

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Jeniffer Cristina Souza Silva

Avaliação do potencial citogenotóxico do extrato de *Tecoma stans*
(Bignoniaceae): uma espécie ornamental, invasora e com ação alelopática.

Juiz de Fora

2025

Jeniffer Cristina Souza Silva

Avaliação do potencial citogenotóxico do extrato de *Tecoma stans*
(Bignoniaceae): uma espécie ornamental, invasora e com ação alelopática.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de
ciências biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora,
como requisito parcial à obtenção do título de Bacharela em
Ciências Biológicas.

Orientador: Saulo Marçal de Sousa

Juiz de Fora

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

SILVA, Jeniffer Cristina Souza Silva .

Avaliação do potencial citogenotóxico do extrato de *Tecoma stans* (Bignoniaceae) : uma espécie ornamental, invasora e com ação alelopática. / Jeniffer Cristina Souza Silva SILVA. -- 2025.
40 p.

Orientador: Saulo Marçal de Sousa Sousa
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas, 2025.

1. Alelopatia . 2. Ipê de jardim . 3. Ciclo celular . I. Sousa, Saulo Marçal de Sousa , orient. II. Título.

Jeniffer Cristina Souza Silva

Avaliação do potencial citogenotóxico do extrato de *Tecoma stans*
(Bignoniaceae): uma espécie ornamental, invasora e com ação alelopática.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de
ciências biológicas da Universidade Federal de Juiz de
Fora, como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharela em Ciências Biológicas.

Aprovada em 19 de março de 2025.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Saulo Marçal de Sousa - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Me. Juliana Tatiara da Costa Siqueira
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. José Marcello Salabert de Campos
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho a minha família e amigos que me incentivaram e me deram forças para continuar tornando essa jornada mais leve.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua infinita bondade, por me guiar e sustentar ao longo dessa jornada;

Agradeço a minha mãe por sempre ter acreditado em mim e me incentivado de todas as formas a continuar;

A minha irmã que foi meu consolo nos momentos de dificuldade e sempre esteve ao meu lado;

Ao meu irmão pelo companheirismo e apoio inestimável no início dessa caminhada;

Ao meu namorado pelo apoio, pelas conversas e por acreditar no meu potencial;

A todos os meus familiares e amigos pelos conselhos e ajuda;

Ao professor Saulo pela orientação, paciência e ensinamentos ao longo dessa jornada;

Ao pessoal do Laboratório de Genética da Universidade Federal de Juiz de Fora, pelo apoio, incentivo e pelos momentos valiosos compartilhados;

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

Alelopatia é o efeito benéfico ou danoso que uma planta pode exercer sobre outra por meio da liberação de aleloquímicos. A espécie *Tecoma stans* (Bignoniaceae), endêmica do México e introduzida no Brasil, apresenta alta produção de sementes, comportamento invasor agressivo e relevante potencial alelopático. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar como diferentes concentrações do extrato aquoso das folhas, flores e frutos de *T. stans* afetam a germinação, o desenvolvimento radicular e aéreo, o ciclo celular e a estabilidade numérica e estrutural dos cromossomos de *Lactuca sativa*. Foram coletadas folhas, flores e frutos de *T. stans* no Campus da UFJF, a partir dos quais se obteve um extrato aquoso bruto, utilizando-se 100 g de material vegetal diluídos em 1 L de água destilada. A partir desse extrato foram preparadas diluições para obtenção das concentrações de 75%, 50% e 25%, sendo a água destilada utilizada como controle. O experimento foi delineado de forma inteiramente casualizada, com quatro concentrações e três repetições, em placas de Petri contendo 50 sementes sobre papel umedecido com as respectivas soluções, para cada parte da planta analisada. A cada 18 horas, durante 72 horas, foram avaliados o percentual de germinação e os comprimentos das radículas e dos hipocótilos. As lâminas citológicas foram preparadas pelo método do esmagamento e coradas com Giemsa a 5%, sendo analisadas por microscopia, com três lâminas por repetição. Foram contabilizados o ciclo celular, alterações cromossômicas e o índice de morte celular. As médias foram calculadas para cada concentração e para o controle, e os dados submetidos à análise de variância, com comparação das médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os resultados demonstraram que, para todas as partes da planta analisada, houve redução significativa na taxa de germinação, no crescimento radicular e no desenvolvimento do hipocótilo. O extrato das folhas promoveu redução significativa no índice de morte celular. Já o extrato das flores aumentou a taxa de divisão mitótica, além de apresentar alterações cromossômicas significativas e maior quantidade de células mortas. O extrato dos frutos também elevou o índice mitótico e a ocorrência de alterações cromossômicas. Todos os extratos demonstraram potencial alelopático e citotóxico, sendo que os extratos das flores e dos frutos apresentaram, adicionalmente, potencial genotóxico.

Palavras chaves: alelopatia; ipê-de-jardim; ciclo celular.

ABSTRACT

Allelopathy refers to the beneficial or harmful effect that one plant can exert on another through the release of allelochemicals. The species *Tecoma stans* (Bignoniaceae), endemic to Mexico and introduced in Brazil, exhibits high seed production, aggressive invasive behavior, and relevant allelopathic potential. In this context, the present study aimed to evaluate how different concentrations of aqueous extracts from the leaves, flowers, and fruits of *T. stans* affect germination, root and shoot development, the cell cycle, and the numerical and structural stability of chromosomes in *Lactuca sativa*. Leaves, flowers, and fruits of *T. stans* were collected on the UFJF campus, and a crude aqueous extract was obtained by diluting 100 g of plant material in 1 L of distilled water. From this extract, dilutions were made to obtain concentrations of 75%, 50%, and 25%, with distilled water used as the control. The experiment followed a completely randomized design, with four concentrations and three replicates, using Petri dishes containing 50 seeds placed on moistened paper with the respective solutions for each plant part analyzed. Every 18 hours over a period of 72 hours, germination percentage and the lengths of the radicles and hypocotyls were measured. Cytological slides were prepared using the squashing method and stained with 5% Giemsa, with three slides analyzed per replicate under a microscope. The cell cycle, chromosomal alterations, and cell death index were recorded. Means were calculated for each concentration and the control, and data were subjected to analysis of variance, with mean comparisons performed using Tukey's test ($p < 0.05$). The results showed that, for all parts of the plant analyzed, there was a significant reduction in germination rate, root growth, and hypocotyl development. The leaf extract caused a significant reduction in the cell death index. The flower extract increased mitotic activity and showed significant chromosomal alterations and a higher number of dead cells. The fruit extract also increased the mitotic index and chromosomal alterations. All extracts demonstrated allelopathic and cytotoxic potential, while the flower and fruit extracts additionally showed genotoxic potential.

Keywords: allelopathy; ipê-de-jardim; cell cycle.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Índice mitótico de meristemas radiculares de *Lactuca sativa* expostos a diferentes concentrações de extrato aquoso de folha, flor e fruto de *Tecoma stans*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)29
- Figura 2** - Aberrações cromossômicas em meristemas radiculares de *Lactuca sativa* expostos a diferentes concentrações de extrato aquoso de folha, flor e fruto de *Tecoma stans*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).....30
- Figura 3** - Representação das Irregularidades: (A) metáfase stickness; (B) c-metáfase; (C) ponte cromossômica; (D) metáfase com fragmento; (E) células mortas; (F) Ponte anafásica.....31
- Figura 4** - Morte celular em meristemas radiculares de *Lactuca sativa* expostos a diferentes concentrações de extrato aquoso de folha, flor e fruto de *Tecoma stans*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).....32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média de sementes de *Lactuca sativa* germinadas após 18, 36, 54 e 72 h de exposição ao extrato aquoso da folha *Tecoma stans*

.....23

Tabela 2 - Médias do crescimento radicular (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos da folha de *Tecoma stans*

.....23

Tabela 3 - Médias do crescimento do hipocótilo (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos da folha de *Tecoma*

stans.....24

Tabela 4 - Média de sementes de *Lactuca sativa* germinadas após 18, 36, 54 e 72 h de exposição ao extrato aquoso da flor de *Tecoma stans*.....25

Tabela 5 - Médias do crescimento radicular (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos da flor de *Tecoma stans*

.....25

Tabela 6 - Médias do crescimento do hipocótilo (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos da flor de *Tecoma stans*.....26

Tabela 7 - Média de sementes de *Lactuca sativa* germinadas após 18, 36, 54 e 72 h de exposição ao extrato aquoso do fruto de *Tecoma stans*

.....27

Tabela 8 - Médias do crescimento radicular (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos do fruto de *Tecoma*

stans.....27

Tabela 9 - Médias do crescimento do hipocótilo (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos do fruto de *Tecoma*

stans.....28

LISTA DE ABREVIATURAS

IM Índice mitótico

mm Milímetro

g Gramas

L Litro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Alelopatia	16
2.2 Tecoma stans (L.) Juss. ex KUNTH (Bignoniaceae).....	17
2.3 Potencial alelopático de Tecoma stans	18
2.4 Fitotoxicidade, citotoxicidade e genotoxicidade	19
3 OBJETIVO.....	20
3 METODOLOGIA.....	20
3.1 Coleta do material biológico	20
3.2 Preparo do extrato	21
3.3 Teste de germinação	21
3.4 Análise citogenética	21
3.4 Análise dos Dados	22
4 RESULTADOS.....	22
4.1 Teste de fitotoxicidade	22
4.2 Análise do ciclo celular, aberrações cromossômicas e índice de morte celular. 28	28
5 DISCUSSÃO.....	32
6 Conclusão.....	35

1 INTRODUÇÃO

O estudo da alelopatia vem se tornando um campo emergente e de grande relevância, principalmente, para estudos ecológicos e agrícolas. A alelopatia se refere a interação entre plantas, entre microrganismos e entre plantas e microrganismos, mediada por uma diversidade de substâncias químicas, comumente denominadas alelopatinas, aleloquímicos ou compostos alelopáticos (PIRES et al., 2013). Nas plantas esses aleloquímicos podem estar presentes em vários órgãos, em quantidade e composição distintas (SOUZA FILHO et al, 2002).

Esses compostos naturais possibilitam, por exemplo, a descoberta de herbicidas ambientalmente seguros, sendo essa uma possível solução para o controle de ervas daninhas que são prejudiciais à agricultura (SOLTYS et al., 2013). Desta forma, torna-se necessário conhecer espécies com potencial alelopático e a forma como seus aleloquímicos atuam no desenvolvimento de outras plantas. Aliado a isso, é essencial também analisar o potencial citogenético e genotóxico, uma vez que os aleloquímicos são capazes de afetar os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, causando mudanças na microestrutura das células (CHENG E CHENG 2015).

A espécie *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth (Bignoniaceae) endêmica do México e introduzida no Brasil, possui alta produção de sementes, agressivo comportamento invasor e relevante potencial alelopático (BHAT 2017). Está amplamente distribuída pelos estados brasileiros, causando diversas problemáticas em áreas degradadas, invadindo pastagens e áreas de mata, e consequentemente, prejudicando espécies nativas e diminuindo a biodiversidade (DA SILVA et al., 2008).

Nesse contexto, Cipriani et al., 2014 buscando avaliar o potencial alelopático desta espécie, testaram o efeito do extrato aquoso de suas folhas sobre a germinação e o desenvolvimento radicular de *Lactuca sativa* L. (alface), *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos (ipê) e *Medicago sativa* L. (alfafa). Os autores observaram que o extrato causou forte inibição na germinação das sementes de alface e reduziu significativamente o desenvolvimento radicular das plântulas, com uma diminuição de 75% para alface e 30% para alfafa. Embora o ipê não tenha apresentado alterações na germinação nem no crescimento radicular, todas as espécies analisadas mostraram redução na velocidade de germinação. Além disso, observaram-se

alterações micromorfológicas no ápice radicular das plântulas de alface, indicando possíveis efeitos citotóxicos do extrato.

Do mesmo modo, GARCIA et al., 2022, com o objetivo de avaliar o potencial alelopático de *T. stans*, testaram o extrato aquoso das folhas desta espécie sobre a germinação e o crescimento inicial de alface e de três espécies nativas, a canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub), o angico (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan) e o angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan). Os autores perceberam que as concentrações mais altas do extrato aquoso de *T. stans* inibiram a germinação dessas espécies assim como influenciou negativamente seu crescimento inicial. Silva (2025) avaliou a composição química e os potenciais efeitos alelopáticos do extrato aquoso e etanólico de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) e Ipê de jardim (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth.) na germinação de sementes de *Allium cepa*. A autora observou que as principais classes de metabólitos encontrados nos extratos foram os ácidos fenólicos e flavonoides. Já na avaliação alelopática percebeu-se que os dois tipos de extratos de ipê apresentaram atividade alelopática. Além disso, em menores concentrações, o extrato aquoso de bacuri e ipê estimularam a germinação das sementes de cebola, enquanto nas maiores concentrações houve uma redução desta variável.

Embora existam estudos analisando o potencial alelopático de *T. stans*, a maioria se limita a observar a taxa de germinação e o desenvolvimento radicular, entretanto, os aleloquímicos podem interferir em outros processos vegetais, como na divisão e alongamento celular, na síntese orgânica, nas interações entre hormônios, na atividade enzimática, nos mecanismos respiratórios, na fotossíntese, na resposta estomática, no conteúdo de clorofila, na absorção de nutrientes e outros (XU et al., 2023). Desta forma, torna-se interessante estudos que busquem avaliar os processos citados anteriormente para o entendimento dos mecanismos relacionados à alelopatia e de plantas com potencial alelopático em geral, inclusive *T. stans*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Alelopatia

O termo "alelopatia" tem origem nas palavras gregas *Allelon*, que significa "mútuo", e *Pathos*, que significa "prejuízo", foi introduzido por Molisch em 1937. Pode ser entendido como qualquer efeito, seja direto ou indireto, que uma planta pode exercer sobre outra, incluindo microrganismos, por meio da liberação de substâncias químicas no ambiente (RICE, 1984).

As substâncias alelopáticas são consideradas metabólitos secundários, classificadas em 5 classes principais: alcaloides, terpenoides, esteroides, acetogeninas e fenilpropanoides. (SOUZA FILHO et al, 2002). Esses metabólitos são importantes para a ecologia das plantas, sendo usados contra ação de microrganismos, vírus, patógenos ou predadores, ao longo da sua evolução seja inibindo a ação destes ou estimulando o crescimento da espécie vegetal (WALLER,1999).

A liberação desses compostos no ambiente pode se dar através de diversos mecanismos: volatização, comum em plantas aromáticas com potencial alelopático; exsudação radicular, na qual as substâncias sintetizadas pelas plantas são liberadas através das raízes vivas; lixiviação, em que a ação da chuva, neblina ou orvalho gera a remoção de substâncias químicas das plantas vivas ou mortas; e decomposição de resíduos, processo no qual ocorre a liberação de compostos químicos para o solo através do processo de decomposição (SOUZA FILHO et al, 2002).

Segundo Cheng e Cheng (2015) os aleloquímicos são capazes de afetar os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, causando mudanças na microestrutura das células. O extrato de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf) por exemplo, reduziu a atividade mitótica, induziu alterações cromossômicas e corpos apoptóticos, atrasou a germinação e inibiu o crescimento radicular de *Lactuca sativa* (SOUZA et al, 2010). Em relação a inibição da divisão e alongamento, SILVA et al., (2012) descobriram em seu experimento que as concentrações elevadas dos extratos alcoólicos de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) apresentou ação inibitória sobre o crescimento e desenvolvimento inicial de alface (*Lactuca sativa* L.).

Além disso, os aleloquímicos têm a capacidade de modificar os níveis de reguladores de crescimento nas plantas ou provocar desequilíbrios em diferentes fitohormônios. Essas alterações podem prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, refletindo-se, por exemplo, na germinação das sementes e no crescimento das plântulas (CHENG e CHENG, 2015).

As substâncias alelopáticas podem ser encontradas em todas as partes das plantas, nas folhas, caules, rizomas, raízes, frutos, inflorescências, cascas e sementes em quantidade e composição distintas (SOUZA FILHO et al, 2002). A localização dessas substâncias está relacionada com facilidade de liberação para o meio ambiente e a função que desempenha na planta, sendo capaz de causar alterações nos seus efeitos.

A alelopatia apresenta diversas aplicações práticas, na agricultura, manejo florestal para controlar espécies invasoras, controle biológico de pragas e patógenos, em sistemas agroflorestais, no paisagismo, além do uso na criação de compostos naturais, como fungicidas e herbicidas com menor impacto ambiental (WESTON, 2005; RICE, 2012; FERREIRA & AQUILA, 2000; MALLIK, 2003; HIERRO & CALLAWAY, 2003; INDERJIT & DUKE, 2003; DUKE et al., 2002; SINGH et al., 2003).

2.2 *Tecoma stans* (L.) Juss. ex KUNTH (Bignoniaceae)

Tecoma stans (L.) é uma espécie pertencente à família Bignoniaceae, a qual engloba mais de 100 gêneros e 600 espécies. Originária do norte do México e do sul dos Estados Unidos, a espécie é considerada invasora em diversos países, incluindo Nicarágua, Indonésia, África do Sul, Argentina, Polinésia e Brasil (KRANZ e PASSINI, 1997; BREDOW et al., 2004).

Trata-se de um arbusto perene que pode atingir de 8 a 10 metros de altura, caracterizado por suas inflorescências vistosas, compostas por flores em formato de trombeta, de tonalidades amarelas brilhantes (SINGH et al., 2024).

A espécie foi introduzida no Brasil como planta ornamental. Devido ao seu agressivo comportamento invasor se espalhou pelo território podendo ser encontrada ocupando desde pastagens até áreas não agrícolas (DA SILVA et al., 2008). Fatores como alta capacidade de dispersar suas sementes, produção de flores e frutos

durante todo o ano em agro climas diversos permitindo produção de grandes quantidades de sementes, transporte de sementes pelo vento, crescimento rápido, tolerância a seca, adaptabilidade a diversos tipos de solos e resistência contribuem para seu potencial invasor (SINGH et al., 2024).

Segundo Bhat (2019) *T. stans* apresenta diversas aplicações terapêuticas e farmacológicas, como ação antioxidante, anti-inflamatória, efeito cardioprotetor, citotoxicidade, atividade antidiabética, antimicrobiana, antiespasmódica, atividade de cicatrização de feridas, ação antiproliferativa. Na medicina tradicional, Anand e Basavaraju (2021) afirmam que as diferentes partes das plantas são usadas para fins medicinais como reduzir a glicose no sangue, relaxante muscular suave, problemas digestivos, infecções por fungos, vermífugo, tônico, diurético e como remédio para picada de cobras.

2.3 Potencial alelopático de *Tecoma stans*

A atividade alelopática pode explicar o sucesso de espécies invasoras em colonizar grandes áreas de pastagens pois são capazes de inibir o crescimento e a germinação de espécies nativas, comprometendo seu estabelecimento no ambiente (ARAÚJO et al, 2017).

No Brasil, *T. stans* é considerada indesejável em várias regiões, principalmente no Sul do país, onde vem causando problemas em áreas de agricultura e pastagens (BIONDI et al.,2008). No Paraná a espécie é considerada como invasora nociva, sendo a entrada, cultivo e transporte de mudas e sementes proibidas (BIONDI et al., 2008). A presença desta espécie, principalmente, em áreas degradadas, abandonadas e fragmentadas que são favoráveis ao estabelecimento de espécies exóticas coloca em risco remanescentes florestais, gerando danos à biodiversidade, podendo levar até a extinção das espécies nativas (DA SILVA et al.,2008).

Estudos afirmam a hipótese que *T. stans* influencia o desenvolvimento de espécies através da liberação de compostos alelopáticos (CIPRIANI et al., 2014; GARCIA et al., 2022; SILVA, 2025) demonstrando o potencial alelopático desta espécie.

2.4 Fitotoxicidade, citotoxicidade e genotoxicidade

A fitotoxicidade está relacionada aos efeitos tóxicos que substâncias químicas podem causar nas plantas, afetando diretamente seu crescimento, desenvolvimento e produtividade. Os testes de fitotoxicidade são especialmente úteis em estudos de alelopatia, pois permitem identificar os efeitos biológicos de compostos secundários liberados por plantas sobre outras espécies vegetais (FERREIRA; AQUILA, 2000). Esses compostos podem interferir nos reguladores de crescimento ou causar desequilíbrios hormonais, o que pode inibir processos fisiológicos importantes, como a germinação de sementes e o crescimento de mudas (CHENG E CHENG 2015).

Como exemplo da aplicação dessa metodologia, Oliveira et al. (2024) avaliou o potencial alelopático de extratos aquosos de folhas de jurubeba (*Solanum paniculatum* L.) sobre a germinação e o crescimento inicial de alface (*Lactuca sativa* L.). Os resultados demonstraram que o aumento das concentrações dos extratos, tanto na forma macerada quanto decocto, causou inibição no percentual de germinação, além de reduzir significativamente o índice de velocidade de germinação, o comprimento da parte aérea e do sistema radicular. Essas evidências reforçam a eficácia dos testes de fitotoxicidade na identificação de compostos com atividade alelopática.

Citotoxicidade é a capacidade de elementos tóxicos, químicos, biológicos ou físicos, causarem prejuízos às células, não só impedindo sua multiplicação como também podendo causar sua morte (ÇELIK, 2018). A genotoxicidade é a capacidade de determinadas substâncias causarem alterações no material genético (DAMASIO, 2016). Para identificar os efeitos cito e genotóxicos, testes de germinação e crescimento, análise do índice mitótico, alterações cromossômicas e formação de micronúcleos são métodos eficientes que podem ser adotados (ÇELIK, 2009).

O índice mitótico (IM) se refere ao percentual de células em divisão durante o ciclo celular. O aumento desse índice em relação ao controle indica um aumento da divisão celular, o que gera uma proliferação desordenada das células que vem a se tornar prejudicial, enquanto valores menores que o controle estão relacionados com possíveis alterações no desenvolvimento (HOSHINA, 2002). Iganci et al. (2006) avaliou a taxa de germinação e o índice mitótico do extrato de 3 diferentes espécies de boldo (*Vernonia condensata*; *Plectrantus barbatus*; *Plectrantus amboinicus*) sobre

o desenvolvimento de *Allium cepa* para investigar seu potencial citotóxico. As diferentes espécies apresentaram influência sobre a germinação de alface em relação ao controle, além de induzir o aumento da divisão mitótica.

As alterações cromossômicas podem ocorrer de forma espontânea ou serem induzidas por agentes físicos e químicos, podendo ser estas alterações no número ou na estrutura dos cromossomos (LEME & MARIN-MORALES, 2009). Já os micronúcleos são formados a partir da exclusão de fragmentos e cromossomos perdidos que não foram incorporados ao núcleo durante o ciclo celular (FENECH, 2000). Diferentes concentrações do extrato aquoso de *Mimosa setosa* Benth Var. *paludosa* Benth Barn diminuiu o IM no modelo teste *Allium cepa* de acordo com o aumento das concentrações. Na concentração de 20 mg/mL houve ocorrência significativa de alterações cromossômicas (RODRIGUES, 2019).

Portanto, diversos estudos utilizam esses parâmetros genéticos e fisiológicos para detectar fitotoxicidade, citotoxicidade e genotoxicidade, sendo esses mecanismos eficazes para este fim.

3 OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar como as diferentes concentrações do extrato aquoso das folhas, flores e frutos de *T. stans* afetam a germinação, desenvolvimento radicular e aéreo, no ciclo celular e na estabilidade numérica e estrutural dos cromossomos de *Lactuca sativa*.

3 METODOLOGIA

3.1 Coleta do material biológico

Foram coletadas folhas, flores e frutos de *Tecoma stans* em diferentes pontos do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Após a coleta, o material vegetal foi levado para o Laboratório de Genética e Biotecnologia da UFJF, separados e sacos de papel e mantidos em uma estufa a 60 graus celsius e pesado até o peso se manter constante. Em seguida, o material seco foi triturado em um liquidificador.

3.2 Preparo do extrato

Foram preparados 1 extrato aquoso bruto a partir da mistura de 100g de cada um dos órgãos coletados (folhas, flores e frutos) triturados em 1L de água destilada para obter a concentração de 100%. Os recipientes contendo as misturas foram cobertos com papel alumínio e deixados em descanso por 24 horas. Após o tempo de extração, a partir dos extratos brutos foram obtidos extratos menos concentrados por meio de diluição em água destilada. Foram feitas diluições, obtendo as concentrações de 75, 50 e 25%. Como controle foi utilizada água destilada (ÇELIK e ALANSTURK (2007)).

3.3 Teste de germinação

No teste de germinação foi utilizado a espécie *Lactuca sativa* (alface) como modelo vegetal, conforme descrito por SOUSA et al. (2010). Os experimentos, foram realizados com cada uma das estruturas vegetativas, o delineamento foi inteiramente casualizado, contendo 4 concentrações (100, 75, 50 e 25%) com 3 repetições cada. Cada repetição constou de uma placa de petri, com 12 cm de diâmetro, contendo 50 sementes de *L. sativa* (alface americana) germinadas em papel filtro umedecido com cada uma das concentrações e extratos. Como controle, sementes de alface foram germinadas em água destilada. O período experimental teve duração de 72h. A cada 18h, foram analisados o percentual de germinação, o comprimento das radículas e do hipocótilo das sementes germinadas, utilizando um paquímetro digital.

3.4 Análise citogenética

Após 72h, em cada experimento, todas as sementes germinadas, tiveram suas raízes fixadas em uma solução contendo etanol e ácido acético (3:1 - v/v). Os meristemas fixados (24h), foram utilizados para a montagem de lâminas para análise do ciclo celular conforme Sousa et al. (2010). As lâminas foram montadas pelo método convencional de esmagamento dos meristemas em uma lâmina juntamente com uma gota de ácido acético a 45% e coberta por uma lamínula.

Imersas por 2 minutos no nitrogênio líquido, retirada a lamínula e coradas com Giemsa 5% (GUERRA E SOUZA, 2002). Em seguida, as lâminas foram analisadas em microscópio de luz Olympus BX 51 e o ciclo celular avaliado para cada concentração.

Para a determinação da taxa do ciclo celular (número de células em divisão/total de células), foram montadas 3 lâminas por repetição, sendo 9 lâminas por concentração, e contados 4 campos por lâmina. Possíveis aberrações cromossômicas como quebras, poliploidias, perdas cromossômicas, micronúcleos e pontes cromossômicas foram contadas e registradas a partir de uma câmera digital, Olympus CCD1300, acoplada ao microscópio.

3.4 Análise dos Dados

Foram analisadas as fases ciclo celular e o índice mitótico (IM) através da seguinte equação: $IM = (m/T)$. Sendo m = número de células em mitose; T = número total de células. Ao microscópio foram contadas alterações cromossômicas e células mortas. Para todas as análises foram calculadas médias. A partir daí foi obtida uma análise de variância (ANOVA) dos dados e para a comparação de médias foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$) usando o software Sisvar, sendo comparadas as médias das concentrações em relação ao controle.

4 RESULTADOS

4.1 Teste de fitotoxicidade

Através do teste de germinação foi possível observar que após 18 horas de exposição de *L. sativa* às diferentes concentrações do extrato aquoso das folhas de *T. stans* houve menos sementes germinadas na concentração de 25% em relação ao controle e inibição das maiores concentrações (50, 75 e 100%). Com 36 horas de exposição, às concentrações de 25, 50 e 75% apresentaram retardo significativo na taxa de germinação em relação ao controle. Após 54 horas de exposição, a concentração de 25% se igualou significativamente ao controle, e as demais concentrações mantiveram-se significativamente com menos sementes germinadas em relação ao controle. Ao final das 72 horas de exposição das sementes ao extrato da folha, as concentrações de 50 e 75% mantiveram-se significativamente diferentes em relação ao controle, enquanto não ocorreu germinação para a concentração de 100% (Tabela 1).

Tabela 1 - Média de sementes de *Lactuca sativa* germinadas após 18, 36, 54 e 72 h de exposição ao extrato aquoso da folha *Tecoma stans*

Concentrações	18 h	36 h	54 h	72 h
Controle	44,00 ± 3 ^a	50,00 ± 0,57 ^a	50,00 ± 0 ^a	50,00 ± 0 ^a
25%	13,66 ± 0,57 ^b	44,33 ± 1,52 ^b	45,33 ± 1,52 ^a	48,00 ± 4,00 ^a
50%	0 ^c	23,66 ± 4,04 ^c	36,33 ± 4,50 ^b	39,00 ± 3,60 ^b
75%	0 ^c	0,33 ± 0,57 ^d	3,00 ± 3,00 ^c	6,00 ± 1,73 ^c
100%	0 ^c	0 ^d	0 ^c	0 ^c

*Significativamente diferente do controle; Teste de Tukey $p < 0,05$.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Em relação ao crescimento radicular (Tabela 2) as sementes expostas aos diferentes extratos das folhas apresentaram crescimento reduzido significativo quando comparado com o controle ao longo das 72 horas de exposição.

Tabela 2 - Médias do crescimento radicular (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos da folha de *Tecoma stans*

Concentrações	18 h	36 h	54 h	72 h
Controle	2,03 ± 0,20 ^a	8,26 ± 1,25 ^a	14,4 ± 0,8 ^a	25,3 ± 4,85 ^a
25%	0,89 ± 0,06 ^b	3,23 ± 0,11 ^b	6,16 ± 0,15 ^b	6,50 ± 1,05 ^b
50%	0 ^b	1,70 ± 0,52 ^{bc}	4,73 ± 4,7 ^{bc}	6,76 ± 0,32 ^b
75%	0 ^b	0 ^c	2,43 ± 2,13 ^{cd}	4,50 ± 1,37 ^{bc}
100%	0 ^b	0 ^c	0 ^d	0 ^c

*Significativamente diferente do controle; Teste de Tukey $p < 0,05$.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

De maneira semelhante, o crescimento do hipocótilo (Tabela 3) também foi afetado pela exposição ao extrato da folha de *T. stans* ao final das 72 horas, o

crescimento reduziu significativamente em todas as concentrações testadas em relação ao controle, sendo o efeito mais acentuado para a concentração de 75%.

Tabela 3 - Médias do crescimento do hipocótilo (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos da folha de *Tecoma stans*

Concentrações	18 h	36 h	54 h	72 h
Controle	0,52 ± 0,03 ^a	0,69 ± 0,10 ^a	0,92 ± 0,03 ^a	1,08 ± 0,13 ^a
25%	0,26 ± 0,03 ^b	0,52 ± 0,08 ^b	0,78 ± 0,09 ^a	0,79 ± 0,07 ^b
50%	0 ^c	0,30 ± 0,02 ^c	0,71 ± 0,08 ^a	0,77 ± 0,01 ^b
75%	0 ^c	0,005 ± 0 ^d	0,18 ± 0,13 ^b	0,32 ± 0,15 ^c
100%	0 ^c	0 ^d	0 ^b	0 ^d

*Significativamente diferente do controle; Teste de Tukey $p < 0,05$.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Para o extrato da flor (Tabela 4), com 18 horas de exposição, houve menos sementes germinadas na concentração de 25% em relação ao controle e inibição das maiores concentrações (50, 75 e 100%). Com 36 horas de exposição a concentração de 25% apresentou média de germinação igual significativamente ao controle, a concentração de 50 e 75% tiveram germinação significativamente mais lenta em relação ao controle e a concentração de 100% se manteve inibida. Com 54 horas de exposição, a média de germinação das concentrações de 25 e 50% se igualaram significativamente ao controle. As sementes de alface expostas ao tratamento de 75% mantiveram-se diferentes significativamente do controle. Após 72 horas de exposição, a concentração de 25 e 50% do extrato da flor mantiveram-se igualadas ao controle, para a concentração de 100% não houve sementes germinadas.

Tabela 4 - Média de sementes de *Lactuca sativa* germinadas após 18, 36, 54 e 72 h de exposição ao extrato aquoso da flor de *Tecoma stans*

Concentrações	18 h	36 h	54 h	72 h
Controle	48,66 ± 2,30 ^a	50,00 ± 0,57 ^a	50,00 ± 0 ^a	50,00 ± 0 ^a
25%	36,66 ± 4,50 ^b	44,33 ± 1,52 ^a	45,33 ± 1,52 ^a	48,00 ± 4,00 ^a
50%	0 ^c	23,66 ± 4,04 ^b	36,33 ± 4,50 ^a	39,00 ± 3,60 ^a
75%	0 ^c	0,33 ± 0,57 ^c	3,00 ± 3,00 ^b	6,00 ± 1,73 ^b
100%	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c

*Significativamente diferente do controle; Teste de Tukey p<0,05.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

O crescimento radicular (Tabela 5) reduziu significativamente em todas as concentrações quando comparado ao controle, ao longo das 72 horas de exposição. Houve redução na média de crescimento radicular das sementes expostas ao extrato da flor nas concentrações de 50 e 75% no período de 54 horas para 72 horas.

Tabela 5 - Médias do crescimento radicular (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos da flor de *Tecoma stans*

Concentrações	18 h	36 h	54 h	72 h
Controle	1,69 ± 0,33 ^a	6,60 ± 0,21 ^a	14,91 ± 2,04 ^a	22,63 ± 1,44 ^a
25%	0,24 ± 0,02 ^b	1,47 ± 0,09 ^b	2,52 ± 0,79 ^b	3,70 ± 2,22 ^b
50%	0 ^b	0,91 ± 0,16 ^c	1,04 ± 0,18 ^b	0,67 ± 0,19 ^{bc}
75%	0 ^b	0 ^d	1,14 ± 0,12 ^b	0,65 ± 0,65 ^{bc}
100%	0 ^b	0 ^d	0 ^b	0 ^c

*Significativamente diferente do controle; Teste de Tukey p<0,05.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Para o crescimento aéreo (Tabela 6) foi observado redução do crescimento do hipocótilo significativo nas concentrações de 50 e 75% em relação ao controle ao final das 72 horas de exposição. Ocorreu redução da média de crescimento aéreo no período de 54 horas para 72 horas das sementes expostas à concentração de 75%.

Tabela 6 - Médias do crescimento do hipocótilo (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos da flor de *Tecoma stans*

Concentrações	18 h	36 h	54 h	72 h
Controle	1,07 ± 0,08 ^a	2,57 ± 0,08 ^a	3,30 ± 0,10 ^a	3,90 ± 0,10 ^a
25%	0,22 ± 0,06 ^b	1,47 ± 0,38 ^b	1,70 ± 0,01 ^b	3,13 ± 0,61 ^a
50%	0 ^c	0,87 ± 0,15 ^c	1,59 ± 0,16 ^b	1,67 ± 0,14 ^{bc}
75%	0 ^c	0 ^d	1,14 ± 0,12 ^c	0,68 ± 0,72 ^c
100%	0 ^c	0 ^d	0 ^d	0 ^b

*Significativamente diferente do controle; Teste de Tukey $p < 0,05$.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

O extrato do fruto (Tabela 7) apresentou número reduzido significativo de sementes germinadas em relação ao controle na concentração de 25%, para as demais concentrações não houve germinação nas primeiras 18 horas de exposição. Com 36 horas de exposição às concentrações de 25 e 50% apresentaram germinação lenta significativa em relação ao controle e as concentrações de 75 e 100% mantiveram-se inibidas. Após 54 horas de exposição, as sementes expostas às concentrações de 25 e 50% continuaram em atraso significativo em relação ao controle. Ao final das 72 horas de exposição a concentração de 25% igualou de forma significativa a média de germinação ao controle, a concentração de 50% manteve a média de germinação diferente significativamente ao controle e para as maiores concentrações (75 e 100%) nenhuma semente germinou.

Observando o crescimento radicular (Tabela 8) percebeu-se que houve redução significativa do crescimento inicial das sementes expostas a todas as concentrações testadas em relação ao controle ao longo das 72 horas de exposição.

Tabela 7 - Média de sementes de *Lactuca sativa* germinadas após 18, 36, 54 e 72 h de exposição ao extrato aquoso do fruto de *Tecoma stans*

Concentrações	18 h	36 h	54 h	72 h
Controle	41,33 ± 6,42 ^a	48,66 ± 2,30 ^a	50,00 ± 0 ^a	50,00 ± 0 ^a
25%	7,33 ± 3,51 ^b	44,33 ± 0,57 ^b	46,00 ± 1,73 ^b	47,33 ± 2,52 ^a
50%	0 ^b	0,33 ± 0,57 ^c	3,33 ± 4,16 ^c	8,66 ± 6,03 ^b
75%	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c
100%	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c

*Significativamente diferente do controle; Teste de Tukey p<0,05.

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 8 - Médias do crescimento radicular (mm) de *Lactuca sativa* após 18, 36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos do fruto de *Tecoma stans*

Concentrações	18 h	36 h	54 h	72 h
Controle	0,53 ± 0,04 ^a	6,71 ± 1,63 ^a	13,34 ± 1,94 ^a	20,41 ± 2,59 ^a
25%	0,22 ± 0,03 ^b	2,21 ± 0,25 ^b	1,83 ± 0,17 ^b	2,94 ± 0,24 ^b
50%	0 ^c	0,51 ± 0,88 ^b	1,07 ± 0,94 ^b	2,27 ± 0,14 ^b
75%	0 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b
100%	0 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b

*Significativamente diferente do controle; Teste de Tukey p<0,05.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Para o crescimento do hipocótilo (Tabela 9) ocorreu redução significativa desse parâmetro na concentração de 50% em relação ao controle ao final das 72 horas de exposição.

Tabela 9 - Médias do crescimento do hipocótilo (mm) de *Lactuca sativa* após 18,

36, 54 e 72 h de exposição aos extratos aquosos do fruto de *Tecoma stans*

Concentrações	18 h	36 h	54 h	72 h
Controle	0,44 ± 0,06 ^a	2,42 ± 0,28 ^a	2,55 ± 0,07 ^a	3,17 ± 0,04 ^a
25%	0 ^b	2,05 ± 0,03 ^{ab}	1,85 ± 0,19 ^{ab}	3,03 ± 0,15 ^a
50%	0 ^b	0,66 ± 1,14 ^{bc}	1,22 ± 1,07 ^{bc}	1,87 ± 0,22 ^b
75%	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c
100%	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c

*Significativamente diferente do controle; Teste de Tukey $p < 0,05$.

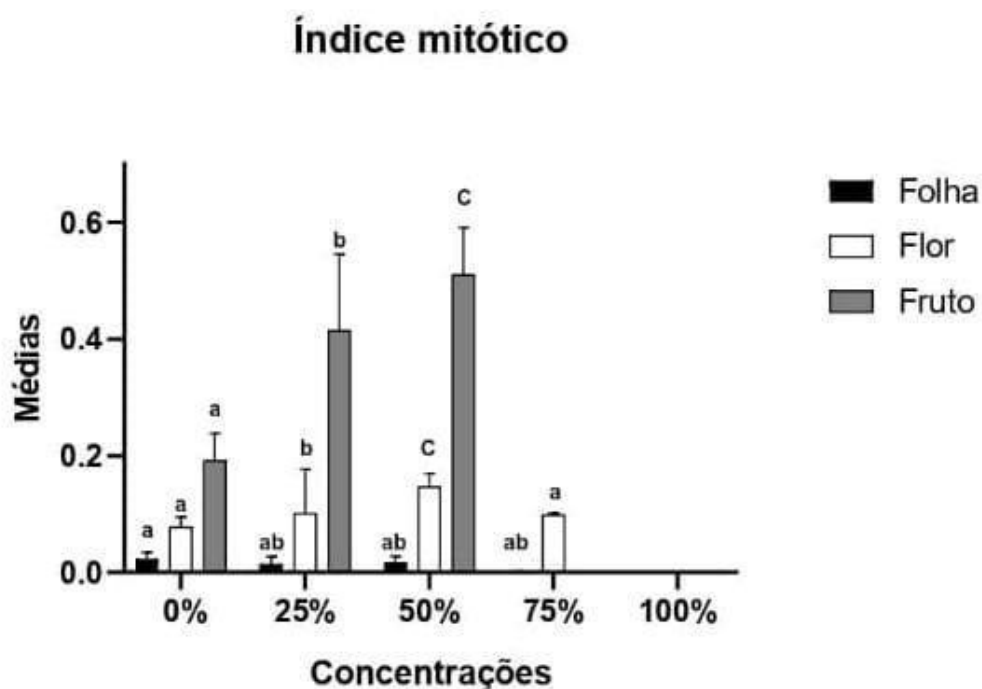
Fonte: Elaborado pela autora (2025)

4.2 Análise do ciclo celular, aberrações cromossômicas e índice de morte celular.

Em relação às análises citotóxicas, o extrato das folhas de *Tecoma stans*, em todas as concentrações testadas, não promoveu alterações significativas no índice mitótico das células meristemáticas da raiz de *L. sativa* quando comparado ao controle. Em contrapartida, o extrato da flor e do fruto apresentaram índice mitótico elevado significativamente nas células meristemáticas da raiz de *L. sativa* nas concentrações de 25 e 50% em relação ao tratamento testemunha (Figura 1).

Através da análise citológica observou-se uma taxa significativa de alterações cromossômicas nas células meristemáticas da raiz de *L. sativa* (Figura 2) na concentração de 25% do extrato do fruto e nas concentrações de 25 e 75% do extrato da flor em relação ao controle, sendo analisada a presença de pontes cromossômicas, quebras cromossômicas, aderência cromossômica, micronúcleo e c-metáfases (Figura 3). Para esse parâmetro, o extrato aquoso da folha não apresentou diferença significativa em relação ao controle.

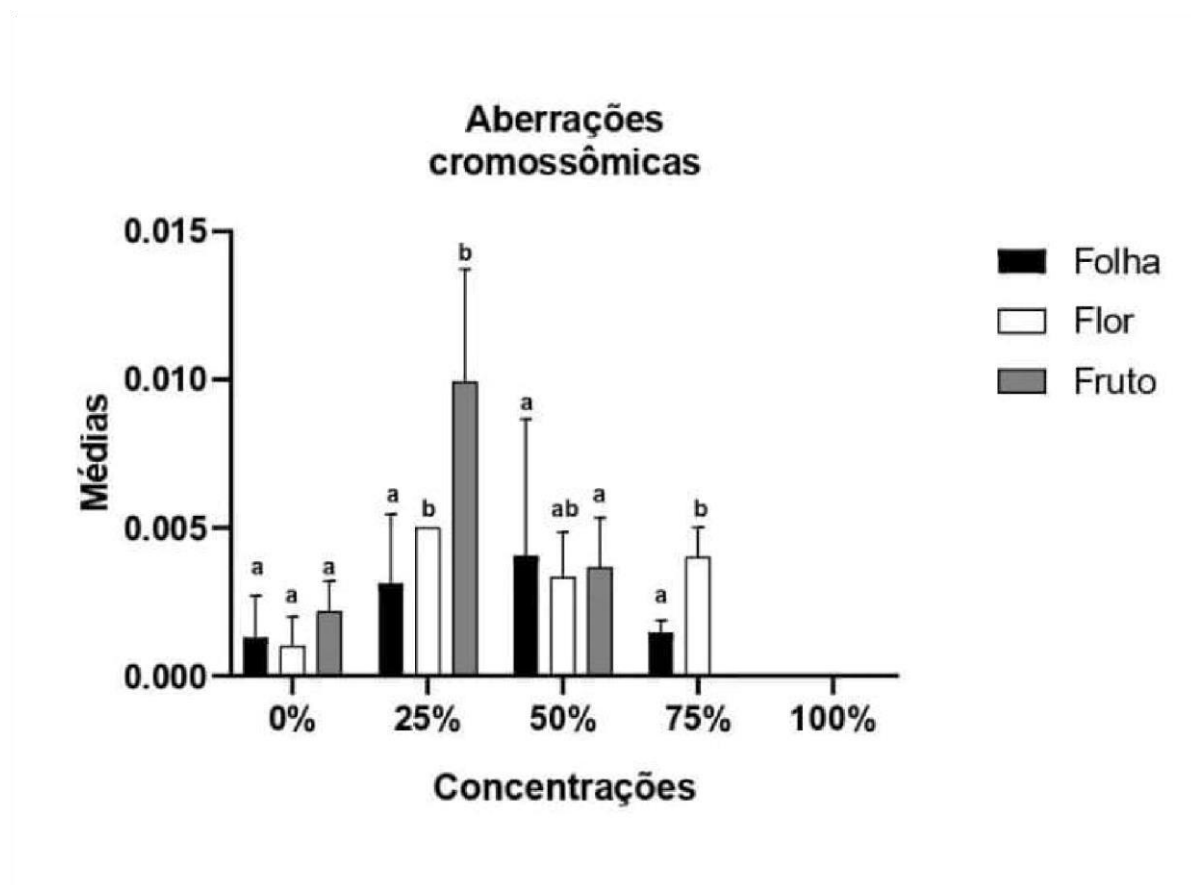
Figura 1 – Índice mitótico de meristemas radiculares de *Lactuca sativa* expostos a diferentes concentrações de extrato aquoso de folha, flor e fruto de *Tecoma stans*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Figura 2 – Aberrações cromossômicas em meristemas radiculares de *Lactuca sativa* expostos a diferentes concentrações de extrato aquoso de folha, flor e fruto de *Tecoma stans*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

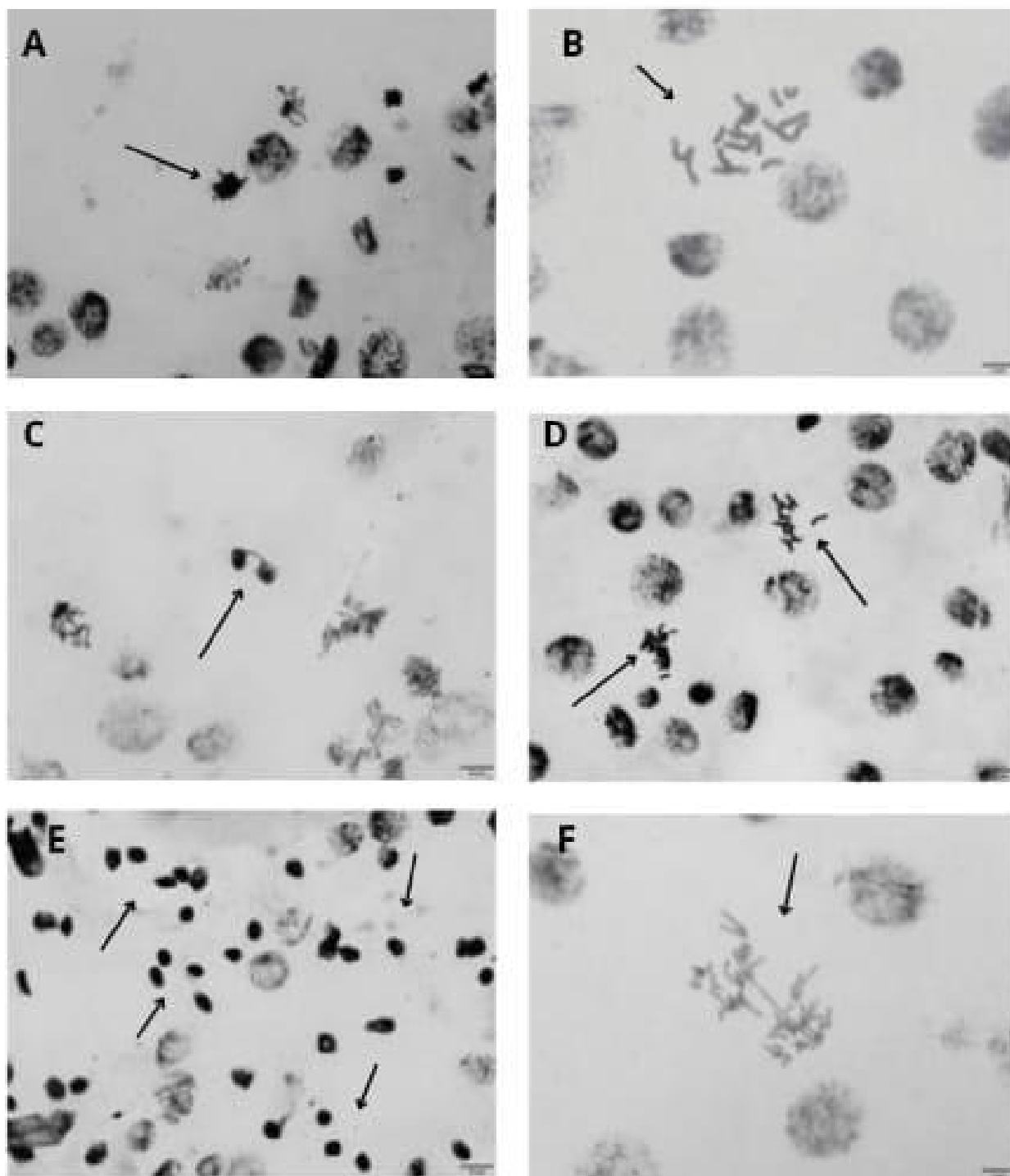
Fonte: Elaborado pela autora (2025)



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

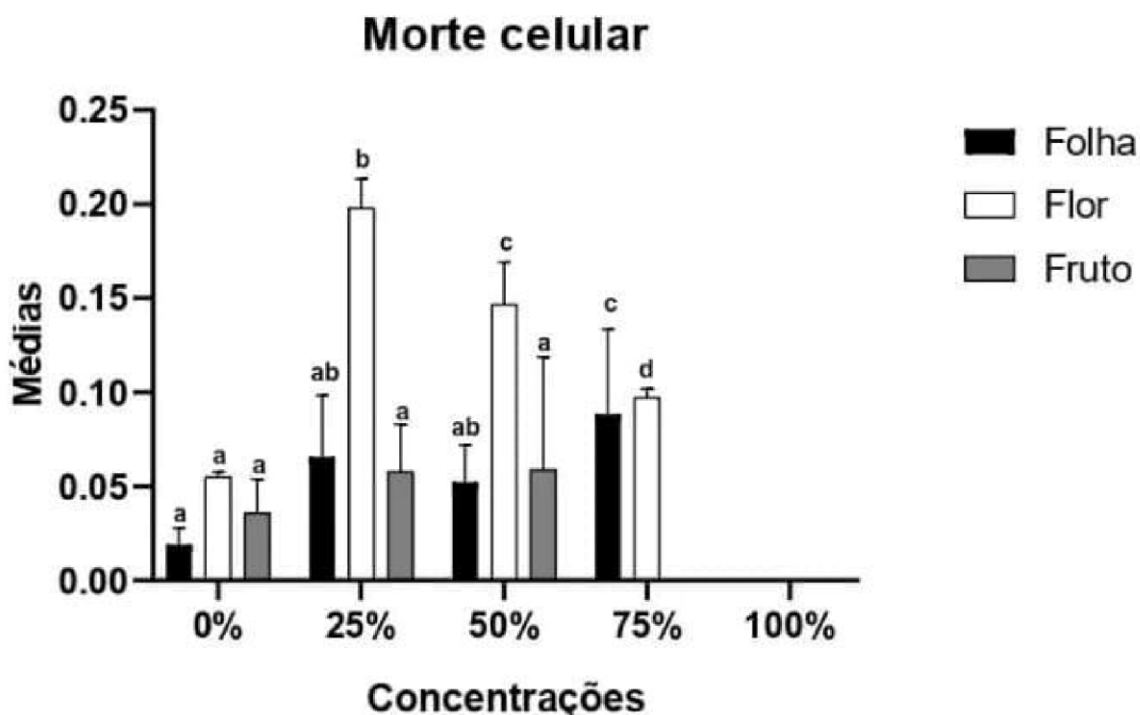
Junto a essas análises, observou-se presença significativa de células mortas (Figura 4) para a concentração 75% do extrato da folha e para todas as concentrações do extrato da flor. O extrato do fruto não apresentou diferença significativa para este parâmetro.

Figura 3 - Representação das Irregularidades: (A) metáfase stickness; (B) c-metáfase; (C) ponte cromossômica; (D) metáfase com fragmento; (E) células mortas; (F) Ponte anafásica.



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Figura 4 – Morte celular em meristemas radiculares de *Lactuca sativa* expostos a diferentes concentrações de extrato aquoso de folha, flor e fruto de *Tecoma stans*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

5 DISCUSSÃO

Os dados referentes à análise da taxa de germinação, para todos os extratos obtidos, reduziram significativamente a média de germinação nas maiores concentrações do extrato de *T. stans* sobre as sementes de *Lactuca sativa*, ao final das 72 horas de exposição. A espécie doadora apresentou potencialidades alelopáticas distintas de acordo com a parte da planta doadora.

Esses resultados assemelham-se aos de GATTI et al (2004), que observaram a diminuição significativa das taxas de germinação de sementes de *Lactuca sativa* nas maiores concentrações do extrato de caule, raiz e folha *Aristolochia esperanzae*, sendo o efeito inibitório mais acentuado no extrato da folha.

O efeito sobre a taxa de germinação observado pode ser um reflexo dos efeitos dos aleloquímicos nos diferentes processos fisiológicos das plantas (PIRES e OLIVEIRA, 2011).

Da mesma forma, o desenvolvimento radicular sofre influência dos aleloquímicos em ensaios de Fitotoxicidade, uma vez que são capazes de interferir em fatores como a divisão celular, ativação enzimática e na permeabilidade das membranas (CIPRIANI et al., 2014). Os dados de crescimento radicular e do hipocótilo observados, foram significativamente afetados pela ação inibitória do extrato de *T. stans* em relação ao controle para as três partes da planta analisadas, demonstrando o potencial alelopático inibitório no crescimento das plântulas.

Estudo realizado por Borella et al (2010) corrobora os resultados encontrados neste trabalho para o crescimento radicular, no qual todas as concentrações dos extratos das folhas secas, frescas e do fruto provocaram reduções significativas no comprimento radicular das plântulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*). No entanto, para o crescimento da parte aérea os autores não encontraram valores significativos para o extrato das folhas secas e do fruto, enquanto algumas concentrações do extrato das folhas frescas alteraram a parte aérea das plântulas de tomate.

Contrapondo o resultado encontrado neste trabalho, no qual o crescimento da parte aérea sofreu influência significativa dos extratos das três partes da planta testadas. Anese et al (2007) verificou que diferentes concentrações dos extratos aquosos das folhas e do caule de *Ateleia glazioviana* afeta de forma significativa tanto o comprimento radicular quanto o crescimento da parte aérea de alface (*Lactuca sativa* L.), assim como foi evidenciado neste estudo.

A redução na média observada para o crescimento radicular das sementes expostas ao extrato da flor nas concentrações de 50 e 75% entre os períodos de 54h e 72h, assim como para o crescimento aéreo das sementes expostas à concentração de 75% no mesmo intervalo, pode estar relacionada ao aumento no número de sementes germinadas nesse período. Isso porque a inclusão de sementes recém-germinadas, que naturalmente apresentam radícula e hipocótilo menores em comparação às aquelas que germinaram nos estágios iniciais do experimento, influencia diretamente na média dos tamanhos radicular e aéreo observados.

O crescimento radicular é fundamental para o sucesso do desenvolvimento de plântulas (CRUZ e ORTEGA et al, 1998) e segundo Alves e Santos (2002) o comprimento da raiz é o mais afetado pelos aleloquímicos, pois ocorre alteração no balanço hormonal, que geram resultados mais evidentes nas raízes devido a exposição direta a ação dos extratos ou então por causa da maior sensibilidade desse órgão em relação à parte aérea. Justificando assim, o maior efeito inibitório encontrado neste estudo sobre o crescimento radicular em relação ao do hipocótilo.

Em relação a análise do índice mitótico dos extratos da folha, flor e fruto observou-se variação nos índices de acordo com a parte da planta doadora. De acordo com Çelik (2018) os valores de índice mitótico podem evidenciar o potencial citotóxico de determinados compostos. Sendo os valores de IM menores que o controle são indicativos de que o crescimento e o desenvolvimento da planta alvo estão sendo afetados pelo composto avaliado. Enquanto valores de IM acima do controle são resultado do aumento da divisão mitótica, que pode se tratar de um evento prejudicial para as células, uma vez que pode gerar uma proliferação desregulada (HOSHINA, 2002).

Os extratos do fruto e da flor de *T. stans* causaram aumento significativo da divisão mitótica no ciclo celular de alface, assim como na taxa de aberrações cromossômicas. Esse aumento de proliferação celular se mostrou prejudicial ao desenvolvimento vegetal comprometendo o crescimento inicial e aéreo. Considerando que o alongamento radicular depende do processo de divisão normal da célula (MARTINS ROCHA, 2022), os resultados encontrados na análise de aberrações cromossômicas evidenciam que esse processo se deu de forma desregulada. Visto que a divisão celular mais intensa aumenta a possibilidade de ocorrência de erros cromossômicos devido a sobrecarga nos processos de reparo e controle do ciclo celular, ocasionando o aumento de aberrações cromossômicas, que por sua vez refletem a anormalidade na divisão durante o ciclo celular. Efeito estimulatório sobre a divisão celular e ocorrência de alterações cromossômicas também foram observados por Alencar et al (2016) para ambos os extratos testados de *Mangifera indica* L. sobre *Lactuca sativa*.

Ainda para o extrato da flor foram observadas presença significativa de células em apoptose, fenômeno que pode ocorrer nas plantas de forma programada em resposta a estresse bióticos e abióticos, com a exposição a aleloquímicos, que são

capazes de ativar vias bioquímicas que podem ocasionar à morte celular (SOARES et al., 2007). Influenciando também o crescimento e desenvolvimento da plântula.

Por outro lado, os extratos da folha apresentaram discreta redução do índice mitótico em algumas concentrações, porém sem significância estatística. Esse resultado sugere que os compostos aleloquímicos presentes nas folhas, nas concentrações testadas, não exercem atividade citotóxica significativa sobre células meristemáticas de alface. Tal efeito pode estar relacionado à menor concentração ou à baixa atividade de aleloquímicos nas folhas (SOUZA FILHO et al, 2002).

Junto a isso, foi observado aumento significativo do número de células mortas na concentração de 75% em relação ao controle, com um acréscimo de aproximadamente 77,2% na morte celular. Considerando que o índice mitótico não apresentou diferença significativa em relação ao controle, a inibição observada no crescimento radicular e da parte aérea pode estar mais associada ao aumento no índice de morte celular, especialmente em concentrações mais elevadas. Visto que a apoptose reduz o número de células disponíveis para divisão e alongamento, esse processo pode impactar diretamente o crescimento das estruturas vegetais, influenciando o desenvolvimento inicial da plântula.

A variação observada entre os resultados das diferentes partes de *T. stans* analisadas pode estar relacionada com o fato das substâncias aleloquímicas não serem específicas, possibilitando que uma mesma substância apresenta funções distintas, de acordo com sua concentração e composição química (CUCHIARA et al., 2017).

6 Conclusão

Diante dos resultados pode-se concluir que os extratos da folha, flor e fruto de *Tecoma stans* apresentam potencial alelopático sobre a germinação, desenvolvimento radicular e aéreo de *L. sativa*. Ambos os extratos apresentaram efeito citotóxico, seja interferindo no ciclo celular ou aumentando o índice de morte celular. Além disso, os extratos da flor e do fruto ainda foram capazes de induzir a

presença significativa de alterações cromossômicas, podendo ser considerados genotóxicos.

Os próximos passos do trabalho envolveram a realização de análises químicas e bioquímicas dos extratos, com o objetivo de identificar, quantificar e caracterizar compostos com potencial alelopático. Além disso, será conduzida uma análise de metilação para investigação de possíveis modificações epigenéticas causadas por extratos nas plantas-alvo. Essas etapas são essenciais para compreender os mecanismos de ação dos compostos alelopáticos e seus efeitos na regulação gênica.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, SR; SILVA, MAPA; MACÊDO, MS; RIBEIRO, DA; SANTOS, MAF; COSTA, NC. Efeito fitotóxico de *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) em diferentes horários de coleta. **Iheringia, Série Botânica** , v. 2, pág. 175–183, 2016.
- ANAND, Mukul; BASAVARAJU, R. Uma revisão sobre fitoquímica e usos farmacológicos de *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. **Revista de Etnofarmacologia**, v. 265, artigo. 113270, 2021.
- ANESE, S.; WANDSCHEER, AC; MARTINAZO, EG; PASTORINI, LH Atividade alelopática de *Ateleia glazioviana* Baill (timbó) sobre *Lactuca sativa* L. (alface). **Revista Brasileira de Biociências** , p. 147-149, 2007.
- ALVES, SM; SANTOS, LS Natureza química dos agentes alelopáticos. In: SOUZA FILHO, APS; ALVES, SM (organizador). **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais** . Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. p. 25-47.
- ARAÚJO, H. T. N.; BRITO, S. F.; PINHEIRO, C. L.; FILHO, S. M. A alelopatia aumenta o potencial invasor de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne.? **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, p. 1, 2017.
- BIONDI, D.; BREDOW, E. A.; LEAL, L. Influência do diâmetro de estacas no enraizamento de *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 277–281, 2008.
- BHAT, M. A. Estudo de revisão fitoquímica e corretiva sobre *Tecoma stans*. **SSRG International Journal of Agriculture and Environmental Science**, v. 6, n. 2, p. 40–46, 2019.
- BORELLA, JÚNIOR; TUR, C. M.; PASTORINI, L. H. Alelopatia de extratos aquosos de *Duranta* representa a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Lycopersicum esculentum*. **Biotemas**, Florianópolis, v. 2, p. 13–22, 2010.
- ÇELIK, TA; ASLANTÜRK, Os efeitos citotóxicos e genotóxicos de extratos aquosos de *Lavandula stoechas* . **Biologia** , v. 62, pág. 292–296, 2007.
- CIPRIANI, F. A.; KAPLAN, M. A. C.; ISAIAS, R. M. S.; SOARES, G. L. G. Avaliação da fitotoxicidade de *Tecoma stans* (L.) Kunth. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 1-10, 2014.

CHENG, F.; CHENG, Z. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy.

Frontiers in Plant Science, v. 06, 2015.

CRUZ ORTEGA, R.; ANAYA, A. L.; RAMOS, L. Efeitos de compostos alelopáticos do pólen de milho na respiração e divisão celular da melancia. **Journal of Chemical Ecology**, v. 14, p. 71–86, 1988.

CUCHIARA, C. C.; BORGES, C. de S.; SOPEZKI, M. da S.; SOUZA, S. A. M.; BOBROWSKI, V. L. Efeito antiproliferativo dos extratos aquosos de mamona (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 2, p. 639–641, 2007.

DA SILVA, J. A.; ESTEVES DA SILVEIRA REIS, T.; REIS, L. C. Análise da infestação do amarelinho (*Tecoma stans*) na zona rural do município de Bandeirantes - PR. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 83–91, 2008.

DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; ROMAGNI, J. G.; RIMANDO, A. M. Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. **Weed Research**, v. 40, n. 1, p. 99-111, 2002.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000.

ARCIA, M. L.; PASTORINI, L. H.; SOUZA, L. A. de. Efeito alelopático de *Tecoma stans*, na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* e de três espécies nativas da Bacia do Rio Pirapó-PR. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 10, n. 3, p. 1–10, 2022.

GATTI, A. B.; PEREZ, S. C. J. G. de A.; LIMA, M. I. S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 459–472, jul. 2004.

GUERRA, M.; SOUZA, M.J. **Como Observar Cromossomos: um guia de técnica em citogenética vegetal, animal e humana**. São Paulo, Funpec, 2002. 131p.

HARBORNE, J. B. Glicosídeos cianogênicos e sua função. In: WHITTAKER, R. H.; FEENY, P. (Eds.). **Ecologia Fitoquímica**. Londres: Academic Press, 1972. p. 104–123.

HIERRO, J. L.; CALLAWAY, R. M. Allelopathy and exotic plant invasion. **Plant and Soil**, v. 256, n. 1, p. 29–39, 2003.

HOSHINA, M. M. Evaluation of a possible contamination of the waters of the Claro River – municipality of Rio Claro, part of the Corumbataí River Basin, with the mutagenicity tests using *Allium cepa*. 2002. 52 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 2002.

IGANCI, JRV et al. **Efeito do extrato aquoso de diferentes espécies de boldo sobre a germinação e índice mitótico de *Allium cepa* L.** *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, v. 73, n. 1, pág. 79–82, 2006.

INDERJIT; DUKE, S. O. Ecophysiological aspects of allelopathy. **Planta**, v. 217, n. 4, p. 529–539, 2003.

KRANZ, W. M.; PASSINI, T. Amarelinho biologia e controle. **Informe da Pesquisa, Londrina**, v.17, n.121, p.1-19, 1997.

LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. Teste de *Allium cepa* em monitoramento ambiental: uma revisão sobre sua aplicação. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research**, v. 682, n. 1, p. 71–81, jul./ago. 2009.

MALLIK, A. U. Conifer regeneration problems in boreal and temperate forests with allelopathic impacts of ground vegetation. **Forestry**, v. 76, n. 1, p. 29-36, 2003.

OLIVEIRA, K. F. de. Atividade biológica e antioxidante do extrato de *Moringa oleifera*. 2024. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, 2024.

OLIVEIRA, T. C. de; CUCHI, G.; CARDOSO, E. dos S.; ROVEDA, A. P.; PEDRI, E. C. M. de; TIAGO, A. V.; FRANCISCO, B. G.; ROSSI, A. A. B. Allelopathic potential of *jurubeba* leaf aqueous extracts on *lettuce* germination and initial growth. **Revista Foco**, Curitiba (PR), v. 17, n. 4, e4775, p. 1–16, 2024.

PIRES, N. de M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In: OLIVEIRA JR., R. S. et al. (Org.). **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. p. 96–124.

PIRES, NM; OLIVEIRA, RS Alelopatia. In: VOLL, E.; LAZAROTTO, M.; GALON, L. (Orgs.). **Biologia de Plantas Daninhas**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 89-122.

RODRIGUES, M. dos S. Avaliação do potencial citotóxico e genotóxico de extratos vegetais. Orientadora: Magali Gonçalves Garcia. 2019. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Altamira, Altamira, 2019.

SOARES, A. M. dos S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, v. 1, p. 10, 2007.

SOLTYS, D.; KRASUSKA, U.; BOGATEK, R.; GNIAZDOWSKA, A. **Aleloquímicos como bioherbicidas** – Presente e perspectivas. IntechOpen, 2013.

SOUSA, S. M.; SILVA, P. S.; VICCINI, L. F. Citogenotoxicidade de extratos aquosos de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (capim-limão) em sistemas testes vegetais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 82, p. 305–311, jun. 2010

SILVA, A. C. A. Alelopatia e fitoquímica de extratos aquoso e etanólico de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) e ipê de jardim (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth.) na germinação de *Allium cepa* L. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, São Luís, 2025.

SILVA, J. E. N. da; SILVA, R. G. P. de O. e; FILHO, A. L. M.; SILVA, C. F. da C. Efeito alelopático de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC) sobre alface (*Lactuca sativa* L.). **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 8, n. 14, p. 423–433, 2012.

SINGH, S.; MILLER, C. T.; SINGH, P.; SHARMA, R.; RANA, N.; DHAKAD, A. K.; DUBEY, R. K. Uma revisão abrangente sobre ecologia, ciclo de vida e uso de *Tecoma stans* (Bignoniaceae). **Estudos Botânicos**, v. 65, n. 6, 2024

SINGH, H. P.; BATISH, D. R.; KOHLI, R. K. Allelopathic interactions and allelochemicals: new possibilities for sustainable weed management. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, n. 3-4, p. 239-311, 2003.

SOUZA FILHO, A. P. da S.; ALVES, S. de M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

RICE, E.L. **Allelopathy**. 2nd ed., New York, Academic Press, 1984.

RICE, E. L. **Allelopathy**. San Diego: Academic Press, 2012.

XU, Y.; CHEN, X.; KONG, C. H. Allelopathy and allelochemicals in grasslands and forests. **Forests**, v. 14, n. 3, p. 562, 2023.

WALLER, G.R.; FEUG, M.C. & FUJII, Y. Biochemical analysis of allelopathic compounds: plants, microorganisms, and soil secondary metabolites. In:INDERJIT; DAKSHINI, K.M.M. & FOY, C.L. (Eds.) **Principles and practices in plant ecology**. Boca Raton, CRC Press, 1999. p.75-98.

WESTON, L. A. History and current trends in the use of allelopathy for weed management. **HortTechnology**, v. 15, n. 3, p. 529-534, 2005.

