

## Potencial alelopático de extratos etanólicos e pó de folhas de *Tapirira obtusa* na germinação e formação de plântulas de diferentes espécies-alvo

Allelopathic potential of ethanolic extracts and powdered of leaves of *Tapirira obtusa* on germination and formation of seedlings of different target species

Potencial alelopático de extractos etanólicos y en polvo de hojas de *Tapirira obtusa* sobre la germinación y formación de plântulas de diferentes especies de destino

Recebido: 12/03/2021 | Revisado: 18/03/2021 | Aceito: 30/03/2021 | Publicado: 10/04/2021

### Rosemary Matias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0154-1015>  
Universidade Anhanguera, Brasil  
E-mail: [rosematias@yahoo.com.br](mailto:rosematias@yahoo.com.br)

### Carolina Ferreira Pauliquevis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1159-9616>  
Universidade Anhanguera, Brasil  
E-mail: [carolquevis@hotmail.com](mailto:carolquevis@hotmail.com)

### Paula Thais Alves Ojeda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3251-7640>  
Universidade Anhanguera, Brasil  
E-mail: [paulaa\\_ojeda@hotmail.com](mailto:paulaa_ojeda@hotmail.com)

### José Carlos Pina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5414-9386>  
Universidade Anhanguera, Brasil  
E-mail: [josecarlospina@gmail.com](mailto:josecarlospina@gmail.com)

### Ademir Kleber Morbeck de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-9573>  
Universidade Anhanguera, Brasil  
E-mail: [akmorbeckoliveira@gmail.com](mailto:akmorbeckoliveira@gmail.com)

### Resumo

Objetivou-se neste estudo realizar a fitoquímica das folhas de *Tapirira obtusa* e testar seu potencial alelopático na germinação e formação de plântulas de três espécies-alvo. Extratos foram utilizados nas concentrações de 25, 50, 100, 150 e 200 mg mL<sup>-1</sup> para sementes de alface e tomate e, 100 e 200 mg mL<sup>-1</sup> para fedegoso, em câmara de germinação, sendo avaliadas a porcentagem, índice de velocidade, tempo médio de germinação e formação de plântulas. Em casa de vegetação, utilizou-se o pó das folhas em proporções de 5, 10 e 20%, avaliando-se o crescimento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, aplicando-se a análise de variância. A análise fitoquímica revelou alta intensidade de compostos fenólicos e triterpenos e média intensidade de flavonoides e taninos. Os extratos interferiram na germinação e crescimento em câmara de germinação e casa de vegetação, com o forte efeito alelopático, indicando o potencial de uso da espécie no controle de espécies indesejadas.

**Palavras-chave:** Allelopatia; Anacardiaceae; Bio-herbicidas; Compostos fenólicos; Pau-pombo.

### Abstract

The objective was to perform phytochemistry of the leaves of *Tapirira obtusa* and test your allelopathic potential on germination and seedling formation of three target species. Extracts were used in the concentrations of 25, 50, 100, 150 and 200 mg mL<sup>-1</sup>, lettuce and tomato seeds; 100 and 200 mg mL<sup>-1</sup>, sicklepod, in germination chamber being evaluated germination, average germination time, germination speed index and seedling formation. In the vegetation house, powdered leaves proportions of the leaves were used in 0, 5, 10 and 20%, and growth was evaluated. The design was completely randomized, applying variance analysis. Phytochemical analysis revealed high intensity of phenolic compounds and triterpenes and medium intensity of flavonoids and tannins. The extract interfered in germination and growth in the germination chamber and vegetation house with the strong effect allows to suggest its potential for use in the control of unwanted species.

**Keywords:** Allelopathy; Anacardiaceae; Bio-herbicides; Phenolic compounds; "Pau-pombo".

### Resumen

El objetivo de este estudio fue realizar la fitoquímica de hojas de *Tapirira obtusa* y probar su potencial alelopático en la germinación y formación de plântulas de tres especies objetivo. Se utilizaron extractos en concentraciones de 25, 50, 100, 150 y 200 mg mL<sup>-1</sup> para semillas de lechuga y tomate, y de 100 y 200 mg mL<sup>-1</sup> para fedegoso, en una cámara de

germinación, evaluándose el porcentaje, índice de velocidad, promedio tiempo de germinación y formación de plántulas. En invernadero se utilizó polvo de hojas en proporciones de 5, 10 y 20%, evaluando el crecimiento. El diseño fue completamente al azar, aplicando el análisis de varianza. El análisis fitoquímico reveló alta intensidad de compuestos fenólicos y triterpenos y media intensidad de flavonoides y taninos. Los extractos interfirieron con la germinación y el crecimiento en una cámara de germinación e invernadero, con un fuerte efecto alelopático, lo que indica el potencial de usar la especie para controlar especies no deseadas.

**Palabras clave:** Aleopatía; Anacardiaceae; Bioherbicidas; Compuestos fenólicos; “Pau-pombo”.

## 1. Introdução

Na natureza, os recursos naturais costumam ser limitados, e muitas plantas podem competir entre si pelos nutrientes do solo, água e luz, levando à diferentes processos que visam diminuir o antagonismo por recursos entre as espécies. Desta maneira, a alelopátia – capacidade das plantas, líquens, microrganismos, vírus e fungos influenciarem a germinação, crescimento e desenvolvimento de sistemas biológicos através da produção de substâncias químicas -, que quando transferidas para o ambiente, exercem influência no desenvolvimento da vegetação adjacente, se torna importante (Willis, 2010; Latif, Chiapusio, & Weston, 2017; Silva, Overbeck, & Soares, 2017).

De acordo com Duke (2010) e Willis (2010), estudos sobre a germinação e o crescimento de espécies de plantas são comuns, porém, os processos alelopáticos são pouco estudados, embora sejam importantes devido sua influência na composição, estrutura e dinamismo nas comunidades vegetais, nativas ou cultivadas. Esta situação ocorre porque a liberação de metabólitos secundários no ambiente por algumas espécies pode levar a efeitos negativos em outras espécies vegetais. Por exemplo, alterações no funcionamento das membranas celulares, modificação na atividade de fotossíntese e respiração, resultado da presença de substâncias químicas, como alcaloides, cumarinas e saponinas.

Por estes motivos, o estudo da alelopátia é uma nova área na pesquisa da flora como um recurso na busca de novos compostos para o controle de espécies daninhas, os chamados de bio-herbicidas, menos danosos ao ambiente por seu menor tempo de permanência no meio devido sua degradação rápida, evitando a contaminação ambiental. De acordo com Swiech et al. (2021), ao avaliar extratos de *Philodendron meridionale* (Buturi & Sakur) na germinação, crescimento, respiração radicular e atividades enzimáticas de sementes de *Lactuca sativa*, o estudo de espécies nativas é importante para identificar seu potencial de uso na criação de novos biopesticidas.

Na busca por esses compostos, algumas famílias, como Anacardiaceae, são mais estudadas devido a uma ampla diversidade de metabólitos presentes, com atividades biológicas diversas e grande presença de compostos fenólicos e catecólicos. Desta maneira, a família é bastante promissora na busca de substâncias bioativas e alguns gêneros, como *Anacardium* e *Tapirira*, se destacam pelas atividades biológicas de seus extratos (Correia, David, & David, 2006).

A presença de metabólitos secundários, como os lipídios fenólicos, flavonoides, taninos e cumarinas, conhecidos como importantes aleloquímicos, com efeitos negativos sobre a germinação e formação de plântulas (Willis, 2010; Latif, Chiapusio, & Weston, 2017), são comuns em Anacardiaceae (Correia, David, & David, 2006). Além disto, diferentes gêneros desta família são estudados por suas propriedades químicas e uso na medicina popular, especificamente, *Anacardium*, *Myracrodruon*, *Schinus*, *Spondias* e *Tapirira*, utilizados no tratamento de diversos problemas de saúde (Lorenzi & Matos, 2008), destacando-se seu uso em áreas rurais, como citado por Sousa et al. (2020), em trabalho no semiárido paraibano.

Dentre a família botânica Anacardiaceae está a espécie arbórea *Tapirira obtusa* (Benth.) J.D.Mitch., popularmente conhecida como pombeiro, pau-pombo, pau-de-pomba, copiúba e copiúva, etc., comumente encontrada em áreas do bioma Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, principalmente em terrenos úmidos e matas estacionais. É uma árvore perenifólia, pioneira ou secundária inicial e heliófita, atingindo até 18 m de altura (Silva Júnior & Pereira, 2009; Forzza, 2010; Lorenzi, 2020).

A espécie pode ser empregada na arborização urbana e reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas e de formações ripárias, visando à produção de frutos, muito procurados pela fauna em geral. Além disto, os troncos costumam ser

perfurados por primatas que se alimentam das bolotas de goma formadas após a exsudação da seiva. Apesar da madeira possuir baixo valor comercial por ser pouco resistente, é utilizada como lenha e em estruturas provisórias em fazendas e em marcenarias, além de possuir uso medicinal através de folhas e casca do tronco, ricas em compostos fenólicos e similares, na utilização, a *T. guianensis* Aubl., com a qual, por vezes, é confundida (Correia et al., 2001; Botrel et al., 2006; Silva Júnior & Pereira, 2009; Lorenzi 2020). Apesar de seu uso em processos em arborização e reflorestamentos, não existem estudos sobre seu potencial alelopático, apesar de várias espécies de Anacardiaceae serem conhecidas por seus compostos alelopáticos, como *Anacardium humille* A.St.-Hil. (Matias, Oliveira, Pereira, & Rizzi, 2018) e *Schinus terebinthifolia* Raddi (Nunes, Paulert, Bido, & Zonetti, 2019).

A avaliação do potencial alelopático de determinada espécie normalmente é feita utilizando-se de espécies-alvo, de rápida germinação e crescimento uniforme, o que permite avaliar a presença de aleloquímicos e seus efeitos. Entre as plantas utilizadas nesse processo se destacam olerícolas convencionais, como a alface (*Lactuca sativa* L.), o tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e, plantas daninhas, como o fedegoso (*Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby). O teste com diferentes tipos de extratos e substratos, em laboratório e casa de vegetação, permite testar o potencial da espécie, indicando a presença de moléculas que poderiam ser manipuladas pela indústria, produzindo novos bio-herbicidas.

Levando-se em consideração que várias espécies de Anacardiaceae possuem amplo potencial de uso e presença de metabólitos secundários, testou-se como hipótese que as folhas da espécie *Tapirira obtusa* exercem efeito alelopático, objetivando-se estudar a fitoquímica das folhas e testar o potencial alelopático de extratos e pó das folhas na redução ou inibição da germinação e formação de plântulas de espécies-alvo.

## 2. Material e Métodos

A metodologia científica utilizada no experimento foi a pesquisa laboratorial e de casa de vegetação utilizando o método quantitativo. No método é realizada a coleta de dados numéricos através do uso de medições de grandezas, gerando conjuntos de dados que são analisados por técnicas matemáticas, como a análise estatística, permitindo a descrição e discussão do processo (Pereira, Shitsuka, Parreira, & Shitsuka, 2018).

### 2.1 Coleta e preparação do material

Foram utilizadas folhas de *Tapirira obtusa* coletadas de 13 matrizes encontradas em áreas de formação ripária, na região de Taboco, município de Corguinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. O material foi acondicionado em sacos de papel e transportado ao Laboratório de Pesquisa em Sistemas Ambientais e Biodiversidade, Universidade Anhanguera-Uniderp, Campus Agrárias, Campo Grande (20°26'20.64''S; 54°32'26.78''O), Mato Grosso do Sul, com uma exsicata montada e incorporada ao acervo do herbário da instituição.

### 2.2 Preparação do extrato etanólico

As folhas foram secas sobre bancada, em temperatura ambiente, fragmentadas e trituradas em moinho industrial. O extrato foi preparado utilizando 200 g do pó das folhas adicionado a 1000 mL de etanol (200 mg mL<sup>-1</sup>), permanecendo por 24 h em geladeira. Em sequência, a mistura foi submetida à banho de ultrassom, durante 30 minutos e posteriormente, filtração, seguindo os procedimentos descritos por Oliveira et al. (2011).

### 2.3 Análise fitoquímica

O extrato foi submetido ao rastreamento dos constituintes químicos seguindo os procedimentos de Matos (2009) e a leitura dos resultados, com base em Fontoura et al. (2015). Para a confirmação dos grupos químicos utilizou-se cromatografia

em camada fina (TLC), em cromatoplasmas de alumínio (Merck GF<sub>254</sub>), com indicador de fluorescência. Como padrão (Sigma<sup>®</sup>) para compostos fenólicos: ácido gálico, flavonoides: quercetina, pinocembrina e rutina e, cumarina: 1,2 benzopirona, todos em solução etanólica a 1%. O sistema de eluente foi hexano: diclorometano: metanol: acetato de etila: ácido fórmico (4: 1: 0,5: 0,5: 0,025), com visualização das bandas por irradiação com luz ultravioleta a 254 e 365 nm (VILBER LOURMA<sup>®</sup>, VOO-6168).

Como reveladores foram empregados o cloreto férrico (FeCl<sub>3</sub>) a 2% (compostos fenólicos), NP-PEG (flavonoides), reagente de Dragendorff (alcaloides), anisaldeído sulfúrico (terpenos), hidróxido de potássio a 10% (cumarinas), seguindo a metodologia descrita em Wagner e Bladt (2009). Para análise dos lípidios fenólicos, utilizou-se cloreto férrico e ferrocianeto de potássio a 0,1% (1:1) e, vanilina/HCl (10%) (Costa, Santos, Garruti, & Feitosa, 2000). A avaliação dos cromatogramas (compostos separados) foi realizada com base na cor natural das bandas, em relação aos padrões e após a revelação, com os reagentes específicos para cada grupo químico. Calculou-se os valores do fator de retenção (R<sub>f</sub>) das bandas desenvolvidas nos cromatogramas, em comparação com as bandas dos padrões.

#### 2.4 Espectro UV-vísivel

A varredura direta (Femto<sup>®</sup>, 800XI), na faixa de comprimento de onda de 200 a 800 nm, foi utilizada para confirmação dos grupos químicos característicos do extrato. As análises foram realizadas com três repetições e as bandas de absorção, em comparação com espectros de ultravioleta da literatura (Silverstein, Webster, Kiemle, & Bryce, 2014).

#### 2.5 Quantificação de compostos fenólicos e flavonoides

Os teores de compostos fenólicos foram determinados por espectrofotometria, utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu e curva padrão com ácido gálico (Vetec<sup>®</sup>) (10 a 350 mg mL<sup>-1</sup>). Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico 100g<sup>-1</sup> ( $Y = 1,067x - 0,004$  R<sup>2</sup> = 0,982). Os teores de flavonoides, avaliados pelo método do cloreto de alumínio e, como padrão, a quercetina (Sigma<sup>®</sup>) ( $Y = 0,0061x - 0,0633$  R<sup>2</sup> = 0,999) (Do et al. 2014).

#### 2.6 Determinação do pH, condutividade elétrica e sólidos solúveis

O pH, a condutância elétrica (CE) e os sólidos solúveis foram medidos para estimar a capacidade do extrato em atuar negativamente no experimento, conforme apontado por Oliveira, Ribeiro, Fontoura, & Matias (2013).

#### 2.7 Bioensaios em câmara de germinação

Nos testes em câmara (B.O.D.), foram utilizadas as temperaturas de 20 °C para sementes de alface e 25 °C para sementes de feijão e tomate. Foram vertidos 5 mL (germinação) e 10 mL (crescimento) do extrato nas concentrações de 25, 50, 100, 150 e 200 mg mL<sup>-1</sup>, alface e tomate e, 100 e 200 mg mL<sup>-1</sup>, feijão, além do controle (etanol), sobre duas folhas de papel germitest. As placas de Petri e caixas plásticas permaneceram sobre bancada para a evaporação do etanol, posteriormente receberam água destilada, na mesma proporção. Na germinação utilizou-se placas de Petri (7 cm de diâmetro) e quatro repetições de 25 sementes, com contagem a cada 24 h por 7 dias, sendo avaliadas a porcentagem de germinação e o vigor das sementes (tempo médio de germinação em dias – TMG, e índice de velocidade de germinação - IVG). No crescimento, caixas plásticas transparentes (11 x 3,5 cm de altura), com quatro repetições contendo 10 sementes pré-germinadas e ao final de 10 dias, feita a avaliação das plântulas. Os procedimentos foram baseados em Rizzi et al. (2016).

#### 2.8 Bioensaios em casa de vegetação

Os substratos foram preparados utilizando-se 950 g do substrato vermiculita e 50 g do pó das folhas (950/50) (5%); 900/100 (10%) e 800/200 (20%), além do controle, 100% vermiculita. Após a homogeneização, os substratos foram umedecidos

com água destilada no volume da solução equivalente a 2,5 vezes seu peso (Brasil, 2009) e distribuídos em bandejas de poliestireno expandido com 128 células. Quando necessário, os substratos eram novamente umedecidos. A semeadura foi feita utilizando-se 100 sementes de cada espécie-alvo e após 10 dias, as plântulas foram coletadas e medidas.

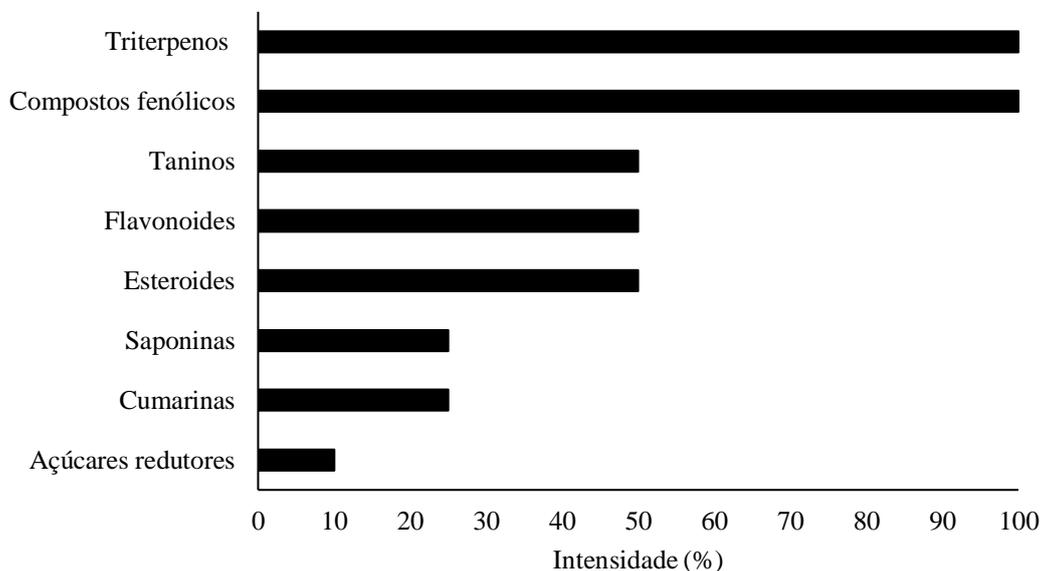
### 2.9 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em câmara de germinação e casa de vegetação. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software BioEstat 5.0 (Ayres, Ayres Júnior, Ayres, & Santos, 2007), com dados submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variâncias. Ocorreu a necessidade de transformação dos dados, de acordo com os testes de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos da ANOVA e de Levene para homogeneidade entre as variâncias, sendo apresentados os dados não transformados, para facilidade e compreensão dos resultados, com as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

## 3. Resultados e Discussão

A identificação dos aleloquímicos no extrato revelou uma diversidade de metabólitos secundários, com predominância de compostos fenólicos e triterpenos (100%), seguidos de grupos químicos de média (flavonoides e taninos) e baixa polaridade (esteroides) (50%). Com menor intensidade, cumarinas e saponinas (25%) e açúcares redutores (10%) (Figura 1).

**Figura 1.** Frequência (%) das classes de metabólitos secundários encontradas no extrato etanólico de folhas de *Tapirira obtusa* coletadas na região do Taboco, Mato Grosso do Sul, Brasil.



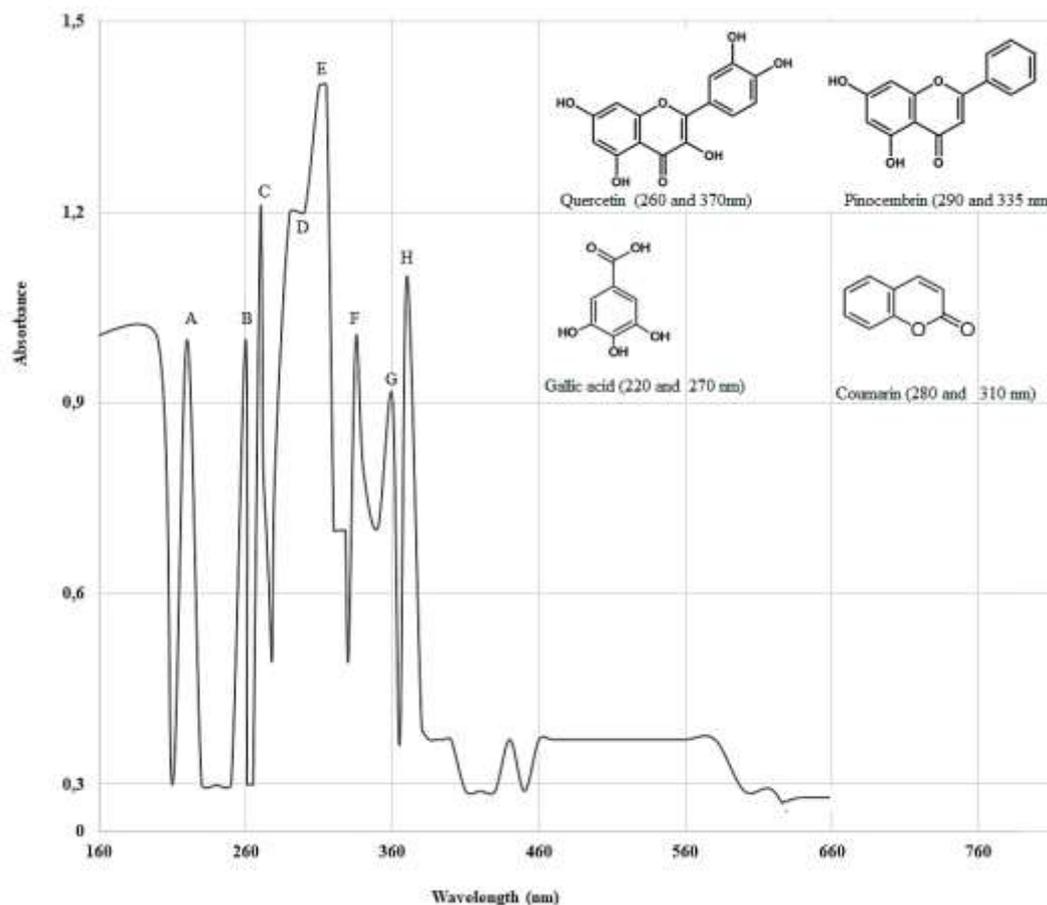
Fonte: Autores.

Complementando o rastreamento dos constituintes detectados, utilizou-se da cromatografia em camada delgada (CCD) e foi possível identificar quatro compostos, o ácido gálico (composto fenólico), os flavonoides quercetina e pinocebrina e a cumarina, com valores de referência ( $R_f$ ) de 0,2, 0,35, 0,85 e 0,8, respectivamente. Foi possível ainda detectar a presença dos alcaloides, com revelador específico, com valores de  $R_f$ 's entre 0,55 - 0,65.

As bandas características do ácido gálico, quercetina, pinocebrina e cumarina foram confirmadas, comparando os espectros de absorção UV-Vis (Figura 2) com dados da literatura. As bandas em 220 e 270 nm foram atribuídas ao ácido gálico

(Wang, Helliwell, & You, 2000).

**Figura 2.** Espectros eletrônicos ultravioleta - UV visível entre 200 e 800 nm de extrato etanólico das folhas de *Tapirira obtusa* coletadas na região de Taboco, Mato Grosso do Sul, Brasil.



Fonte: Autores.

Os flavonoides, em geral, exibem duas bandas de absorção no espectro UV visível. Em se tratando da quercetina, foi observado uma banda em 260 nm, referente a absorção do grupo benzoíla formada pelo anel A + B e uma segunda banda, em 370 nm, relativa ao sistema cinamoil (anel B + C), o que foi também relatado por Zsila, Bikádi, & Simonyi (2003), utilizando quercetina sintética. As bandas em 290 e 335 nm foram atribuídas a pinocembrina, descrita para esse flavonoide por Shain e Miller (1982). As bandas em 280 e 310 nm são características de cumarinas (Christie & Lui, 2000).

Posteriormente, os compostos fenólicos totais e flavonoides foram quantificados, obtendo-se  $222,9 \pm 2,5 \text{ mg g}^{-1}$  e  $126,9 \pm 0,1 \text{ mg g}^{-1}$ , respectivamente, demonstrando que essa planta é rica substâncias com potencial antioxidante, o que pode constituir uma fonte de desenvolvimento de novos produtos nutracêuticos, por exemplo.

Em relação aos efeitos das características físico-químicas dos extratos sobre a germinação, os valores obtidos de pH (faixa de  $5,7 \pm 0,1$ ), condutância elétrica ( $38,6 \pm 0,1 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) e teor de sólidos solúveis (1%) não são capazes de interferir na germinação, de acordo com Oliveira et al. (2013), Rizzi et al. (2016) e Oliveira et al. (2021). Com isto, é possível inferir que os efeitos dos extratos na germinação estão relacionados aos aleloquímicos evidenciados (Figuras 1 e 2).

O extrato interferiu diretamente no processo germinativo, a partir da menor concentração, alface e tomate, com as sementes de tomate demonstrando maior sensibilidade, com a morte de todos os embriões, nas maiores concentrações. Para o fedegoso, a concentração de  $200 \text{ mg mL}^{-1}$  resultou em menores taxas de germinação (Tabela 1). O vigor das sementes também

foi fortemente afetado, a partir das menores concentrações, atrasando o processo germinativo, sendo que as sementes de tomate novamente foram as mais prejudicadas.

**Tabela 1.** Germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de alface, tomate e fedegoso em câmara de germinação em diferentes concentrações de extratos (mg mL<sup>-1</sup>) das folhas de *Tapirira obtusa*.

Extrato	G (%)			IVG			TMG		
	Alface	Tomate	Fedegoso	Alface	Tomate	Fedegoso	Alface	Tomate	Fedegoso
0	98 a	99 a	99 a	47,4 a	18,6 a	84,2 a	2,1 a	5,5 a	1,4 a
25	93 b	30 b		43,2 a	4,8 b		2,3 a	6,3 b	
50	61 c	13 c		17,9 b	2,0 c		3,6 b	6,4 bc	
100	43 d	10 c	93 a	11,1 c	1,5 d	58,9 b	4,0 bc	6,8 c	2,0 b
150	30 e	0,0 d		7,4 d	0,0 e		4,2 c	0,0 d	
200	18 f	0,0 d	74 b	3,7 e	0,0 e	27,5 c	5,0 d	0,0 d	3,3 c

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade). Fonte: Autores.

É discutido por vários autores, como Ferreira (2004), que a taxa final de germinação normalmente é menos afetada, com os maiores efeitos sendo observados sobre o IVG, TMG e o crescimento das plântulas. Esta situação é relatada por Sartor et al. (2009) trabalhando com extratos de *Pinus taeda* L., Gusman, Yamagushi, & Vestena (2011), com *Bidens pilosa* L., *Cyperus rotundus* L. e *Euphorbia heterophylla* L. e, Oliveira et al. (2021), com *Norantea guianensis* Aubl..

Porém, na dependência da espécie utilizada, os efeitos podem ocorrer na germinação, como os relatados por Oliveira et al. (2013), com extratos de *Vochysia divergens* Pohl, e Rizzi et al. (2016), com *Vochysia haenkeana* (Spreng.) Mart., situação que pode estar relacionada as espécies utilizadas, aos aleloquímicos presentes nas estruturas vegetais e suas concentrações, além de outros fatores ambientais.

Os resultados obtidos demonstraram que a espécie *Tapirira obtusa* possui diversidade de metabolitos secundários com forte potencial alelopático, capazes de afetar o processo germinativo de diferentes maneiras. É conhecido que a família Anacardiaceae possui uma grande diversidade de fitoquímicos como, compostos fenólicos e catecólicos (ou a mistura destas substâncias, os lipídios fenólicos). Por este motivo, as espécies da família têm se mostrado bastante promissoras na busca de substâncias bioativas, com é o caso do gênero *Tapirira*, que se destacando pelo número de investigações relativas as atividades biológicas de seus extratos (Correia, David, & David, 2006).

As diferenças observadas, em relação aos efeitos dos extratos sobre as espécies-alvo, são relacionadas ao fato de que a tolerância ou resistência aos aleloquímicos é mais ou menos específica, com espécies mais sensíveis que outras. A maior sensibilidade do tomate já foi relatada por Rizzi et al. (2016) e Oliveira et al. (2021), que explicam que este fator estaria relacionado a uma maior sensibilidade das Solanaceae frente aos metabolitos secundários presentes, em relação as Asteraceae, situação provavelmente associada a processos bioquímicos e fisiológicos distintos de grupos taxonômicos diferentes. Os resultados obtidos por este trabalho, avaliando *Tapirira obtusa*, confirmam tal informação e se tornam importantes, pois, demonstram que determinadas espécies daninhas podem ser mais afetadas pelos aleloquímicos, o que pode permitir a utilização de moléculas específicas para a formulação de bio-herbicidas, para seu controle em particular.

O crescimento das plântulas das espécies-alvo também foi negativamente afetado pela presença dos aleloquímicos, em câmara de germinação e casa de vegetação, em diferentes intensidades, a partir das menores concentrações, indicando o forte efeito das concentrações utilizadas. Porém, ao contrário da germinação, em que o tomate foi a espécie mais afetada, no

crescimento, as maiores reduções do sistema radicular e parte aérea foram obtidas com a alface. Lima e Moraes (2008), utilizando extratos de folhas de *Ipomoea fistulosa* Mart. também relataram que o desenvolvimento da alface foi mais afetado que do tomate, resultado similar ao encontrado por este trabalho, novamente indicando a possibilidade da busca por determinados grupos químicos, que possam afetar apenas determinadas famílias ou gêneros indesejados.

Em relação ao controle, a redução no desenvolvimento das plântulas da alface, na maior concentração, atingiu 78,4% (raiz) e 50% (caule) em câmara de germinação, e 87,2% (raiz) e 58,6% (caule) em casa de vegetação. O tomate, 63,4% (raiz) e 47,8% (caule) em câmara de germinação, e 68,7% (raiz) e 46,4% (caule) em casa de vegetação. O fedegoso, 43,9% (raiz) e 25,2% (caule) em câmara de germinação, e 71,6% (raiz) e 19,4% (caule) em casa de vegetação (Tabelas 2 e 3).

**Tabela 2.** Raízes e caules (mm) de plântulas de alface, tomate e fedegoso mantidas em câmara de germinação submetidas a diferentes concentrações de extratos ( $\text{mg mL}^{-1}$ ) de folhas de *Tapirira obtusa*.

Extrato	Alface		Tomate		Fedegoso	
	Raiz	Caule	Raiz	Caule	Raiz	Caule
0	12,5 a	4,8 a	19,5 a	13,6 a	18,0 a	28,2 a
25	10,2 b	3,3 b	12,1 b	11,8 b		
50	5,5 c	3,8 b	9,9 b	11,2 bc		
100	3,5 d	3,6 b	10,1 b	10,2 cd	12,1 b	21,0 b
150	2,8 e	2,3 c	10,3 b	9,4 d		
200	2,7 e	2,4 c	7,1 c	7,1 e	10,1 c	21,1 b

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Um resultado que chama a atenção é que o maior efeito dos extratos e substratos ocorreu no sistema radicular, que apresentou, para todas as espécies, maior redução no seu desenvolvimento, em relação a parte aérea. Este maior efeito está relacionado a questão que esta estrutura está em contato direto com os aleloquímicos, absorvendo primeiro os metabólitos e provavelmente, acumulando maior quantidade. Pesquisa de Rizzi et al. (2016) e Oliveira et al. (2021) também indicaram que o sistema radicular foi o mais afetado, em plântulas de alface e tomate, quando da utilização dos extratos e substratos. Torquato et al. (2020) avaliando extratos de folhas de *Senna cearenses* Afr. Fern. sobre o crescimento de plântula de alface também encontraram menor desenvolvimento do sistema radicular, em comparação com a parte aérea.

**Tabela 3.** Raízes e caules (mm) de plântulas de alface, tomate e fedegoso mantidas em casa de vegetação e submetidas ao substrato com pó de folhas de *Tapirira obtusa*.

%	Alface		Tomate		Fedegoso	
	Raiz	Caule	Raiz	Caule	Raiz	Caule
0	34,3 a	22,0 a	57,2 a	44,4 a	59,5 a	44,9 a
5	18,1 b	18,5 b	53,3 a	45,0 a	48,5 b	36,9 b
10	11,0 c	14,1 c	34,6 b	32,8 b	35,1 c	35,1 b
20	4,4 d	9,1 d	17,9 c	23,8 c	16,9 d	36,2 b

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Os dados revelam que, mesmo em condições de cultivo em casa de vegetação, onde as condições ambientais são variáveis, como a presença de radiação ultravioleta, infravermelha e microrganismos, reagindo com os aleloquímicos, podendo oxidar e alterar a estrutura química dos aleloquímicos, ocorreu forte efeito alelopático. Estes resultados contrariam Almeida et

al. (2008), que relatam que seria esperado um menor efeito devido aos fatores ambientais, com os compostos sofrendo processos de degradação, alterando seu modo de ação.

À medida que as concentrações dos extratos e substratos aumentavam, ocorria maior efeito negativo nas plântulas, provavelmente devido a uma maior presença dos metabolitos. Trabalhos de Malheiros et al. (2014), com *Lafoensia pacari* A. ST.-Hil., Rizzi et al. (2016) com *Vochysia haenkeana*, Coelho et al. (2021) com *Aeschynomene fluminensis* Vell. e Oliveira et al. (2021) com *Norantea guianensis*, demonstram este padrão.

Desta maneira, o forte efeito dos extratos e substratos obtidos de folhas de *Tapirira obtusa* sobre as espécies-alvo, permite sugerir seu potencial de utilização, no controle de espécies indesejadas. Souza Filho, Vasconcelos, Zoghbi, & Cunha (2009), Malheiros et al. (2014) e Oliveira et al. (2021) escrevem que as espécies possuem diferentes níveis de sensibilidade, em presença dos metabólitos secundários, com os aleloquímicos podendo atuar de forma diferenciada, dependendo da espécie, da concentração e do limite de resposta da planta receptora. Porém quando ocorre a ação, tal situação indicaria que a espécie testada poderia ser uma alternativa para a diminuição no uso de herbicidas sintéticos, de maior custo e efeitos ambientais negativos.

#### 4. Conclusão

O rastreamento dos aleloquímicos em folhas de *Tapirira obtusa* revelou a predominância de compostos fenólicos e triterpenos, seguidos de grupos químicos de média (flavonoides e taninos) e baixa polaridade (esteroides). O extrato interferiu diretamente na germinação e vigor das sementes e no crescimento das plântulas, em câmara de germinação e casa de vegetação, em diferentes intensidades. Os resultados obtidos indicam efeito dos extratos e substratos sobre as espécies-alvo, alface, tomate e fedegoso, indicando o potencial de utilização da espécie na obtenção de moléculas de interesse comercial.

Levando-se em consideração os resultados obtidos, que indicam o potencial de uso da espécie para a obtenção de bio-herbicidas, sugere-se como trabalhos futuros, o isolamento dos metabólitos secundários encontrados e testes em campo, demonstrando a aplicabilidade das moléculas identificadas.

#### Agradecimentos

À CAPES pela bolsa de mestrado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas de produtividade em pesquisa (PQ1 e 2), concedidas. E o apoio financeiro do CNPq e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) e a Universidade Anhanguera-Uniderp pelo financiamento do projeto.

#### Referências

- Almeida, G. D., Zucoloto, M., Zetun, M. C., Coelho, I. & Sobreir, F. M. (2008). Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 61 (1), 4237-4247.
- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D. L. & Santos, A. A. (2007). *BioEstat*: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. (5a ed.) Ong. Mamiraua.
- Botrel, R. T., Rodrigues, L. A., Gomes, L. J., Carvalho, D. A. & Fontes, M. A. L. (2006). Uso da vegetação nativa pela população local no município de Ingaí, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 20 (1), 143-156.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). *Regras para análise de sementes*. Brasília: MAPA/Secretaria de Defesa Agropecuária.
- Christie, R. M. & Lui, C. H. (2000). *Studies of fluorescent dyes: part 2*. An investigation of the synthesis and electronic spectral properties of substituted 3-(2'-benzimidazolyl) coumarins. *Dyes and Pigments*, 47 (1-2), 79-89.
- Coelho, L. E., Oliveira, S. M., Souza, L. A. & Pastorini, L. H. (2021). Efeito fitotóxico de *Aeschynomene fluminensis* Vell. sobre o crescimento inicial de plantas invasoras e cultivadas. *Research, Society and Development*, 10 (2), e37110212551.
- Correia, S. J., David, J. M., David, J. P., Chai, H. B., Pezzuto, J. M. & Cordell, G. A. (2001). Alkyl phenols and derivatives from *Tapirira obtusa*. *Phytochemistry*, 56 (7), 781-784.

- Correia, S. J., David, J. P. & David, J. M. (2006). Metabólitos secundários de espécies de Anacardiaceae. *Química Nova*, 29 (6), 1287-1300.
- Costa, T. D. S. A., Santos, J. R., Garruti, D. D. S. & Feitosa, T. (2000). Caracterização, por cromatografia em camada delgada, dos compostos fenólicos presentes em pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.). *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 18 (1), 129-137.
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S. & Ju, Y. H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22 (3), 296-302.
- Duke, S. O. (2010) Allelopathy: current status of research and future of the discipline: a commentary. *Allelopathy Journal*, 25 (1), 17-30.
- Ferreira, A. G. Interferência: competição e alelopatia. (2004). In: Ferreira, A. G. & Borguetti, F. (Eds.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed. 252-262.
- Fontoura, F. M., Matias, R., Ludwig, J., Oliveira, A. K. M., Bono, J. A. M., Martins, P. F. R. B., Corsino, J. & Guedes, N. M. R. (2015). Seasonal effects and antifungal activity from bark chemical constituents of *Sterculia apetala* (Malvaceae) at Pantanal of Miranda, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Acta Amazonica*, 45 (3), 283-292.
- Forzza, R. C. (Org.). (2010). *Catálogo das Plantas e Fungos do Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. .
- Gusman, G. A., Yamagushi, M. Q. & Vestena, S. (2011). Potencial alelopático de extratos aquosos de *Bidens pilosa* L., *Cyperus rotundus* L. e *Euphorbiaheterophylla* L. *Iheringia*, 66 (1), 87-98.
- Latif, S., Chiapusio, G. & Weston, L. A. (2017). Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defence. *Advances in Botanical Research*, 82, 19-54.
- Lima, J. D. & Moraes, W. S. (2008). Potencial alelopático de *Ipomoea fistulosa* sobre a germinação de alface e tomate. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30 (3), 409-413.
- Lorenzi, H. (2020). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. (8a ed.). Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- Lorenzi, H. & Matos, F. J. A. (2008). *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas*. (2a ed.). Instituto Plantarum.
- Malheiros, R. S. P., Santana, F. S., Linhares Neto, M. V., Mapeli, A. M. & Machado, L. L. (2014). Atividade alelopática de extratos de *Lafoensia pacari* A. ST. –HLL. sobre *Lactuca sativa* L. e *Zea mays* L. em condições de laboratório. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 9 (1), 185-194.
- Matias, R., Oliveira, A. M. O., Pereira, K. C. L., Rizzi, E. S. (2018). Potencial alelopático do extrato etanólico de *Anacardium humile* (cajuzinho-do-cerrado) na germinação e formação de plântulas de alface, tomate e fedegoso. *Gaia Scientia*, 12 (2), 144-160.
- Matos, F. J. A. (2009). Introdução a fitoquímica experimental. (3a ed.). Edições Universidade Federal do Ceará.
- Nunes, G. L., Paulert, R., Bido, G. S. & Zonetti, P. C. (2019). Potencial de extratos foliares de *Schinus terebinthifolia* Raddi para a redução da germinação de plantas daninhas. *Journal of Agronomic Sciences*, 8 (1), 136-144.
- Oliveira, A. K. M., Ribeiro, J. W. F., Fontoura, F. M. & Matias, R. (2013). Leaf extract effects of *Vochysia divergens* on lettuce and tomato. *Allelopathy Journal*, 31 (1), 129-138.
- Oliveira, A. K. M., Ribeiro, J. W. F., Matias, R., Gusmão, D. H. & Pereira, K. C. L. (2011). Potencial alelopático de folhas frescas de bacupari (*Rheedia brasiliensis* (Mart.) Planch. & Triana) na germinação de alface. *Revista Brasileira de Biociências*, 9 (4), 550-553.
- Oliveira, A. K. M., Matias, R., Pereira, K. C. L., Rizzi, E. S. & Muller, J. A. I. (2021). Allelopathic potential and chemical characterisation of ‘flor-de-papagaio’ bark (*Norantea guianensis*). *Anales de Biología*, 43, 53-63.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM.
- Rizzi, E. S., Pereira, K. C. L., Abreu, C. A. A., Silva, B. C. F. L., Fernandes, R. M., Oliveira, A. K. M. & Matias, R. (2016). Allelopathic potential and phytochemistry of cambarazinho (*Vochysia haenkeana* (Spreng.) Mart.) leaves in the germination and development of lettuce and tomato. *Bioscience Journal*, 32 (1), 98-107.
- Sartor, L. R., Adami, P. F., Chini, N., Martin, T. N., Marchese, J. A. & Soares, A. B. (2009). Alelopatia de acículas de *Pinus taeda* na germinação e no desenvolvimento de plântulas de *Avena strigosa*. *Ciência Rural*, 39 (6), 1653-1659.
- Shain, L. & Miller, J. B. (1982). Pinocembrin: an antifungal compound secreted by leaf glands of eastern cottonwood. *Phytopathology*, 72 (7), 877-880.
- Silva Júnior, M. C. & Pereira, B. A. S. (2009). *100 Árvores do Cerrado – Matas de Galeria: guia de campo*. Brasília: Editora Rede de Sementes do Cerrado.
- Silva, E. R., Overbeck, G. E. & Soares, G. L. G. (2017). Something old, something new in allelopathy review: what grassland ecosystems tell us. *Chemoecology*, 27 (6), 217-231.
- Silverstein, R. M., Webster, F. X., Kiemle, D. J. & Bryce, D. L. (2014). *Spectrometric identification of organic compounds*. (8a ed.). Nova Jersey: John Wiley & Sons.
- Souza, V. F. O., Bandeira, A. S., Ribeiro, M. D. S., Santos, J. J. F., Santos, G. L., Silva, R. A., Maracajá, P. B. & Costa, J. E. (2020). Use of herbal medicines in curing animal diseases in the Paraibano Semiárid. *Research, Society and Development*, 9 (7), e261974040.
- Souza Filho, A. P. S., Vasconcelos, M. A. M., Zoghbi, M. G. B. & Cunha, R. L. (2009). Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC. e *Pogostemon heyneanus* Benth sobre plantas daninhas. *Acta Amazonica*, 39 (2), 389-396.
- Swiech, J. N. D., Folquitto, D. G., Bobek, V. B., Urban, A. M., Betim, F. C. M., Oliveira, L. F., Pereira, C. B., Merino, F. J. Z., Dias, J. F. G., Silva, R. Z., Farago,

P. V., Miguel, M. D. & Miguel, O. G. (2021). Estudo fitotóxico e enzimático de *Philodendron meridionale* em sementes de *Lactuca sativa* L. *Research, Society and Development*, 10 (1), e5610111336.

Torquato, I. H. S., Costa, N. C., Pereira, K. S., Campos, N. B., Oliveira, A. A., Generino, M. E. M., Bezerra, J. W. A., Santos, M. A. F., Souza, J. D., Boligon, A. A. & Silva, M. A. P. (2020). Composição polifenólica e potencial alelopático de *Senna cearensis* Afr. Fern. (Fabaceae). *Research, Society and Development*, 9 (8), e577986207, 2020.

Wang, H., Helliwell, K. & You, X. (2000). Isocratic elution system for the determination of catechins, caffeine and gallic acid in green tea using HPLC. *Food Chemistry*, 68 (1), 115-121.

Wagner, H. & Bladt, S. (2009). *Plant Drug Analysis: a thin layer chromatography atlas*. (2a ed.), Springer.

Willis, R. J. (2010). *The history of allelopathy*. Springer-Verlag.

Zsila, F., Bikádi, Z. & Simonyi, M. (2003). Probing the binding of the flavonoid, quercetin to human serum albumin by circular dichroism, electronic absorption spectroscopy and molecular modelling methods. *Biochemical Pharmacology*, 65 (3), 447-456.