alelopática e definir quais metabólitos de *Turnera* apresentam maior potencial para aplicações ecológicas e para o desenvolvimento futuro de bioherbicidas.

3.3 Mecanismos de ação alelopática e respostas fisiológicas em plantas receptoras

Os efeitos alelopáticos sobre a germinação podem resultar da interferência dos aleloquímicos em processos metabólicos indispensáveis à retomada do crescimento embrionário, incluindo mobilização das reservas, metabolismo de carboidratos e sinalização hormonal (Zhang *et al*., 2023; Cheng *et al*., 2024). Em sementes de *Eleusine indica*, por

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

exemplo, a exposição à cumarina reduziu a atividade de amilases e o conteúdo de açúcares solúveis, favoreceu a retenção de amido e modificou os níveis de ácido indolacético e ácido abscísico, evidenciando que a supressão da germinação pode envolver simultaneamente limitações energéticas e desequilíbrio hormonal (Zhang *et al*., 2023; Choudhary *et al*., 2023). Após a germinação, o sistema radicular constitui um dos compartimentos mais sensíveis à exposição, pois alterações na viabilidade celular, na divisão e no alongamento das células do ápice podem limitar rapidamente a elongação das raízes (He *et al*., 2022; Paterska; Osowski, 2026).

A redução do sistema radicular pode ser acompanhada por menor crescimento da parte aérea e acúmulo de biomassa, uma vez que compromete a exploração do substrato e repercute sobre o suprimento de água e elementos minerais necessários ao desenvolvimento da plântula (Padu *et al*., 2023; Paterska; Osowski, 2026). Entretanto, a magnitude e até a direção dessas respostas dependem da natureza química do composto, da concentração, do tempo de exposição e da espécie receptora, sendo descritas respostas estimulatórias em baixas doses e inibitórias à medida que a exposição aumenta, característica compatível com fenômenos horméticos (Cheng *et al*., 2024; Kostina-Bednarz *et al*., 2023).

O metabolismo oxidativo representa outro componente recorrente da resposta das plantas receptoras aos aleloquímicos, embora deva ser entendido como parte de uma rede de eventos fisiológicos e não como mecanismo exclusivo de fitotoxicidade (Staszek *et al*., 2021; Paterska; Osowski, 2026). O aumento excessivo de espécies reativas de oxigênio, especialmente H_2O_2 e $O_2^{\bullet -}$, pode superar a capacidade de detoxificação celular, favorecer a peroxidação de lipídios e elevar os teores de malondialdeído, comprometendo a integridade e a permeabilidade das membranas (He *et al*., 2022; Staszek *et al*., 2021).

Em resposta, plantas submetidas ao estresse alelopático frequentemente modificam a atividade de enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase, catalase, peroxidases e ascorbato peroxidase; aumentos dessas atividades podem constituir uma resposta defensiva inicial, enquanto exposições mais intensas ou prolongadas podem produzir padrões distintos entre enzimas e espécies (He *et al*., 2022; Al-Hawas, 2025). Esse comportamento também foi observado após a exposição a ácidos fenólicos, associada à elevação da atividade de enzimas antioxidantes concomitantemente ao aumento da peroxidação lipídica, demonstrando que a ativação do sistema antioxidante não implica, necessariamente, ausência de dano celular (Anwar *et al*., 2023; Staszek *et al*., 2021). Além disso, os efeitos metabólicos podem alcançar processos centrais de obtenção de energia e síntese de biomoléculas, pois a cumarina alterou intermediários do ciclo dos ácidos tricarboxílicos, o perfil de aminoácidos e vias relacionadas

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

à tradução proteica, enquanto ácidos fenólicos também foram associados a modificações no conteúdo proteico e em sistemas enzimáticos das plantas receptoras (Zhang *et al*., 2023; Anwar *et al*., 2023).

A fotossíntese também constitui importante alvo fisiológico da ação alelopática, podendo ser afetada pela redução dos pigmentos fotossintéticos, alterações no funcionamento dos fotossistemas e do transporte de elétrons e, em determinadas condições, por restrições às trocas gasosas e danos oxidativos aos cloroplastos (Rahaman *et al*., 2022; Paterska; Osowski, 2026). Evidências experimentais demonstram que os ácidos ferúlico e gálico reduziram os conteúdos de clorofila em espécies daninhas e promoveram forte redução da expressão do gene *psbA*, que codifica a proteína D1 associada ao fotossistema II, indicando interferência molecular no aparato fotossintético; contudo, as interações específicas propostas por modelagem molecular nesse estudo devem ser interpretadas como evidências *in silico*, e não como confirmação isolada de um alvo bioquímico direto (Anwar *et al*., 2023; Cheng *et al*., 2024).

Paralelamente, o excesso de espécies reativas de oxigênio pode intensificar a peroxidação das membranas dos tilacoides, prejudicar a estabilidade dos pigmentos e favorecer condições de fotoinibição, conectando o comprometimento fotossintético ao metabolismo oxidativo induzido pelos aleloquímicos (Staszek *et al*., 2021; Paterska; Osowski, 2026). Em bioensaios com diferentes culturas, o aumento da concentração de extratos de plantas com atividade alelopática também foi acompanhado por expressiva diminuição do conteúdo de clorofila e do crescimento das plantas receptoras, reforçando a associação entre deterioração do desempenho fotossintético e menor produção de biomassa (Padu *et al*., 2023; Kostina-Bednarz *et al*., 2023). Assim, a supressão da parte aérea pode resultar tanto dos efeitos diretos sobre a maquinaria fotossintética quanto das limitações secundárias impostas pelo comprometimento radicular, nutricional e oxidativo, configurando uma resposta fisiológica integrada (Cheng *et al*., 2024; Paterska; Osowski, 2026).

A absorção de nutrientes representa outro ponto de integração dos efeitos alelopáticos, especialmente porque as raízes constituem a principal interface entre os aleloquímicos presentes na rizosfera e a planta receptora (Mushtaq; Fauconnier, 2024; Kostina-Bednarz *et al*., 2023). Ácidos fenólicos podem modificar propriedades da membrana plasmática, interferir no gradiente eletroquímico de prótons e favorecer despolarização, aumento da permeabilidade e perdas iônicas, condições capazes de reduzir a eficiência dos processos de transporte associados à aquisição mineral (Mushtaq; Fauconnier, 2024; Rahaman *et al*., 2022). Além do efeito fisiológico direto, a redução da superfície radicular funcional e as alterações na rizosfera e nas comunidades microbianas podem modificar a disponibilidade de nutrientes, de modo que a

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

diminuição da nutrição mineral observada em condições alelopáticas não deve ser atribuída exclusivamente à inibição direta de transportadores de membrana (Paterska; Osowski, 2026; Choudhary *et al*., 2023).

Experimentalmente, extratos de plantas daninhas reduziram a concentração e a absorção de N, P e K em diferentes culturas, enquanto outros sistemas experimentais mostraram alterações específicas nos conteúdos de K^+ e Ca^{2+}, indicando que a resposta mineral depende da espécie, do elemento avaliado e da intensidade do tratamento, não correspondendo necessariamente a uma redução uniforme de todos os nutrientes (Padu *et al*., 2023; Al-Hawas, 2025). Desse modo, germinação, crescimento radicular e da parte aérea, atividade enzimática, fotossíntese, metabolismo oxidativo e nutrição mineral devem ser interpretados como processos interdependentes na resposta alelopática (Cheng *et al*., 2024; Paterska; Osowski, 2026); especificamente para espécies de *Turnera*, esses mecanismos constituem hipóteses fisiológicas consistentes para orientar bioensaios, mas sua atribuição causal ao gênero requer demonstração experimental com extratos caracterizados ou compostos isolados e parâmetros fisiológicos adequadamente controlados (Choudhary *et al*., 2023; Paterska; Osowski, 2026).

3.4 Evidências do potencial alelopático de espécies de *turnera* sobre plantas cultivadas e espontâneas

No recorte recente da literatura, as evidências experimentais de alelopatia no gênero *Turnera* concentram-se principalmente em *Turnera subulata* Sm., com estudos que abordam diferentes vias pelas quais substâncias potencialmente aleloquímicas podem alcançar plantas receptoras, incluindo exsudação radicular, interação com o solo rizosférico, decomposição de resíduos foliares e volatilização a partir das folhas (Wan Abdul Halim *et al*., 2021; Yusoff *et al*., 2022). Em ensaios controlados, os exsudatos radiculares e o solo rizosférico associado a *T. subulata* interferiram no crescimento de *Brassica chinensis*, *Oryza sativa* var. *sativa* (arroz daninho), *Triticum aestivum* e da cultivar de arroz MR303, enquanto resíduos e voláteis foliares afetaram diferentemente variedades de arroz cultivado, evidenciando que a resposta depende tanto da forma de exposição quanto da espécie ou genótipo receptor (Wan Abdul Halim *et al*., 2021; Yusoff *et al*., 2022).

Essa sensibilidade foi particularmente evidente no sistema radicular: os exsudatos de *T. subulata* reduziram em 62,6% o comprimento da radícula e em 84,6% o do hipocótilo de trigo, enquanto nos ensaios com resíduos foliares a radícula das variedades de arroz respondeu mais intensamente às maiores quantidades de material vegetal que a parte aérea, sendo o arroz híbrido apontado como o material mais sensível (Wan Abdul Halim *et al*., 2021; Yusoff *et al*.,

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

2022). Em conjunto, esses resultados indicam que a expressão do potencial alelopático de *T. subulata* não constitui uma resposta uniforme, mas varia de acordo com a quantidade de material vegetal, a via de liberação e a identidade da planta receptora, tendência igualmente observada nos estudos posteriores envolvendo extratos foliares em diferentes concentrações e solventes (Yusoff *et al*., 2022; Aridi *et al*., 2023).

A avaliação direta de extratos foliares ampliou essas evidências ao demonstrar uma relação pronunciada entre concentração e fitotoxicidade. Aridi *et al*. (2023) compararam extratos de folhas de formas de flores amarelas e branco-creme de *T. subulata*, preparados em água, metanol, acetato de etila e hexano, nas concentrações de 0,1; 1; 10; 50 e 100 mg mL^{-1}, enquanto Aridi *et al*. (2026) avaliaram extratos aquosos foliares de 0; 0,1; 1; 10; 50 e 100 mg mL^{-1} aplicados sobre plântulas de *Brassica chinensis* var. *parachinensis* (choy sum), demonstrando a recorrência de respostas dependentes da dose (Aridi *et al*., 2023; Aridi *et al*., 2026).

No primeiro estudo, as concentrações de 50 e 100 mg mL^{-1} promoveram as respostas inibitórias mais pronunciadas, e, a 100 mg mL^{-1}, o extrato aquoso da forma branco-creme reduziu aproximadamente 92% do comprimento radicular da mostarda, enquanto a forma amarela ocasionou redução próxima de 89%; no segundo estudo, a mesma concentração máxima provocou alterações expressivas no desempenho fisiológico de choy sum (Aridi *et al*., 2023; Aridi *et al*., 2026). Particularmente, a aplicação de 100 mg mL^{-1} do extrato aquoso reduziu em aproximadamente 25% o índice SPAD, em 65% a clorofila *a*, em 71% a clorofila *b* e em 45% o comprimento estomático, complementando as evidências morfológicas de inibição observadas em mostarda, trigo e arroz daninho (Aridi *et al*., 2023; Aridi *et al*., 2026). Em contraste, concentrações de 0,1 e 1 mg mL^{-1} produziram estímulo do crescimento radicular ou da parte aérea em alguns dos bioensaios de 2023, indicando uma resposta não linear e ressaltando que a definição de doses agronomicamente úteis exige curvas dose–resposta e validação além de condições laboratoriais (Aridi *et al*., 2023; Sahrir *et al*., 2023).

A interpretação desses efeitos deve considerar a composição química de *T. subulata*, mas sem atribuir causalidade a metabólitos individuais antes de sua confirmação experimental. Análises de folhas e flores realizadas por técnicas cromatográficas e espectrométricas identificaram constituintes como vitexina-2-*O*-ramnosídeo, derivados metoxiisoflavônicos, ácido ferúlico e diferentes ácidos graxos, enquanto análises posteriores de folhas evidenciaram ampla diversidade química, incluindo ácidos carboxílicos, terpenos, flavonoides e ácidos graxos (Luz *et al*., 2022; Andrade-Pinheiro *et al*., 2023). Essa composição é compatível com a constatação de compostos fenólicos e flavonoides nos extratos foliares utilizados nos bioensaios

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

alelopáticos, ao mesmo tempo que a abordagem metabolômica realizada em plantas receptoras expostas ao extrato de *T. subulata* identificou 15 metabólitos discriminantes pertencentes principalmente às classes de aminoácidos, carboidratos e ácidos graxos (Aridi *et al*., 2023; Aridi *et al*., 2026).

Entretanto, a presença de fenólicos, flavonoides ou outros metabólitos no tecido da planta doadora não demonstra, isoladamente, que determinado composto seja responsável pela fitotoxicidade observada, pois o próprio estudo metabolômico mais recente ressalta que o modo exato de ação permanece incompletamente elucidado, condição igualmente reconhecida em revisões contemporâneas sobre alelopatia (Aridi *et al*., 2026; Sahrir *et al*., 2023). Assim, embora os trabalhos recentes sustentem a existência de moléculas candidatas e de alterações metabólicas associadas à exposição, os estudos de 2021–2026 aqui reunidos basearam a demonstração direta de fitotoxicidade predominantemente em extratos, exsudatos, solo rizosférico, resíduos e voláteis, não sendo prudente atribuir a ação alelopática a vitexina, ácido ferúlico ou outro constituinte específico sem fracionamento, isolamento e bioensaios direcionados com as substâncias purificadas (Luz *et al*., 2022; Sahrir *et al*., 2023).

Sob a perspectiva agrícola, os resultados revelam simultaneamente potencial para supressão de plantas espontâneas e risco de efeitos não seletivos sobre culturas. O arroz daninho apresentou reduções de crescimento diante de exsudatos, resíduos e extratos de *T. subulata*, mas materiais de arroz cultivado, incluindo MR303 e diferentes variedades comerciais, também responderam negativamente à exposição, demonstrando que a atividade observada não pode ser interpretada, até o momento, como seletiva para plantas daninhas (Wan Abdul Halim *et al*., 2021; Yusoff *et al*., 2022). De modo semelhante, espécies cultivadas de *Brassica* mostraram elevada sensibilidade, tanto nos ensaios de crescimento radicular quanto nas avaliações fisiológicas de choy sum, reforçando que eventual emprego de derivados de *T. subulata* precisará considerar a seletividade entre culturas e espécies-alvo, além da concentração e do estádio de desenvolvimento das plantas receptoras (Aridi *et al*., 2023; Aridi *et al*., 2026).

Além disso, grande parte das evidências específicas para *Turnera* deriva de condições controladas, enquanto revisões recentes salientam que respostas obtidas em laboratório não podem ser diretamente extrapoladas para sistemas agrícolas, nos quais disponibilidade dos aleloquímicos, atividade microbiana, características do solo, competição por recursos e condições ambientais podem modificar substancialmente o efeito observado (Sahrir *et al*., 2023; Mahé *et al*., 2022). Dessa forma, *T. subulata* pode ser considerada uma fonte promissora para investigação de moléculas ou produtos de origem vegetal destinados ao manejo de plantas espontâneas, mas sua aplicação como bioherbicida ainda requer estudos em casa de vegetação

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730
e campo, avaliação de seletividade e segurança para culturas, identificação e quantificação dos aleloquímicos ativos, determinação de sua persistência no solo e separação experimental dos efeitos alelopáticos daqueles decorrentes de competição ou outros processos ecológicos (Sahrir *et al*., 2023; Mahé *et al*., 2022).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura demonstra que espécies do gênero *Turnera* apresentam características botânicas, ecológicas e fitoquímicas que justificam seu interesse em estudos de alelopatia. A diversidade de metabólitos secundários identificada no gênero, com destaque para compostos fenólicos, flavonoides, terpenoides, alcaloides, cumarinas e taninos, fornece uma base química compatível com a ocorrência de interações alelopáticas. Entretanto, as evidências experimentais disponíveis ainda são concentradas principalmente em *Turnera subulata*, indicando que o potencial de outras espécies do gênero permanece pouco investigado.

Os estudos envolvendo *T. subulata* demonstram que exsudatos radiculares, solo rizosférico, resíduos vegetais, compostos voláteis e extratos foliares podem modificar o crescimento e parâmetros fisiológicos de plantas receptoras. A intensidade dessas respostas mostrou-se dependente da concentração, da forma de exposição e da espécie ou genótipo avaliado, sendo o sistema radicular frequentemente um dos componentes mais sensíveis. Em concentrações mais elevadas, foram observadas reduções expressivas do crescimento e de parâmetros relacionados ao aparato fotossintético, enquanto doses menores apresentaram, em determinados experimentos, efeitos estimulatórios, evidenciando que as respostas alelopáticas não são necessariamente lineares.

Apesar desses resultados, as evidências disponíveis não permitem atribuir os efeitos observados a um aleloquímico específico. A identificação de flavonoides, ácidos fenólicos e outros metabólitos nos tecidos de *Turnera* demonstra apenas a existência de moléculas candidatas, sendo necessários isolamento, fracionamento bioguiado e bioensaios com compostos purificados para estabelecer relações causais. Da mesma forma, a atividade observada não se mostrou restrita às plantas espontâneas, uma vez que espécies cultivadas, incluindo arroz, trigo e representantes de *Brassica*, também apresentaram respostas negativas. Esse aspecto constitui uma limitação importante para qualquer proposta de utilização direta de derivados de *Turnera* como bioherbicidas.

Conclui-se, portanto, que *T. subulata* constitui uma espécie promissora para a prospecção de substâncias naturais com atividade fitotóxica, mas o desenvolvimento de

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

aplicações agrícolas exige avanços experimentais substanciais. Estudos futuros devem ampliar a investigação para outras espécies do gênero, identificar e quantificar os compostos efetivamente responsáveis pela atividade, estabelecer curvas dose–resposta, determinar seletividade sobre culturas e plantas-alvo, avaliar persistência e comportamento dos aleloquímicos no solo e validar os efeitos em condições de casa de vegetação e campo. A integração entre abordagens fitoquímicas, fisiológicas, metabolômicas e agronômicas será fundamental para esclarecer a relevância ecológica da alelopatia em *Turnera* e determinar se esse potencial poderá ser convertido, de forma segura e eficiente, em estratégias sustentáveis para o manejo de plantas espontâneas.

REFERÊNCIAS

AL-HAWAS, G. H. S. Allelopathy effects of Matricaria chamomilla L. on germination, early growth and nutrient uptake of pea seedlings. Brazilian Journal of Biology, v. 85, e292131, 2025. DOI: 10.1590/1519-6984.292131.

ANDRADE-PINHEIRO, J. C. et al. LC-MS analysis and antifungal activity of Turnera subulata Sm. Plants, v. 12, n. 2, art. 415, 2023. DOI: 10.3390/plants12020415.

ANWAR, S.; NASEEM, S.; ALI, Z. Biochemical analysis, photosynthetic gene (psbA) down-regulation, and in silico receptor prediction in weeds in response to exogenous application of phenolic acids and their analogs. PLOS ONE, v. 18, n. 3, e0277146, 2023. DOI: 10.1371/journal.pone.0277146.

ARIDI, N. A. M. et al. Allelopathic effect of different solvent extracts of Turnera subulata Sm. leaves against selected plants and weed. Bulgarian Journal of Agricultural Science, v. 29, n. 3, p. 490–500, 2023.

ARIDI, N. A. M. et al. Allelopathic potential of Turnera subulata leaf extract on choy sum (Brassica chinensis var. parachinensis) via untargeted metabolomics. Plant Protection Science, v. 62, n. 1, p. 79–92, 2026. DOI: 10.17221/148/2024-PPS.

ARORA, S.; HUSAIN, T.; PRASAD, S. M. Allelochemicals as biocontrol agents: promising aspects, challenges and opportunities. South African Journal of Botany, v. 166, p. 503–511, 2024. DOI: 10.1016/j.sajb.2024.01.029.

BARBOSA, V. D. C. et al. Extrafloral nectary plants in Brazilian biomes: dominance of Cerrado and Fabaceae. Flora, v. 323, art. 152668, 2025. DOI: 10.1016/j.flora.2024.152668.

BENITO-VÁZQUEZ, I. et al. Flavonoid composition and molecular basis of the potential sexual-enhancing properties of a Turnera diffusa extract (Liboost®). Pharmaceuticals, v. 19, n. 4, art. 597, 2026. DOI: 10.3390/ph19040597.

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

BERNARDO, J. et al. Trichilia catigua and Turnera diffusa phyto-phospholipid nanostructures: physicochemical characterization and bioactivity in cellular models of induced neuroinflammation and neurotoxicity. International Journal of Pharmaceutics, v. 620, art. 121774, 2022. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2022.121774.

CHENG, Y.; LI, M.; XU, P. Allelochemicals: a source for developing economically and environmentally friendly plant growth regulators. Biochemical and Biophysical Research Communications, v. 690, art. 149248, 2024. DOI: 10.1016/j.bbrc.2023.149248.

CHOUDHARY, C. S. et al. Mechanisms of allelopathic interactions for sustainable weed management. Rhizosphere, v. 25, art. 100667, 2023. DOI: 10.1016/j.rhisph.2023.100667.

CRUZ, P. F. et al. Palynotaxonomy of species of Turnera (Turneraceae) occurring in Brazil. Plant Systematics and Evolution, v. 311, n. 2, art. 10, 2025. DOI: 10.1007/s00606-025-01936-3.

DE ANDRADE, A. C.; PEREIRA-COLAVITE, A. Galls in the city: effects of urbanization on the interaction of a highly specialized fly (Neolasioptera sp.) and a wildflower (Turnera subulata) in tropical environments. Urban Ecosystems, v. 27, n. 1, p. 27–39, 2024. DOI: 10.1007/s11252-023-01427-8.

DELGADO-MONTEMAYOR, C. et al. Development of a hepatoprotective herbal drug from Turnera diffusa. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, v. 2022, art. 5114948, 2022. DOI: 10.1155/2022/5114948.

HE, Z. et al. Dynamic analysis of physiological indices and transcriptome profiling revealing the mechanisms of the allelopathic effects of phenolic acids on Pinellia ternata. Frontiers in Plant Science, v. 13, art. 1039507, 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.1039507.

KONG, C.-H. et al. Chemically mediated plant–plant interactions: allelopathy and allelobiosis. Plants, v. 13, n. 5, art. 626, 2024. DOI: 10.3390/plants13050626.

KOSTINA-BEDNARZ, M.; PŁONKA, J.; BARCHANSKA, H. Allelopathy as a source of bioherbicides: challenges and prospects for sustainable agriculture. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, v. 22, p. 471–504, 2023. DOI: 10.1007/s11157-023-09656-1.

LAYEK, U. et al. Impact of seasonal atmospheric factors and photoperiod on floral biology, plant–pollinator interactions, and plant reproduction on Turnera ulmifolia L. (Passifloraceae). Biology, v. 14, n. 1, art. 100, 2025. DOI: 10.3390/biology14010100.

LUZ, J. R. D. da et al. Chemical characterization of flowers and leaf extracts obtained from Turnera subulata and their immunomodulatory effect on LPS-activated RAW 264.7 macrophages. Molecules, v. 27, n. 3, art. 1084, 2022. DOI: 10.3390/molecules27031084.

MAHÉ, I. et al. Deciphering field-based evidences for crop allelopathy in weed regulation: a review. Agronomy for Sustainable Development, v. 42, art. 50, 2022. DOI: 10.1007/s13593-

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

021-00749-1.

MORENO, E. M. S. et al. Species diversification in the lowlands of mid-latitude South America: Turnera sidoides subsp. carnea as a case study. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 93, supl. 3, e20201067, 2021. DOI: 10.1590/0001-3765202120201067.

MUSHTAQ, W.; FAUCONNIER, M.-L. Phenolic profiling unravelling allelopathic encounters in agroecology. Plant Stress, v. 13, art. 100523, 2024. DOI: 10.1016/j.stress.2024.100523.

PADU, K. et al. Phytotoxicity of common weeds on germination, seedling growth, NPK uptake and chlorophyll content of four hill crops of Garhwal Himalaya. Journal of Agriculture and Food Research, v. 12, art. 100539, 2023. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100539.

PARRA-NARANJO, A. et al. Bioactivity of the genus Turnera: a review of the last 10 years. Pharmaceuticals, v. 16, n. 11, art. 1573, 2023. DOI: 10.3390/ph16111573.

PASSOS, J. M. O.; GIMENES, M. Pollination of Turnera subulata: exotic or native bees? Iheringia, Série Zoologia, v. 112, e2022006, 2022. DOI: 10.1590/1678-4766e2022006.

PATERSKA, M.; OSOWSKI, K. Impact of angiosperm tree-derived allelochemicals on physiological responses of acceptor plants: a systematic review. International Journal of Molecular Sciences, v. 27, n. 14, art. 6188, 2026. DOI: 10.3390/ijms27146188.

RAHAMAN, F. et al. Allelopathic potential in rice: a biochemical tool for plant defence against weeds. Frontiers in Plant Science, v. 13, art. 1072723, 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.1072723.

REBOUÇAS, E. L. et al. Antinociceptive, anti-inflammatory and hypoglycemic activities of the ethanolic Turnera subulata Sm. flower extract in adult zebrafish (Danio rerio). Journal of Biomolecular Structure and Dynamics, v. 40, n. 23, p. 13062–13074, 2022. DOI: 10.1080/07391102.2021.1981449.

SAHRIR, M. A. S.; YUSOFF, N.; AZIZAN, K. A. Allelopathy activity under laboratory, greenhouse and field conditions: a review. AIMS Agriculture and Food, v. 8, n. 1, p. 78–104, 2023. DOI: 10.3934/agrfood.2023004.

SILVA, M. J. C.; ROCHA, L.; MARINHO, L. C. Taxonomic synopsis and distribution of Turneraceae in Maranhão state, Brazil. Anales del Jardín Botánico de Madrid, v. 82, n. 1, e158, 2025. DOI: 10.3989/ajbm.626.

SILVA, M. J. C. da et al. Turnera carolina (Turneraceae, Passifloraceae s.l.): a new species from Chapada das Mesas, Maranhão, Northeastern Brazil. Systematic Botany, v. 48, n. 2, p. 300–306, 2023. DOI: 10.1600/036364423X16847773873152.

SOLÍS NEFFA, V. G. et al. How important was polyploidy in the diversification of herbs in the Chaquean Domain? The case of the Turnera sidoides autopolyploid complex (Passifloraceae: Turneroideae). Botanical Journal of the Linnean Society, v. 199, n. 1, p. 286–311, 2022. DOI: 10.1093/botlinnean/boab085.

ISBN: 978-65-831-2134-9 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963730

STASZEK, P. et al. ROS metabolism perturbation as an element of mode of action of allelochemicals. Antioxidants, v. 10, n. 11, art. 1648, 2021. DOI: 10.3390/antiox10111648.

SURESH, M.; PAPPUSWAMY, M. Identification of bioactive metabolites in Turnera ulmifolia: preliminary phytochemical screening and FTIR analysis. Plant Science Today, v. 12, n. 3, p. 1–8, 2025. DOI: 10.14719/pst.7515.

VITAL JÚNIOR, A. C. et al. Phytochemicals from Turnera subulata exhibiting antioxidant, immunomodulatory, and microbiological activity. Foods, v. 15, n. 11, art. 1841, 2026. DOI: 10.3390/foods15111841.

WAN ABDUL HALIM, W. Z. A. et al. Allelopathic potential assessment of root exudates and rhizosphere soil of Turnera subulata. Bioscience Research, v. 18, n. SI-2, p. 145–152, 2021.

YUSOFF, N. et al. Differential allelopathic effect of Turnera subulata leaves on selected rice varieties. Bioscience Research, v. 19, n. S1-1, p. 82–90, 2022.

ZHANG, T.-J. et al. Metabolic pathways modulated by coumarin to inhibit seed germination and early seedling growth in Eleusine indica. Plant Physiology and Biochemistry, v. 203, art. 108035, 2023. DOI: 10.1016/j.plaphy.2023.108035.