

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CONSERVAÇÃO E
MANEJO DE RECURSOS NATURAIS – NÍVEL MESTRADO

ANA LUISA MORO TAVEIRA

Fitotoxicidade dos extratos de *Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul.) L.P.Queiroz na
germinação, desenvolvimento e anatomia do milho (*Zea mays* L.)

CASCAVEL-PR
Março/2024

ANA LUISA MORO TAVEIRA

Fitotoxicidade dos extratos de *Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul.) L.P. Queiroz na
germinação, desenvolvimento e anatomia do milho (*Zea mays* L.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Conservação e Manejo de Recursos Naturais – Nível Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientadora: Shirley Martins Silva

Co-orientadora: Andréa Maria Teixeira Fortes

CASCATEL-PR

Março/2024

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central do Campus de Cascavel – Unioeste

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste

Moro Taveira , Ana Luisa

Fitotoxicidade dos extratos de *Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul.) L.P.Queiroz na germinação, desenvolvimento e anatomia do milho (*Zea mays* L.) / Ana Luisa Moro Taveira ; orientadora Shirley Martins Silva ; coorientadora Andréa Maria Teixeira Fortes. -- Cascavel, 2024.

48 p.

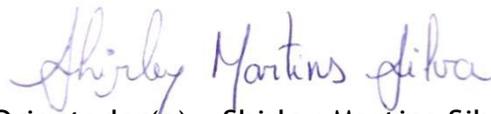
Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, 2024.

1. Fisiologia Vegetal. 2. Anatomia e Morfologia Vegetal .
I. Martins Silva , Shirley , orient. II. Teixeira Fortes,
Andréa Maria , coorient. III. Título.

ANA LUISA MORO TAVEIRA

Avaliação da fitotoxicidade dos extratos de *Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul.) L.P. Queiroz na germinação, desenvolvimento e anatomia do milho (*Zea mays* L.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, área de concentração Ciências Ambientais, linha de pesquisa Biodiversidade e valoração dos ambientes naturais, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Shirley Martins Silva

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Janaine Kunrath Hammes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Documento assinado digitalmente

GUILHERME DE ALMEIDA GARCIA RODRIGUES

Data: 08/04/2024 13:56:34-0300

CPF: ***.225.599.**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Guilherme de Almeida Garcia Rodrigues
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Cascavel, 25 de
março de 2024.

Defesa Realizada no Mestrado Conservação e Manejo de Recursos Naturais de forma remota.

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me abençoou e iluminou meus pensamentos durante minha jornada.

À minha orientadora Shirley Martins Silva por me receber em seu laboratório e me proporcionar a oportunidade de realizar meu mestrado, e por ter compartilhado todo o seu conhecimento, permitindo assim, o aprimoramento da minha prática com a área de Anatomia Vegetal.

À minha co-orientadora Andréa Maria Teixeira Fortes por me apresentar ao mundo da Fisiologia Vegetal e da pesquisa. Sua paciência e disponibilidade em me ajudar, seja qual for o horário, foram inestimáveis. Sou imensamente grata pela confiança, incentivo e carinho que demonstrou ao longo da minha jornada no LAFEV.

Aos Docentes do Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, que colaboraram para o meu aprimoramento científico e profissional.

Aos meus colegas de laboratório Guilherme, Bárbara, Izabely e Carol que nunca mediram esforços para me ajudar, estando ao meu lado em diversos momentos, e acabaram se tornando uma família. Às técnicas de laboratório Ivone Wichocki e Jaqueline Corsato, que sempre me socorreram durante diversas fases da pesquisa.

Agradeço a minha família por serem a minha base, pelo apoio e incentivo e pelo conforto e carinho quando as coisas não iam tão bem.

Enfim, agradeço a CAPES pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
CAPÍTULO 1.....	7
INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS	9
Preparação dos extratos.....	9
Teste de germinação do milho em laboratório.....	10
Desenvolvimento inicial do milho em laboratório	10
Delineamento experimental e análise estatística	10
RESULTADOS	10
DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES	13
REFERÊNCIAS	13
Anexo I	17
CAPÍTULO 2.....	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	24
Emergência em casa de vegetação.....	25
Desenvolvimento inicial em casa de vegetação	26
Análise enzimática peroxidase (POD)	26
Caracterização anatômica da raiz	27
Delineamento experimental e análise estatística	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
Emergência em casa de vegetação.....	27
Desenvolvimento inicial em casa de vegetação	28
Análise enzimática peroxidase (POD)	31
Caracterização anatômica da raiz	32
CONCLUSÕES	36
AGRADECIMENTOS	37
REFERÊNCIAS	37
Anexo II	42

RESUMO

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são alternativas sustentáveis de produção, por meio do consórcio de espécies arbóreas e culturas agrícolas, sendo importantes estudos que investiguem a viabilidade desses consórcios. Assim, nosso objetivo consistiu em analisar, em ambiente laboratorial, a atividade alelopática de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz na germinação e no desenvolvimento inicial do milho (*Zea mays* L.), bem como verificar a atividade alelopática das folhas da *L. ferrea* na emergência do milho, em condições de casa de vegetação. Além disso, foram analisados a atividade da enzima peroxidase e os aspectos anatômicos das raízes, com o intuito de verificar a possível associação dessas espécies em SAFs. Para avaliar o efeito alelopático na germinação do milho em laboratório, foram considerados parâmetros como: porcentagem, índice de velocidade, tempo médio e frequência de germinação das sementes de milho, expostas a diferentes proporções do extrato aquoso das folhas secas de *L. ferrea*. Quanto ao desenvolvimento inicial, foram analisados a massa seca e o comprimento médio de raízes e partes aéreas das plântulas de milho. Para o teste de emergência em casa de vegetação, os tratamentos foram compostos por diferentes proporções de cobertura do solo com pó de folhas secas de *L. ferrea*, coletadas aos 15, 30 e 45 dias, após a semeadura, sendo avaliados quanto a emergência: porcentagem, tempo médio e índice de velocidade. No teste de desenvolvimento inicial em casa de vegetação, foram utilizadas plântulas coletadas após 15 dias da semeadura, sendo avaliados a massa seca de parte aérea, massa seca de raiz, comprimento médio de parte aérea e comprimento médio de raiz. Além disso, foi quantificada a atividade da enzima peroxidase e a anatomia das raízes das plântulas coletadas nos diferentes períodos, visando avaliar o estresse oxidativo e possíveis danos estruturais nos tecidos radiculares. No laboratório, o extrato aquoso das folhas de *L. ferrea* não influenciou as variáveis de germinação do milho, porém, causou inibição do comprimento médio das raízes. Em casa de vegetação, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para as variáveis avaliadas na emergência e crescimento inicial das plântulas de milho. Houve uma diminuição da atividade da peroxidase nos tratamentos com o pó de folhas secas de *L. ferrea*, indicando, possivelmente, uma redução e controle dos radicais livres, o que amenizou o estresse e permitiu o desenvolvimento normal das plantas. A caracterização anatômica das raízes não revelou danos estruturais aparentes na presença dos aleloquímicos presentes no pó das folhas de *L. ferrea*. Apesar do efeito alelopático prejudicial observado em laboratório, o extrato não afetou o desenvolvimento das plântulas de milho em casa de vegetação. Sendo assim, sugerimos que o consórcio entre as espécies em Sistemas Agroflorestais é viável.

Palavras-chave: alelopatia, emergência, estresse oxidativo, enzimas antioxidantes, anatomia, Sistema agroflorestal.

ABSTRACT

Agroforestry Systems (SAFs) are sustainable production alternatives, through a consortium of tree species and agricultural crops, and studies that investigate the viability of these consortia are important. Thus, our objective was to analyze, in a laboratory environment, the allelopathic activity of *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz in the germination and initial development of corn (*Zea mays* L.), as well as verify the allelopathic activity of the leaves of *L. ferrea* in corn emergence, under greenhouse conditions. Furthermore, the activity of the peroxidase enzyme and the anatomical aspects of the roots were analyzed, with the aim of verifying the possible association of these species in SAFs. To evaluate the allelopathic effect on corn germination in the laboratory, parameters such as: percentage, speed index, average time and frequency of germination of corn seeds were considered, exposed to different proportions of the aqueous extract of dry leaves of *L. ferrea*. Regarding initial development, the dry mass and average length of roots and aerial parts of corn seedlings were analyzed. For the emergency test in a greenhouse, the treatments were composed of different proportions of soil coverage with dry *L. ferrea* leaf powder, collected at 15, 30 and 45 days, after sowing, being evaluated for emergence: percentage, average time and speed index. In the initial development test in a greenhouse, seedlings collected after 15 days of sowing were used, and the dry mass of the shoot, dry mass of the root, average length of the shoot and average length of the root were evaluated. Furthermore, the activity of the peroxidase enzyme and the anatomy of the roots of seedlings collected in different periods were quantified, aiming to evaluate oxidative stress and possible structural damage to root tissues. In the laboratory, the aqueous extract of *L. ferrea* leaves did not influence the corn germination variables, however, it caused inhibition of the average root length. In a greenhouse, no statistical differences were observed between treatments for the variables evaluated in the emergence and initial growth of corn seedlings. There was a decrease in peroxidase activity in treatments with dry *L. ferrea* leaf powder, possibly indicating a reduction and control of free radicals, which alleviated stress and allowed normal plant development. The anatomical characterization of the roots did not reveal apparent structural damage in the presence of allelochemicals present in the powder of *L. ferrea* leaves. Despite the harmful allelopathic effect observed in the laboratory, the extract did not affect the development of corn seedlings in the greenhouse. Therefore, we suggest that consortium between species in Agroforestry Systems is viable.

Keywords: allelopathy, emergence, oxidative stress, antioxidant enzymes, anatomy, Agroforestry system.

CAPÍTULO 1

GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO SUBMETIDO A
EXTRATOS DE FOLHAS SECAS DE *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz

O artigo segue as normas sugeridas pela
Revista Floresta ISSN 1982-4688.
Anexo I do capítulo 1.

Cascavel, 2024

GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO SUBMETIDO A EXTRATOS DE FOLHAS SECAS DE *Libidibia ferrea* (MART. EX TUL.) L.P.QUEIROZ

Resumo

As agroflorestas são alternativas de produção sustentável, porém, para o sucesso da produtividade, as espécies consorciadas não devem apresentar alelopatia negativa. O objetivo deste trabalho foi analisar a atividade alelopática de folhas secas de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz na germinação, frequência relativa e desenvolvimento inicial do milho (*Zea mays* L.), investigando a possibilidade de consórcio dessas espécies dentro de uma agrofloresta. Folhas secas de *L. ferrea* foram trituradas e em água destilada filtradas nas concentrações de 0, 2,5, 5, 7,5 e 10% p/v. As cinco concentrações foram utilizadas para os experimentos de germinação das sementes e de desenvolvimento inicial das plântulas de milho. Sementes e plântulas de milho foram colocadas em papel Germitest® e acondicionadas em câmara de germinação tipo BOD na temperatura de 25°C±2 e em fotoperíodo de 12 horas durante sete dias. As variáveis de porcentagem, tempo médio, índice de velocidade e frequência de germinação não foram afetadas pelos extratos de *L. ferrea* em nenhuma concentração testada. Já a variável comprimento médio de raiz do desenvolvimento inicial foi inibida. Em geral, os testes de germinação são menos sensíveis aos aleloquímicos, quando comparados aos de desenvolvimento das plântulas, principalmente com relação a raiz, o órgão com maior capacidade de absorção da planta. Os experimentos realizados sugerem que o consórcio entre *L. ferrea* e milho pode não ser viável em Sistemas Agroflorestais, servindo como estímulo para futuras investigações a campo ou em casas de vegetação.

Palavras-chave: agricultura familiar, alelopatia, sistemas agroflorestais, sustentabilidade.

*GERMINATION AND INICIAL DEVELOPMENT OF MAIZE SUBJECTED TO DRY LEAF EXTRACTS OF *Libidibia ferrea* (MART. EX TUL.) L.P.QUEIROZ*

Abstract

Agroforests are sustainable production alternatives, however, for productivity to be successful, the intercropped species must not present negative allelopathy. The objective of this work was to analyze the allelopathic activity of dry leaves of *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz on the germination, relative frequency and initial development of corn, investigating the possibility of consortium of these species within an agroforest. Dried leaves of *L. ferrea* were crushed and filtered in distilled water at concentrations of 0, 2.5, 5, 7.5 and 10% w/v. The five concentrations were used for the seed germination experiments and the initial development of corn seedlings. Corn seeds and seedlings were placed on Germitest® paper and placed in a BOD-type germination chamber at a temperature of 25°C±2 and a 12-hour photoperiod for 7 days. The variables of percentage, average time, germination speed index and frequency Germination rates were not significantly affected by *L. ferrea* extracts at any concentration tested. The variable average root length of initial development was inhibited. In general, germination tests are less sensitive to allelochemicals when compared to seedling development tests, especially in root tests, the organ with the greatest absorption capacity of the plant. The experiments carried out suggest that the consortium between *L. ferrea* and corn may not be viable in Agroforestry Systems, serving as a stimulus for future investigations in the field or in greenhouses.

Keywords: family farming, allelopathy, agroforestry systems, sustainability.

INTRODUÇÃO

A intensa utilização de insumos agrícolas traz riscos à saúde dos consumidores, trabalhadores rurais e ao meio ambiente, incluindo o uso indiscriminado desses produtos químicos até mesmo em terras indígenas (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018). Nesse sentido, os efeitos da exposição crônica aos agrotóxicos ou defensivos agrícolas vêm sendo estudados e, já se sabe que estão relacionados a doenças como Alzheimer, Parkinson e câncer (VASCONCELLOS et al., 2020). Ao avaliar esses riscos, Cembranel et al. (2017) observaram contaminação pelo inseticida organofosforado no lago localizado na cidade de Cascavel - PR, cidade que possui intensa atividade agrícola.

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são uma alternativa sustentável de produção agrícola, além de serem uma tradição milenar de práticas produtivas ao redor do mundo, implementados desde as comunidades tradicionais e sendo o sustento de aproximadamente um sexto da população mundial (MICCOLIS et al., 2016). Os SAFs constituem uma alternativa importante de produção sustentável, principalmente para os pequenos produtores, por meio do consórcio de espécies arbóreas nativas e culturas de importância agrícola, bem como espécies frutíferas, ornamentais e industriais, fortalecendo fatores ecossistêmicos, sociais e econômicos (NASCIMENTO et al., 2019; PADOVAN et al., 2022). Dentre as vantagens dos SAFs estão a recuperação de áreas degradadas e da fertilidade dos solos, conservação da biodiversidade, diminuição do desmatamento e da utilização de insumos agrícolas

(CIFLORESTAS, 2017). Outro ponto positivo é a obtenção de renda, devido a diversificação de produtos, pois são sistemas de produção que podem unir atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma só área produtiva (CAMARGO et al., 2019).

Existem diversas espécies vegetais inseridas nos SAFs, pertencentes à diferentes famílias botânicas e grupos sucessionais, ocasionando interações árvore-cultura, que podem ser prejudiciais ou benéficas, sendo que, o equilíbrio entre esses efeitos irá determinar o sucesso da produção desses sistemas (BASAVARAJU; GURURAJA, 2000). Visando conhecer as interações fisiológicas das plantas, Molisch em 1937, definiu a interação chamada de alelopatia, como à capacidade das plantas e microrganismos de produzir aleloquímicos que, quando liberados, podem interferir em outras plantas ao redor, estimulando ou prejudicando o crescimento e desenvolvimento (HARUN et al., 2014).

Libidibia ferrea Mart. ex Tul. L.P. Queiroz é uma espécie arbórea nativa, caducifólia, popularmente conhecida como pau-ferro. Pertence à família Fabaceae e é típica da Caatinga, ocorrendo também nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, e considerada viável para compor SAFs, devido seu potencial para enriquecimento dos solos, podendo ser utilizada também na recuperação de áreas (MACHADO, 2018). Economicamente, é empregada como ornamental, para extração de madeira e suas vagens podem servir como alimento para animais da pecuária (MACHADO et al, 2012). Os compostos alelopáticos do extrato de *L. ferrea* e seus efeitos na germinação e crescimento de diversas espécies já foram reportados na literatura (OLIVEIRA et al., 2012; LEANDRO et al., 2019; MENESES et al., 2019; ALVES et al., 2023).

O milho (*Zea mays* L.) também pode ser utilizado em SAF, visto que possui alta adaptabilidade e devido suas qualidades nutricionais, é utilizado para alimentação humana e animal (MIRANDA, 2018). Ainda, esta espécie de Poaceae pode ser incluída nas entrelinhas das árvores nos SAFs, pois é uma planta de fácil cultivo, com ciclo de vida curto e bem conhecida pelos agricultores (DIDONET, 2014; OLIVEIRA et al., 2016).

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi verificar a atividade alelopática da espécie *L. ferrea* na germinação e o desenvolvimento inicial do milho em laboratório, investigando a possibilidade de consórcio entre as duas espécies dentro de um Sistema Agroflorestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE no campus de Cascavel. No período de 2022 a 2023.

As folhas de *L. ferrea* foram coletadas no Parque Ecológico Paulo Gorski sob as coordenadas 24°95'72.51"S 53°43'34.15"W no mês de julho de 2022. As exsicatas foram depositadas no Herbário UNOP, campus Cascavel, sob registro UNOP/11310. As folhas foram colocadas em estufa de circulação forçada na temperatura de 40 °C, até que o peso se mantivesse constante. Após esse processo as folhas secas foram trituradas em moinho de faca tipo Willey™ e o pó gerado foi armazenado em recipiente de vidro ao abrigo de luz e em temperatura ambiente, como na metodologia proposta por Mourão e Souza Filho (2010).

Preparação dos extratos

A avaliação do potencial alelopático se deu por meio da preparação dos extratos com o pó das folhas secas de *L. ferrea* e água destilada, sendo realizados 5 concentrações diferentes de 2,5;5;7,5 e 10% p/v, sendo água destilada sua concentração de 0% (controle). Os extratos ficaram em repouso por 4 horas ao abrigo de luz, como na metodologia de Perez et al. (1999), e em seguida, foram filtrados com o auxílio do filtro de pano.

Teste de germinação

Para o teste de germinação, foram colocadas 50 sementes de milho para germinar em três folhas de papel Germitest®, previamente autoclavadas, sendo que 2 delas ficaram na parte inferior e uma folha cobrindo as sementes. Foram realizados 5 tratamentos com 4 repetições cada, e as folhas foram umedecidas com os extratos e água destilada para o controle, referente a cada tratamento, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida, foram feitos rolos com as folhas, e as mesmas, colocadas em sacolas plásticas, as quais foram acondicionadas em câmara de germinação tipo B.O.D com fotoperíodo de 12 horas e temperatura controlada de 25±2 °C (Brasil, 2009). A contagem das sementes germinadas foi realizada diariamente até o 7º dia, e as sementes consideradas germinadas foram as que apresentaram comprimento de raiz primária igual ou superior a 2mm (Hadas, 1977).

As variáveis analisadas foram porcentagem de germinação (PG%), tempo médio de germinação (TMG) segundo Edmond e Drapala (1958), índice de velocidade de germinação (IVG) conforme Silva e Nakagawa (1995) e frequência de germinação, segundo Labouriau e Valadares (1976).

Desenvolvimento inicial

Nesse experimento foram colocadas 500 sementes de milho para germinar em papel Germitest® umedecido apenas com água destilada. Após três dias em B.O.D, metade das plântulas foram transferidas para novos rolos de papel Germitest® previamente autoclavados, umedecidos (2,5 vezes o peso do papel seco) com água destilada ou com os extratos aquosos de folhas secas de *L. ferrea* conforme as concentrações citadas anteriormente. Foram realizadas 5 concentrações com 4 repetições cada, sendo que em cada repetição havia 10 plântulas.

Os rolos foram colocados em recipientes de plástico, e no fundo deles, havia a mesma quantidade de água e extrato utilizada para umedecer o Germitest®, que foram renovados a cada 3 dias para que fosse evitado a oxidação dos extratos, sendo importante que houvesse duas trocas até o 7º dia. Os recipientes foram mantidos em B.O.D na temperatura de 25±2 °C e em fotoperíodo de 12 horas durante 7 dias. Após os sete dias, foram feitas as medições de comprimento médio e peso seco de raiz e parte aérea.

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, havendo diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa RStudio 4.3.0. (R Core team, 2013)

RESULTADOS

Não houveram diferenças entre as concentrações dos extratos nas variáveis investigadas para a germinação das sementes de milho.

Tabela 1. Porcentagem de germinação (PG (%)), Tempo Médio de Germinação (sementes /dia) (TMG), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de milho submetidas a água e ao extrato aquoso de *Libidibia ferrea* nas concentrações de 0; 2,5; 5; 7,5 e 10% (p/v).

Table 1. Germination percentage (PG (%)), Average Germination Time (seeds/day) (TMG), Germination Speed Index (IVG) of maize seeds subjected to water and aqueous extract of *Libidibia ferrea* at concentrations from 0; 2.5; 5; 7.5 and 10% (w/v).

Concentração	PG (%)	TMG (sementes/dia)	IVG
0%	89	2.20	21.15
2,5%	90	2.34	20.62
5%	86	2.22	20.23
7,5%	88	2.29	20.10
10%	91	2.39	20.44
CV%	4.31	4.65	4.29

Valores acompanhados de letras diferentes, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A distribuição temporal da germinação foi similar entre as diferentes concentrações do extrato (Fig. 1). No segundo dia, uma média de 79% das sementes germinou em todas as concentrações de extrato testadas (Fig. 1).

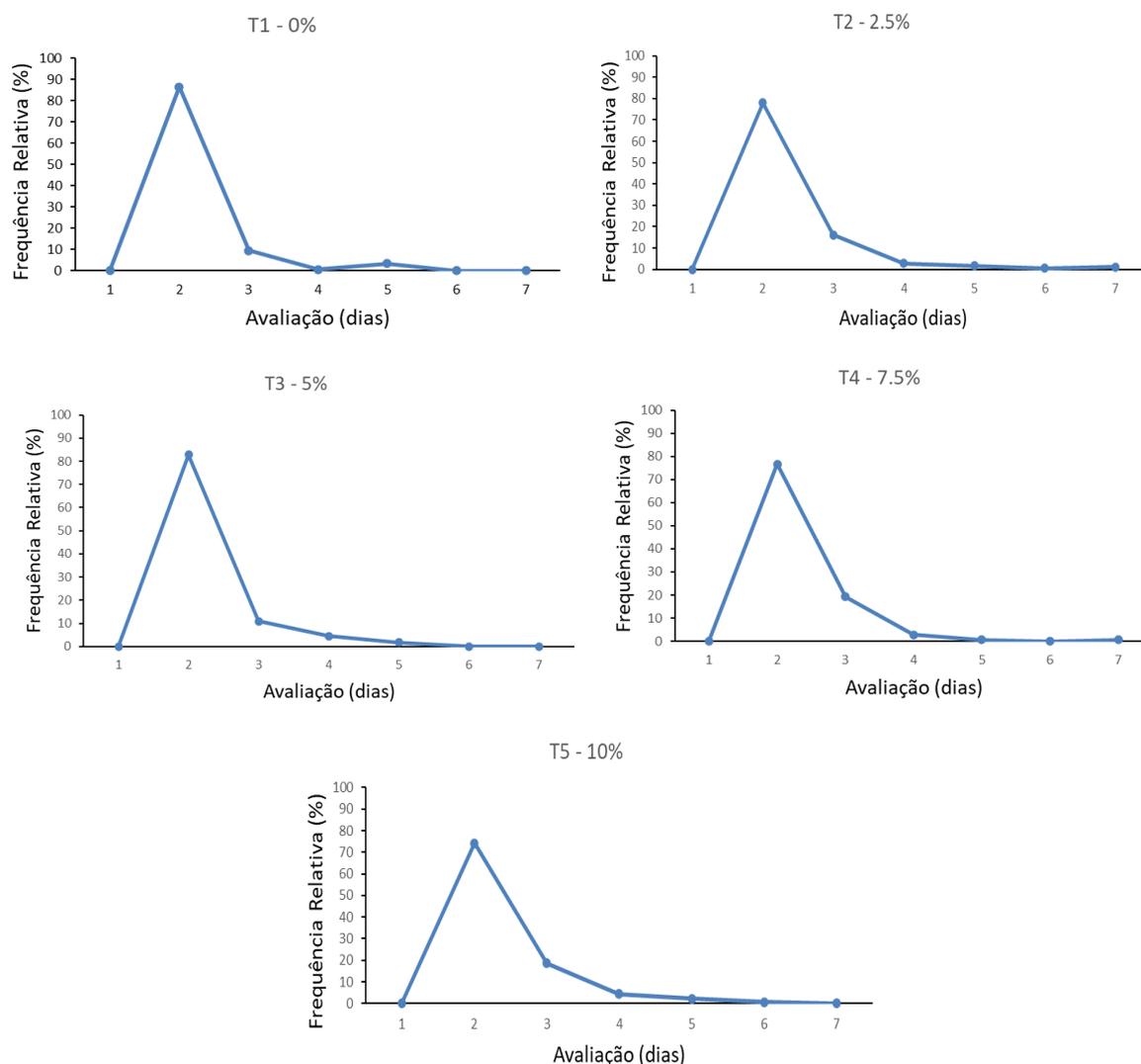


Figura 1. Frequência relativa da germinação de sementes de milho submetidas às diferentes proporções do extrato aquoso do pó das folhas secas de *Libidibia ferrea*. T1 - 0%, T2 - 2,5%, T3 - 5%, T4 - 7,5%, T5 - 10% p/v.

Figure 1. Relative frequency of germination of maize seeds subjected to different proportions of the aqueous extracts of dry *Libidibia ferrea* leaf powder. T1 - 0%, T2 - 2.5%, T3 - 5%, T4 - 7.5%, T5 - 10% w/v.

Com relação ao comprimento da raiz, o extrato de *L. ferrea* causou uma diminuição no crescimento desde a primeira concentração. Já na parte aérea e nas massas secas da raiz, este efeito não foi observado.

Tabela 2. Comprimento Médio da Parte Aérea (CMPA/cm), Comprimento Médio da Raiz (CMR/cm), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA/mg) e Massa Seca da Raiz (MSR/mg) de plântulas de milho submetidas a água e ao extrato aquoso de *Libidibia ferrea* nas concentrações de 0; 2,5; 5; 7,5 e 10% (p/v).

Table 2. Average Shoot Length (CMPA/cm), Average Root Length (CMR/cm), Aerial Part Dry Mass (MSPA/mg) and Root Dry Mass (MSR/mg) of maize seedlings subjected to water and aqueous extract of *Libidibia ferrea* at concentrations of 0; 2.5; 5; 7.5 and 10% (w/v).

Concentração	CMPA	CMR	MSPA	MSR
0%	22.1	27.5 a	0.272	0.217
2,5%	20.0	13.6 b	0.276	0.217

5%	20.7	12.1 bc	0.314	0.206
7,5%	19	10.0 cd	0.287	0.225
10%	18.2	8.4 d	0.311	0.191
CV%	10.65	8.37	13.87	13.5

Valores acompanhados de letras diferentes diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DISCUSSÃO

Apesar dos extratos de *L. ferrea* não apresentarem a germinação do milho (Tabela 1), os mesmos prejudicaram a emergência e o processo de estabelecimento inicial das plântulas de milho. Esses efeitos negativos podem ter sido gerados pela presença de alcaloides, saponinas, compostos fenólicos, taninos, flavonoides, antraquinonas e flavononas, demonstrados por Alves et al. (2023). É importante ressaltar que, mesmo que algumas espécies vegetais sejam capazes de produzir e liberar substâncias alelopáticas, nem sempre será possível detectar a sua atividade na planta receptora, em razão de fatores como a resistência das sementes da espécie receptora e a baixa concentração dos aleloquímicos nos extratos (SILVA & AQUILA, 2006; TAIZ & ZEIGER, 2010).

Além disso, a atividade dos compostos aleloquímicos também pode ser influenciada pela alteração de suas propriedades biológicas, como consequência da forma de obtenção dos extratos, da fonte dos extratos e até mesmo das condições climáticas a qual eles estão expostos, influenciando assim na atividade dos princípios ativos e nas respostas das plantas submetidas a eles (REICHEL et al., 2013). Oliveira et al. (2012), avaliaram o potencial alelopático de extratos de diferentes órgãos de *L. ferrea* na germinação de sementes de alface, utilizando métodos diferentes de extração, com extratos obtidos a 100°C, e observaram que os mesmos inibiram significativamente a germinação, o que possivelmente se deu à maior disponibilidade dos aleloquímicos na solução (FRASSON et al., 2003). Confirmando que há mudanças das propriedades biológicas em razão do método de obtenção dos extratos, mesmo que a utilização de extratos quentes nos testes de germinação não seja a técnica mais recomendada, uma vez que apresentam pouca relevância ecológica (Ferreira & Áquila 2000).

Com relação à distribuição do processo germinativo observado nos gráficos de frequência relativa, os extratos também não influenciaram a distribuição do processo germinativo (Figura 1). O mesmo foi verificado no trabalho de Luz et al. (2022), ao testar os extratos, da também Fabaceae, *Inga marginata* W., sendo observado que os extratos não interferiram na germinação no milho e, tanto a testemunha quanto os demais tratamentos apresentaram distribuição unimodal de germinação com pico no segundo dia de avaliação. De acordo com Ferreira e Aquila (2000), em geral, os testes de germinação são menos sensíveis aos compostos alelopáticos presentes nos extratos das espécies estudadas do que aqueles que avaliam o desenvolvimento das plântulas, como a massa e comprimento de raiz e parte aérea.

Os resultados obtidos pelo teste de desenvolvimento inicial das sementes de milho, submetidas aos diferentes extratos de *L. ferrea* (Tabela 2), foram semelhantes aos observados por Leandro et al. (2019) que analisaram extratos de diferentes órgãos de *L. ferrea* sobre o desenvolvimento *Cenchrus echinatus* L., e verificaram que, principalmente os extratos quentes das folhas secas inibiram significativamente as raízes da espécie analisada. Esses resultados também corroboram com os obtidos por Taveira et al. (2022), que analisaram a atividade alelopática da espécie *Albizia niopoides* (Spruce ex Benth.) Burkart, também pertencente à família Fabaceae, e verificaram que os extratos aquosos de folhas secas interferiram negativamente na massa seca da raiz do milho. Kokila et al. (2013) analisaram a composição fitoquímica das folhas de espécies do gênero *Albizia*, e encontraram metabólitos secundários, como saponinas, alcaloides e flavonoides, sendo esses alguns dos encontrados nos extratos de *L. ferrea*.

A redução do crescimento radicular observada no presente trabalho pode ser consequência de diversos fatores, como o fato das raízes estarem em contato direto com a solução do substrato durante o desenvolvimento da planta (CHUNG et al., 2001, ANDRADE et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2015). Além disso, devido a sua maior capacidade de absorção, as raízes podem absorver substâncias alelopáticas em quantidades suficientes para inibir seu crescimento (MISHRA, 2015). Embora os extratos tenham influenciado o comprimento das raízes, não se observaram disparidades na massa seca deste órgão (Tabela 2). Conforme apontado por Silva e Aquila (2006), os aleloquímicos podem provocar mudanças na morfologia das plântulas, resultando em maior ramificação de raízes e densidade de pelos, ou mesmo espessamento das raízes. Essas alterações podem ter contribuído para a manutenção da similaridade nos dados de massa seca, apesar da redução no comprimento das raízes.

Avaliar o desenvolvimento dos órgãos vegetais possui grande relevância ecológica, pois a inibição do crescimento do sistema radicular compromete o sucesso da produtividade da cultura, podendo ocasionar a redução da pressão competitiva dessa planta, favorecendo o crescimento de espécies vizinhas e, permitindo o estabelecimento de plantas invasoras (FORMAGIO et al., 2010). É essencial estudar os efeitos que uma planta pode ter sobre outra para o sucesso dos agrossistemas. Caporal e Costabeber (2004), na ótica da agroecologia, definem a sustentabilidade como a capacidade dos agroecossistemas de manter a produtividade ao longo do tempo, ambiental e socialmente. A agricultura sustentável, quando praticada com as formas de manejo corretas e espécies adequadas sendo consorciadas, contribui para esse desenvolvimento, gerando proteção da biodiversidade (CORDEIRO et al., 2018; TSUFAC et al., 2021).

CONCLUSÕES

- Os extratos de folhas secas de *L. ferrea* não interferiram nas variáveis de germinação das sementes de milho.
- O extrato foliar inibiu o comprimento médio da raiz, enquanto a parte aérea não foi afetada.
- Os experimentos realizados em laboratório sugerem que o consórcio entre as duas espécies pode não ser viável em Sistemas Agroflorestais, necessitando de futuras investigações em casa de vegetação ou no campo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. M.; SILVA, M. A. D.; SILVA, E. F.; SILVA, J. N. Desenvolvimento inicial de milho em substrato com folhas secas de *Pityrocarpa moniliformis* Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 15, n. 2, 2022.
- ALVES, R. M.; SILVA, M. A. D.; SILVA, J. N.; SILVA, E. F.; MIRANDA, P. H. O. Serapilheira de *Libidibia ferrea* no estabelecimento de plântulas de milho. Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente, v. 13, 2023.
- ANDRADE H.M.; BITTENCOURT, A.H.C.; VESTENA, S. Allelopathic potential of *Cyperus rotundus* L. upon cultivated species. Ciência e Agrotecnologia, v. 33, p. 1984-1990, 2009.
- BASAVARAJU, T. B.; GURURAJA, R. Tree-crop interactions in agroforestry systems: A brief review. Indian Forester, v. 126, n. 11, p. 1155-1164, 2000.
- BRONDIZIO, E. S.; SETTELE, J.; DÍAZ, S.; NGO, H. T. GLOBAL assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2019, 1148p.
- CAMARGO, G. M.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P.; SILVA, L. F. Sistemas Agroflorestais Biodiversos: uma alternativa para pequenas propriedades rurais. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 15, n. 1, p. 34-46, 2019.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova Extensão Rural. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v.1, n.1, p.16-37, jan./mar. 2000^a
- CEMBRANEL, A. S.; FRIGO, E. P.; SAMPAIO, S. C.; MERCANTE, E.; REIS, R. R.; REMOR, M. B. Residue analysis of organochlorine and organophosphorus pesticides in urban lake sediments. Engenharia Agrícola, v. 37, n. 6, p. 1254-1267, 2017
- CHUNG, I. M.; AHN, J. K.; YUN, S. J. Assessment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Crop Protection, v. 20, n. 10, p. 921-928, 2001.
- CIFLORESTAS – Centro de Inteligência em Florestas. Sistemas Agroflorestais. 2017. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=sistemas>> Acesso em: 25/02/2024.
- CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L.; OLIVEIRA NETO, S.; OLIVEIRA, T. M. Simulação da variação do espaçamento na viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. Floresta ambiental, v. 25, n. 1, 2018.

DIDONET, A. Grãos de feijão e milho nos Sistemas Agroflorestais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/110059/1/saf-e-feijao-e-milho.pdf>> Acesso em: 25/02/2024.

EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. Proceedings of the American Society Horticultural Science, v.71, p. 428-434, 1958.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Incentivos e mecanismos financeiros para o manejo florestal sustentável na Região Sul do Brasil. Disponível em <<https://www.fao.org/forestry/12000-09ec4e1c04ebfcd232f76c89136cadcf.pdf>> Acesso em: 25/02/2024.

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

FORMAGIO, A. S. N.; MASETTO, T. E.; BALDIVIA, D. S.; VIEIRA, M. C.; ZARATE, N. A. H. Potencial alelopático de cinco espécies da família Annonaceae. Revista Brasileira de Biociências, v. 8, n. 4, p. 349-354, 2010.

FRASSON, A.P.Z. et al. Caracterização físico-química e biológica do caule de *Caesalpinia ferrea* Mart. Revista Brasileira de Farmacognosia, Curitiba, v.13, n.1, p.35 - 39, 2003.

HADAS, A. A suggested method for testing seed vigor under water stress in simulated arid conditions. Seed Science and Technology, Zurich, v.5, p.519-525, 1977.

HARUN, M.A.Y.A.; JOHNSON, R.W.R.; UDDIN, M.Z. Allelopathic potential of *Chrysanthemoides monilifera* subsp. *monilifera* (boneseed): a novel weapon in the invasion processes. South African Journal of Botany, v. 93, p.157 - 166, 2014.

KOKILA, K. A.; PRIYADHARSHINI, S. D.; SUJATHA, V. Phytopharmacological properties of *Albizia* species: A Review. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, v. 5, p. 70-73, 2013.

LABOURIAU, L. G. A germinação das sementes, Monografias Científicas, Washington, USA, 1983, 170 p.

LEANDRO, C. S. et al. Phenolic composition and allelopathy of *Libidibia ferrea* Mart. Ex. Tul. in Weeds. Journal of Agricultural Science, v. 11, n. 2, 2019.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. Saúde em Debate, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018.

LUZ, E. M. Z.; FORTES, A. M. T.; CORSATO, J. M.; RIBEIRO, M. I.; RODRIGUES, G. A. G.; PORTO, E. C. Alterações fisiológicas e atividade antioxidante em plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de *Inga marginata* w. Open Science Research, v 3, p. 490 - 504, 2022.

MACHADO, F. A. Plantas para o futuro – Região Nordeste. In: VIEIRA, R. F.; CAMILLO, J.; CORADIN, J. Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial. Brasília, 2018, 542 p.

MACHADO, F.A.; BEZERRA-NETO, E.; NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; SILVA, L.M.; BARRETO, L.P.; NASCIMENTO, H.T.S.; LEAL, J.A. Produção e qualidade da liteira de três leguminosas arbóreas nativas do nordeste do Brasil. Archivos de Zootecnia, v. 61, n. 235, p. 323 - 334, 2012

MENESES, F. M. Efeito do extrato aquoso de Jucá (*Libidibia ferrea*) planta nativa da caatinga sobre a germinação do alface (*Lactuca sativa*). International Journal Semiarid, v. 1, p. 22 – 26, 2019.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCO-VERDE, M. F.; HOFFMANN, M. F.; REHDER, T.; PEREIRA, A. V. B. Restauração ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016. 100 p.

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. A Granja, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.

MISHRA, A. Allelopathic properties of *Lantana camara*. International Research Journal of Basic and Clinical Studies, v. 3, n. 1, p. 13-28, 2015.

MOURÃO J.M.; SOUZA FILHO, A.P.S. Diferenças no padrão da atividade alelopática em espécies da família Leguminosae. Planta Daninha, v. 28, p. 939-951, 2010.

NASCIMENTO, D. R.; ALVES, L. N.; SOUZA, M. L. Implantação de sistemas agroflorestais para a recuperação de áreas de preservação permanente em propriedades familiares rurais da região da Transamazônica, Pará. Agricultura familiar: pesquisa, formação e desenvolvimento, v. 13, n. 2, p. 103 - 120, 2019.

OLIVEIRA, A. K.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; DIÓGENES, F. E. P. Atividade alelopática de extratos de diferentes órgãos de *Caesalpinia ferrea* na germinação de alface. Ciência Rural, v. 42, n. 8, p. 1397 – 1403, 2012.

OLIVEIRA, A. S. L.; PINTO, M. A. D. S. C.; ARAÚJO, A. V.; NUNES, A. F.; BRITO, A. C. V. Extratos de Juazeiro e Catingueira são alelopáticos às plântulas de alface? Enciclopédia Biosfera, v. 11, n. 21, p. 230, 2015.

OLIVEIRA, V. R.; SILVA, P. S. L.; PAIVA, H. N.; PONTES, F. S. T.; ANTONIO, R. P. Crescimento de leguminosas arbóreas e rendimento do milho em Sistemas Agroflorestais. Revista Árvore, v. 40, n. 4, p. 679 – 688, 2016.

PADOVAN, M. P. Agroecologia, agricultura familiar e o desenvolvimento local e regional sustentável. In: CARDOSO, R.; QUINTELA, J. B. (Org.). Open Science Research IX. 1 ed. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, v. 9, p. 1372-1394, 2022.

PEREZ, S.C.J.G.A.; FANTI, S.C.; CASALI, C.A. Influência do armazenamento, substrato, envelhecimento precoce e profundidade de semeadura na germinação de canafístara. Bragantia, Campinas, v. 58, n. 1, p. 57-68, 1999.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.2013

REICHEL, T.; BARAZETTI, J. F.; STEFANELLO, S.; PAULERT, R.; ZONETTI, P. C. Allelopathy of leaf extracts of *Jatropha curcas* L. in the initial development of wheat (*Triticum aestivum* L.). Idesia, Chile, v. 31, n. 1, p. 45-52, 2013.

SILVA, F. M.; AQUILA, M. E. A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). Acta Botânica Brasileira, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 61-69, 2006.

SILVA, J.B., NAKAGAWA, J. Estudos de fórmulas para cálculo de velocidade de germinação. Informativo Abrates, Brasília, v.5, n.1, p.62-73, 1995.

TAIZ, L. ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. University of California, Los Angeles, 4. Ed. 2010, 342 p.

TAVEIRA, A. L. M, MARIA, D. P. S., SOUZA, L., FEITOSA, A. G., CORSATO, J. M. & FORTES, A. M. T. Análise do potencial alelopático do extrato aquoso de *Albizia niopoides* sobre a germinação de bioindicadoras e milho e desenvolvimento inicial do milho. Open Science Research, v. 7, p. 168-183, 2022.

TSUFAC, A. R., AWAZI, N. P., & YERIMA, B. P. K. Characterization of agroforestry systems and their effectiveness in soil fertility enhancement in the southwest region of Cameroon. Current Research in Environmental Sustainability, v. 3, 2021.

VASCONCELOS, P. R. O.; RIZZOTTO, M. L. F.; OBREGON, P. L.; ALONZO, H. G. A. Exposição a agrotóxicos na agricultura e doença de Parkinson em usuários de um serviço público de saúde do Paraná, Brasil. Cadernos Saúde Coletiva, v. 28, n. 4, p. 567 – 578, 2020.

Normas da Revista Floresta (ISSN 1982-4688)

Anexo I

Normas para publicação

O artigo deverá estar em formato compatível com Microsoft-Word, com as seguintes características:

Formato da página A4; espaçamento de texto: simples; margens: superior 3,0cm, inferior 3,0 cm, esquerda 2,5 cm e direita de 2,5 cm; tamanho 10, fonte times new roman, alinhamento justificado, recuo especial na primeira linha de 1,25 cm em cada parágrafo, espaçamento simples, número de páginas:máximo de 10, incluindo tabelas e figuras.

Todos os itens (introdução, material e métodos, resultados, discussão, conclusões e referências) devem estar em negrito à esquerda, não numerado se em caixa alta. Quando houver subitens, deverá ser obedecida a seguinte ordem: o primeiro subitem deverá ser em negrito, em caixa baixa, somente a primeira inicial maiúscula; o segundo subitem igual ao primeiro sem negrito. Não é permitido o uso de anexos.

TÍTULO: centralizado, sem negrito, em caixa alta, em fonte tamanho 14, não ultrapassando 20 palavras.

AUTOR(ES): essas informações não devem constar na versão da submissão, só serão inseridas no momento para publicação, mas devem ser cadastradas no Sistema Eletrônico de Revistas (SER) no ato da submissão. Em fonte tamanho 10, logo abaixo do título, centralizado(s), somente a primeira inicial maiúscula, chamamento com sobrescrito. Abaixo do(s) nome(s) do(s) autor(es), separado(s) por apenas um espaço, em tamanho 8, devem constar: instituição a que pertence(m), cidade, estado, país e endereço eletrônico. O autor para correspondência deve ser destacado.

É necessário que seja encaminhada a descrição detalhada de contribuição de cada um dos autores do artigo, e o número máximo não deve exceder a 6. A declaração deve ser anexada no sistema como DOCUMENTO SUPLEMENTAR.

RESUMO E ABSTRACT: as palavras resumo e abstract somente com as iniciais maiúsculas, centralizadas e em negrito, e os seus textos redigidos num único parágrafo, não excedendo 250 palavras, fonte 9, times new romam, recuo do texto em 1 cm esquerdo e direito. No final do resumo e do abstract devem ser incluídas até cinco palavras-chave/keywords, diferentes das contidas no título do artigo. No início do abstract deve constar o título do artigo em inglês e em itálico.

INTRODUÇÃO: deve obrigatoriamente apresentar a(s) hipótese(s) e o(s) objetivo(s) do trabalho. Nomes científicos, quando citados pela primeira vez no texto, devem ser escritos na íntegra: gênero, espécie e autor(es). Siglas e abreviaturas, ao aparecerem pela primeira vez no artigo, devem ser colocadas entre parênteses, precedidas do nome por extenso. As citações devem seguir o sistema de nome e ano (ver REFERÊNCIAS).

MATERIAL E MÉTODOS: artigos que envolvam plantas e outras formas de vida (fungos, insetos etc.) devem apresentar o número de registro de tombamento em instituições que mantêm coleções científicas de acesso público. A omissão acarretará a recusa do manuscrito.

As fórmulas e equações devem ser inseridas com a função Equation do Word.

RESULTADOS: tabelas e figuras deverão ser incluídas ao longo do texto, com títulos em caixa baixa, exceto a letra inicial, em português e em inglês. As tabelas devem ser produzidas em editor de texto (Word) e não podem ser inseridas no texto como figuras. As figuras, compostas por gráficos, fotografias e mapas, sem sombreamento e sem contorno. As dimensões (largura e altura) não devem ser maiores que 15 cm, sempre com orientação da página na forma retrato, com legendas na fonte Times New Roman, não-negrito e não-itálico.

Mapas devem ter escala gráfica. A soma do número de figuras e de tabelas não deve ultrapassar oito.

DISCUSSÃO: a discussão deve ser apresentada em item separado dos resultados. As citações devem seguir o sistema de nome e ano (ver REFERÊNCIAS).

CONCLUSÕES: devem ser organizadas em forma de itens e não se admite citações bibliográficas.

AGRADECIMENTOS: se houver.

REFERÊNCIAS: pelo menos 70% das referências devem ser de artigos científicos dos últimos 10 anos. O número de citações não deve ultrapassar a 25. Não serão admitidas citações de teses, dissertações e trabalhos publicados em eventos científicos.

As citações que estiverem em texto corrente devem estar em caixa baixa e as entre parênteses, em caixa alta. Quando houver três ou mais autores, a citação será feita utilizando-se “et al.”(em itálico). Todos os autores deverão ser citados nas referências. Ex.: Martins (2009); Campos e Leite (2009); Wendling et al. (2014); (LARCHER, 2006); (BARBOSA; FARIA, 2006); (VENDRAMINI et al.,2011). Quando houver mais de uma referência do mesmo autor em um mesmo ano, essas deverão ser distinguidas por letra minúscula após a data. Ex.: Machado (2011a); Machado (2011b).

As referências bibliográficas devem estar em ordem alfabética, seguindo as normas da ABNT- NBR - 6023, assim como outros aspectos não contemplados nesta normativa, conforme exemplos abaixo:

a) Livro:

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2 ed. 2009, 624 p.

b) Capítulo de livro:

MARTINS, F. R.; BATALHA, M. A. Formas de vida, espectro biológico de Raunkiaer e fisionomia da vegetação. In: FELFILI, J. M.; ENSENLOHR, P. V.;

MELO, M. M, da R. F. de; ANDRADE, L. A. de; MEIRA NETO, J. A. A. Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso. Viçosa: Ed. UFV, 2011, 556 p.

c) Artigo de periódico:

PEREIRA, L. A.; PINTO SOBRINHO, F. de A.; COSTA NETO, S. V. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na reserva de desenvolvimento sustentável rio Iratapuru, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. *Floresta*, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 113 - 122, 2011.

COPENHAVER, P. E.; TINKER, D. B. Stand density and age affect tree-level structural and functional characteristics of young, postfire lodgepole pine in Yellowstone National Park, *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 320, p. 138 - 148, 2014.

d) Internet:

MISSOURI BOTANICAL GARDEN - MOBOT. Explore the beta release of web TROPICOS. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/>> Acesso em: 01/12/2014.

e) Legislação:

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, vinte cinco de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 01 dez 2014.

CAPÍTULO 2

EFEITO ALELOPÁTICO DE FOLHAS SECAS DE *Libidibia ferrea* (MART. EX TUL.)
L.P.QUEIROZ NA EMERGÊNCIA, ATIVIDADE DA PEROXIDASE E ANATOMIA DE
RAIZ DO MILHO

O artigo segue as normas sugeridas pela
Revista Ceres ISSN: 2177-3491
citada em anexo 1 do capítulo 2

1 Efeito alelopático de folhas secas de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz sobre a 2 emergência, atividade da peroxidase e anatomia de raiz do milho

3 **Resumo**

4 Os Sistemas Agroflorestais buscam o cultivo combinado de árvores e culturas agrícolas,
5 exigindo investigações sobre a influência mútua para preservar a produtividade. Este estudo
6 investigou a atividade alelopática do pó de folhas secas da *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P.
7 Queiroz na emergência do milho em casa de vegetação, além de examinar a atividade da enzima
8 peroxidase e a anatomia das raízes de plântulas de milho. Foram estabelecidos três tratamentos:
9 vasos apenas com substrato, substrato com 5,57g e substrato com 11,15g do pó das folhas. Após
10 regas com água a cada 72 horas durante 60 dias, as sementes de milho foram adicionadas e a
11 emergência das sementes foi avaliada por 15 dias, medindo porcentagem, tempo médio e índice
12 de velocidade de emergência. Plântulas foram coletadas após 15, 30 e 45 dias da semeadura
13 para análise da atividade da peroxidase e anatomia das raízes. Não houve diferenças
14 significativas na emergência das plântulas de milho. A atividade da peroxidase diminuiu, e o
15 desenvolvimento das plantas, e as raízes do milho não foram estruturalmente prejudicadas pela
16 presença dos aleloquímicos de *L. ferrea*. Esses resultados sugerem a possibilidade de
17 associação entre *L. ferrea* e milho em Sistemas Agroflorestais.

18

19 **Palavras chave:** agroecologia; alelopatia; caracterização anatômica; estresse oxidativo;
20 Sistemas Agroflorestais.

21

22 **Abstract**

23 Agroforestry Systems seek the combined cultivation of trees and agricultural crops, requiring
24 investigations into their mutual influence to preserve productivity. This study investigated the
25 allelopathic activity of dry leaf powder of *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz in the
26 emergence of corn in a greenhouse, in addition to examining the activity of the peroxidase
27 enzyme and the anatomy of corn roots. Three treatments were established: pots with substrate
28 only, substrate with 5.57g and substrate with 11.15g of leaf powder. After watering every 72
29 hours for 60 days, corn seeds were added and seed emergence was evaluated for 15 days,
30 measuring percentage, average time and emergence speed index. Seedlings were collected 15,
31 30 and 45 days after sowing to analyze peroxidase activity and root anatomy. There were no
32 significant differences in the emergence of corn seedlings. Peroxidase activity decreased, and
33 plant development and corn roots were not structurally impaired by the presence of *L. ferrea*
34 allelochemicals. These results suggest the possibility of an association between *L. ferrea* and
35 corn in Agroforestry Systems.

36 **Keywords:** agroecology; allelopathy; anatomical characterization; oxidative stress;
37 Agroforestry Systems.

38

39 **INTRODUÇÃO**

40 Os sistemas agroflorestais (SAFs) são abordagens alternativas que promovem o
41 consórcio de espécies arbóreas e culturas agrícolas, proporcionando uma interação econômica
42 e sustentável (Duboc, 2014). Os agricultores familiares vêm aderindo a essas práticas
43 sustentáveis de produção, principalmente pela preocupação com a segurança alimentar, a qual

44 é garantida nesses sistemas pela produção de diversos tipos de alimentos em uma só área
45 (Miccolis *et al.*, 2017; Martinelli *et al.*, 2019).

46 Para manter a sustentabilidade dos SAFs é importante que as espécies arbóreas
47 escolhidas sejam nativas, e, para o sucesso da produção final das culturas, é necessário
48 conhecimento das espécies associadas nesses sistemas, bem como as interações fisiológicas
49 estabelecidas entre as plantas coexistentes no mesmo ambiente (Silva *et al.*, 2021). Dentre
50 interações conhecidas está a alelopatia, termo que segundo Rice (1984) foi cunhado por Molisch
51 em 1937 e, compreende a liberação de aleloquímicos no ambiente pelas plantas, interagindo
52 com outros organismos presentes, podendo inibir ou estimular seu crescimento e
53 desenvolvimento (Duke, 2010).

54 Os aleloquímicos apresentam mecanismos de ação seletivos na planta receptora, dentre
55 eles a indução do estresse oxidativo e a proliferação de radicais livres, os quais já ocorrem
56 normalmente nas organelas em consequência da respiração e fotossíntese (Coelho *et al.*, 2017).
57 Porém, na presença dos aleloquímicos, alguns radicais livres, denominados espécies reativas de
58 oxigênio (EROs), se tornam abundantes e podem ocasionar danos celulares e comprometer o
59 desenvolvimento da planta (Yan *et al.*, 2015; Zhu *et al.*, 2021).

60 Como meio de defesa a esse estresse, as plantas possuem um sistema antioxidante para
61 regular os níveis de radicais livres, através do aumento na síntese das enzimas, entre elas a
62 peroxidase (POD) (Saldanha, 2013; Fernandes *et al.*, 2013). A POD localiza-se na parede
63 celular, atuando no alongamento celular e na regulação dos níveis do peróxido de hidrogênio
64 (H_2O_2), proliferado pelo acúmulo de EROs (Passardi *et al.*, 2005; Barbosa *et al.*, 2014). O
65 peróxido de hidrogênio é um componente necessário para a homeostase da planta, estando
66 envolvido em processos de aclimação e defesa, mas, em grandes quantidades, pode levar a
67 uma reação em cadeia com o acúmulo de lipídeos peroxidados, causando danos à membranas
68 celulares (Bienert *et al.*, 2006; Yin *et al.*, 2010).

69 Os compostos aleloquímicos também podem ocasionar danos estruturais no corpo
70 vegetal, sendo o sistema radicular uma das estruturas que mais expressa alterações fisiológicas
71 causadas pela ação dos aleloquímicos, por meio de modificações morfológicas e anatômicas
72 (Dahiya *et al.*, 2017). Dentre os efeitos morfológicos mais comuns estão a necrose da raiz, a
73 descoloração e ausência dos pelos radiculares, proporcionando maior fragilidade às raízes
74 (Ferreira & Áquila, 2000; Yamagushi *et al.*, 2011; Bhadoria, 2011). As alterações anatômicas
75 estão principalmente relacionadas à região do ápice radicular, envolvendo redução do número

76 de camadas da coifa, desorganização celular, redução de divisões mitóticas dos tecidos
77 meristemáticos, alteração no formato do núcleo e vacuolização celular (Soni & Koce, 2021).
78 Apesar da relevância para a compreensão dos mecanismos de ação dos aleloquímicos, Kremer
79 *et al.* (2020) apontam a escassez de trabalhos a respeito das alterações anatômicas decorrentes
80 dos efeitos dos metabólitos secundários nas plantas afetadas.

81 Espécies da família Fabaceae costumam ser consideradas para composição dos Sistemas
82 Agroflorestais, devido a características como a nodulação para fixação de nitrogênio, e a
83 *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Quieroz é uma delas (Chaer *et al.*, 2011; Góes *et al.*, 2015).
84 Conhecida popularmente como pau-ferro, é uma arbórea endêmica da flora brasileira,
85 ocorrendo nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga (Flora do Brasil, 2022). Possui
86 potencial para enriquecimento do solo, por meio da deposição da serapilheira, uma vez que é
87 caducifólia, e apresenta relevância econômica por ser ornamental, fitoterápica e seu tronco ser
88 utilizado para madeira, qualidades que a tornam propícia para compor os SAFs (Machado *et*
89 *al.*, 2012; Pott, 1993; Chacel, 2018).

90 O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae e é cultivado em climas tropicais,
91 subtropicais e temperados para alimentação humana e animal em razão de suas qualidades
92 nutricionais (Barros & Calado, 2014). Estudos de Scheer *et al.* (2022), que analisaram o
93 desempenho de duas cultivares de milho para a produção de sementes em SAFs, verificaram
94 que essas sementes apresentaram uma maior emergência e uniformidade de germinação das
95 plantas, e conseqüentemente, um maior vigor, quando comparadas as oriundas da área
96 tradicional, indicando que os SAFs possuem potencial produtivo para essa espécie.

97 Tendo em vista a necessidade do manejo adequado dos Sistemas agroflorestais, com
98 escolha de espécies que não possuam capacidade alelopática negativa, evitando assim possível
99 redução da produtividade (Alves *et al.*, 2022), o objetivo do trabalho foi analisar a atividade
100 alelopática das folhas da *Libidibia ferrea* na emergência do milho em casa de vegetação, através
101 da análise da atividade da enzima peroxidase e da caracterização anatômica das raízes,
102 buscando identificar a possibilidade de associação de ambas as espécies em Sistemas
103 Agroflorestais.

104 MATERIAL E MÉTODOS

105 Os experimentos foram conduzidos em Casa de Vegetação e nos Laboratórios de
106 Anatomia e Morfologia de Plantas (LAMP) e de Fisiologia Vegetal (LAFEV) da Universidade
107 Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Paraná, no período de 2022 a 2024.

108 As folhas de *L. ferrea* foram coletadas no Parque Ecológico Paulo Gorski (24°95'72.51"S
109 53°43'34.15"W). As exsiccatas foram depositadas no Herbário da Universidade Estadual do
110 Oeste do Paraná (UNOP), campus Cascavel, sob registro UNOP/11310.

111 As folhas foram acondicionadas em estufa de circulação de ar forçado na temperatura
112 de 40° C, até que o peso se estabilizasse e fosse ideal para a secagem das folhas. Após esse
113 processo, as folhas secas foram trituradas em moinho de faca tipo Willey™ e o pó gerado foi
114 acondicionado em potes de vidro ao abrigo de luz e em temperatura ambiente, como na
115 metodologia proposta por Mourão Júnior & Souza Filho (2010).

116 As sementes de milho utilizadas para os bioensaios de emergência e crescimento inicial
117 foram obtidas em comércio local.

118 *Emergência*

119 Os experimentos referentes à emergência do milho foram realizados em casa de
120 vegetação, sendo 135 vasos plásticos do tamanho 2 com capacidade de 250 mL, preenchidos
121 com o substrato contendo vermiculita, e o pó de *Libidibia ferrea* conforme os tratamentos. O
122 cálculo da quantidade de pó de *Libidibia ferrea* necessária foi de acordo com a metodologia
123 proposta por Rizzardi *et al.* (2008), que permite analisar qual quantidade de pó será
124 proporcional à deposição de serrapilheira no ambiente natural. Os vasos utilizados nesse
125 experimento possuem 14 centímetros de diâmetro e área aproximada de 154 cm².

126 Foram feitos 3 tratamentos com 5 repetições. As repetições foram dispostas em blocos,
127 e cada repetição possuía 9 vasos com 3 sementes. O Tratamento 1 (T1) referia-se a vasos
128 contendo apenas substrato (grupo controle), o Tratamento 2 (T2) vasos com substrato e 5,57g
129 do pó de *L. ferrea*, e o Tratamento 3 (T3) vasos com substrato e 11,15g do pó.

130 Os vasos foram mantidos sem sementes durante de 60 dias, possuindo apenas o substrato
131 referente a cada tratamento. Estes foram regados com água a cada 72 horas, visando a maior
132 decomposição do pó no substrato em T2 e T3. Além disso, ocorreu uma mistura superficial dos
133 substratos uma vez por semana.

134 Após esse período, foram adicionadas 3 sementes de milho, submersas em uma
135 profundidade de 2,5 cm no substrato. As plântulas foram regadas diariamente, conforme o
136 cálculo de três vezes o peso do substrato seco, e avaliação das emergidas se deu por 15 dias,
137 período no qual a emergência do grupo controle se estabilizou, considerando como emersas as
138 plântulas visíveis que apresentassem mais de 0,5 cm de parte aérea acima da superfície do
139 substrato (Correia & Durigan, 2004). As variáveis analisadas foram porcentagem de

140 emergência (PE), tempo médio de emergência (TME) segundo Edmond e Drapala (1958) e
141 índice de velocidade de emergência (IVE) segundo Silva e Nakagawa (1995).

142 Foram realizadas três coletas, a primeira após 15 dias da sementeira, a segunda após 30
143 dias e a terceira após 45 dias. As plântulas foram separadas para a caracterização anatômica
144 radicular do milho, e para a análise enzimática da Peroxidase (POD).

145 *Desenvolvimento inicial*

146 Plântulas com 15 dias após sementeira foram aferidas quanto ao comprimento médio de
147 raiz e parte aérea e massa seca das folhas e raízes. Estes foram acondicionados em estufa de ar
148 forçado a 60°C por 72 horas e, posteriormente, pesados em balança de precisão.

149 *Análise enzimática Peroxidase (POD)*

150 A análise da atividade enzimática da peroxidase (POD, EC 1.11.1.7) foi realizada com
151 as amostras de plântulas do bioensaio de emergência em casa de vegetação de cada tratamento,
152 sendo que após 15, 30 e 45 dias, as raízes das plântulas de milho foram separadas e congeladas
153 em nitrogênio líquido, e em seguida, armazenadas no congelador a -19°C. Os dados de
154 determinação da atividade enzimática, foram valores médios de ensaios realizados em triplicata.

155 As amostras das raízes foram maceradas e pesadas em microtubo, até atingir 0,100g. O
156 material vegetal foi homogeneizado em solução de tampão fosfato de potássio 0.1 mol L pH
157 6.8. O homogenato foi centrifugado a 12.000 rpm por 20 minutos a 4°C. A quantificação de
158 proteínas totais foi realizada de acordo com Bradford (1976), para a determinação da atividade
159 específica da enzima. Alíquotas do extrato enzimático, preparado como descrito anteriormente,
160 foram apropriadamente diluídas e combinadas com o reagente de Bradford. A reação procedeu
161 por 5 minutos e a absorbância foi determinada em espectrofotômetro a 595 nm.

162 A análise da atividade específica da enzima antioxidante Peroxidase (POD) foi medida
163 de acordo com o descrito por Teisseire e Guy (2000), com a adição do extrato bruto da enzima,
164 20 mmol L de pirogalol (1,2,3-benzenetriol), 50 mmol L de tampão fosfato de potássio, pH 6,5
165 e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 5mmol L⁻¹. A formação de purpurogalina foi medido por um
166 espectrofotômetro visível a UV em 430nm e seu coeficiente de extinção molar (2,5 mmol L⁻¹
167 cm⁻¹) foi utilizado para calcular a atividade específica da enzima.

168 *Caracterização anatômica da raiz*

169 A anatomia radicular do milho foi analisada para cada um dos tratamentos. Para isso,
170 após cada coleta, 15, 30 e 45 dias, raízes de três indivíduos foram fixadas em FAA 50%

171 (formaldeído 37% m ácido acético glacial e álcool etílico 50%, na razão 1:1:18) (Johansen,
172 1940) e conservadas em álcool etílico 70%.

173 Amostras da região apical das raízes foram desidratadas em série etílica crescente e
174 incluídas em historresina (Leica Historesin Embedding Kit, Nussloch, Germany) de acordo com
175 as orientações do fabricante. Foram realizadas secções longitudinais e transversais (5 µm de
176 espessura) com auxílio de micrótomo de rotação (Leica RM 2245). As secções foram coradas
177 com azul de toluidina a 0,05% 0,1 M em tampão fosfato de sódio pH 6,8 (Ferder & O'Brien,
178 1964) e montadas as lâminas permanentes com Entellan (Merck, Darmstadt, Germany). As
179 imagens das secções foram capturadas com câmera digital Olympus DP041 acoplada ao
180 fotomicroscópio Olympus Bx70, utilizando o programa DP Controller.

181 *Delineamento experimental e análise estatística*

182 O delineamento do bioensaio de emergência ocorreu em blocos casualizados e os dados
183 foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 5%, e quando
184 houve diferença significativa entre os tratamentos, foi realizado o teste Tukey, utilizando o
185 programa RStudio 4.3.0. (R Core team, 2013)

186 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

187 *Emergência em casa de vegetação*

188 Não houveram diferenças significativas entre os tratamentos para porcentagem de
189 emergência, tempo médio de emergência e índice de velocidade de emergência (Tabela 1).
190 Dessa forma, a presença do pó de folhas secas de *L. ferrea* nos substratos, não interferiu na
191 emergência das plântulas de milho para nenhuma variável analisada.

192 **Tabela 1:** Porcentagem de Emergência (PE%), Tempo Médio de Emergência (TME/dias) e
193 Índice de Velocidade de Emergência (IVE) das plântulas de milho submetidas aos diferentes
194 tratamentos do pó de *Libidibia ferrea*, sendo T1 – 0; T2 – 5,57g e T3 – 11,15g.

Tratamentos	PE (%)	TME (sementes/dia)	IVE
0	77.2	7.68	2.87
5,57g	70.4	7.28	2.77
11,15g	77.8	7.86	3.08
CV%	20.86	13.7	25.08

195 Valores acompanhados de letras diferentes, diferem significativamente entre si pelo teste de
196 Tukey a 5% de probabilidade.

197 Os compostos alelopáticos podem ou não interferir na germinação e emergência das
 198 plântulas, uma vez que são seletivos no seu modo de ação e os vegetais seletivos em suas
 199 respostas elaboradas, sendo que sua atividade depende da concentração liberada e da resposta
 200 da planta aceptora (Corsato *et al.*, 2016). Assim, os efeitos alelopáticos de um determinado
 201 composto não são constantes e estão diretamente relacionados com a suscetibilidade da planta
 202 aceptora (Almeida *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2010, Chiochetta & Tischer, 2021). Nesse caso, o
 203 milho não foi suscetível aos compostos presentes nos extratos.

204 Foi observado por Meneses *et al.* (2019), os quais testaram em laboratório o potencial
 205 alelopático de extratos de *L. ferrea* sobre a germinação de sementes de alface, que os extratos
 206 aquosos das folhas, nas concentrações de 50%, aumentaram o índice de germinação de
 207 sementes.

208 Já Gomes *et al.* (2013), realizaram um trabalho semelhante ao avaliarem o efeito
 209 alelopático de *Lupinus angustifolius* (L.), também pertencente à família Fabaceae, sobre a
 210 germinação e o desenvolvimento do milho e concluíram que *L. angustifolius* possui potencial
 211 alelopático e o desenvolvimento das plântulas apresentou sensibilidade aos compostos. Nesse
 212 caso, mesmo sendo da mesma família que *L. ferrea*, é possível que *L. angustifolius* apresente
 213 uma composição química de substâncias alelopáticas diferentes, as quais o milho foi suscetível
 214 a sua ação.

215 *Desenvolvimento inicial em casa de vegetação*

216 Com relação ao desenvolvimento inicial, não houveram diferenças entre as variáveis
 217 analisadas (Tabela 2). Apesar de não interferir no crescimento das plântulas de milho, já se sabe
 218 que extratos foliares de *L. ferrea* possuem compostos alelopáticos, como alcalóides, saponinas,
 219 compostos fenólicos e flavonoides (Alves *et al.* 2023).”.

220 **Tabela 2:** Comprimento Médio de Raiz (CMRA), Comprimento Médio de Parte Aérea
 221 (CMPA), Massa Seca de Raiz (MSRA) e Massa Seca de Parte Aérea (MSPA) das plântulas de
 222 milho com 15 dias submetidas aos diferentes tratamentos com o pó de *Libidibia ferrea*, sendo
 223 T1 – 0; T2 – 5,57g e T3 – 11,15g.

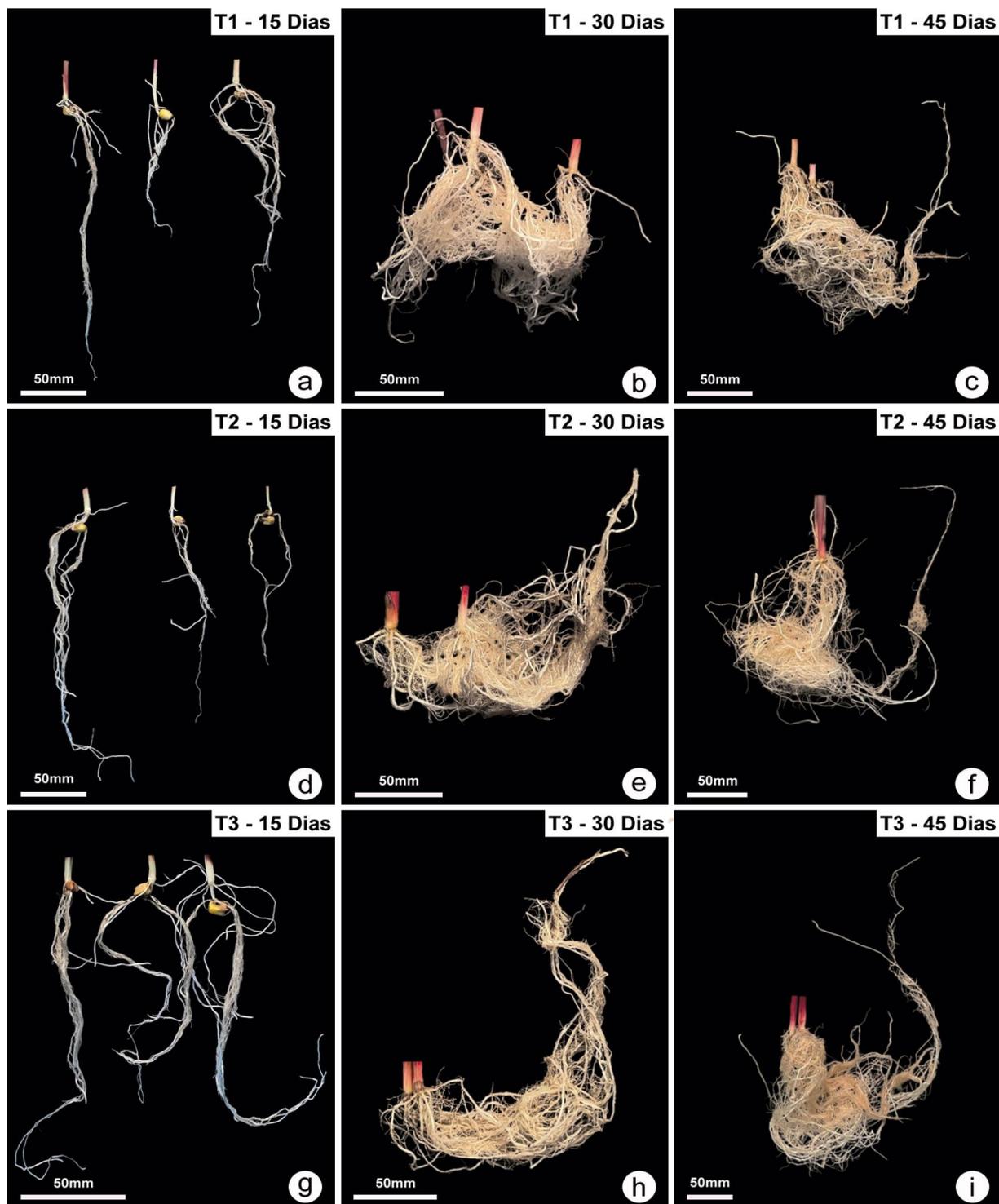
Tratamentos	CMRA	CMPA	MSRA	MSPA
0	23.62	19.64	0.599	0.321
5,57g	25.74	21.86	0.477	0.342
11,15g	23.08	19.70	0.515	0.299

CV%	12.63	14.3	16.76	30.21
-----	-------	------	-------	-------

224 Valores acompanhados de letras diferentes, diferem significativamente entre si pelo teste de
225 Tukey a 5% de probabilidade.

226 Em experimento de desenvolvimento inicial do milho submetido aos extratos de *L.*
227 *ferrea* em laboratório (Capítulo 1), foi observado diferenças no comprimento da raiz, o qual foi
228 inibido na presença dos extratos. Em laboratório, as plantas têm contato concentrado com os
229 aleloquímicos, enquanto em casa de vegetação, o pequeno volume de fitotoxinas por vaso pode
230 não refletir o mesmo efeito (Santos *et al.*, 2001). Além disso, em ambientes naturais, fatores
231 como ação de microrganismos podem influenciar nos efeitos dos compostos do metabolismo
232 secundário. Dessa forma, a abordagem integrada dos dois testes permite uma compreensão mais
233 completa dos efeitos alelopáticos e sua relevância (Carvalho *et al.*, 2016).

234 Morfologicamente, as raízes das plântulas não apresentam alterações visíveis quanto à
235 espessura das raízes, coloração e presença de pelos radiculares (Figura 1). O desenvolvimento
236 das raízes das plântulas submetidas a presença do pó das folhas de *L. ferrea* nos Tratamentos 2
237 e 3, ocorreu de maneira similar ao desenvolvimento das plântulas não tratadas (Tratamento 1)
238 em todas as coletas.



239

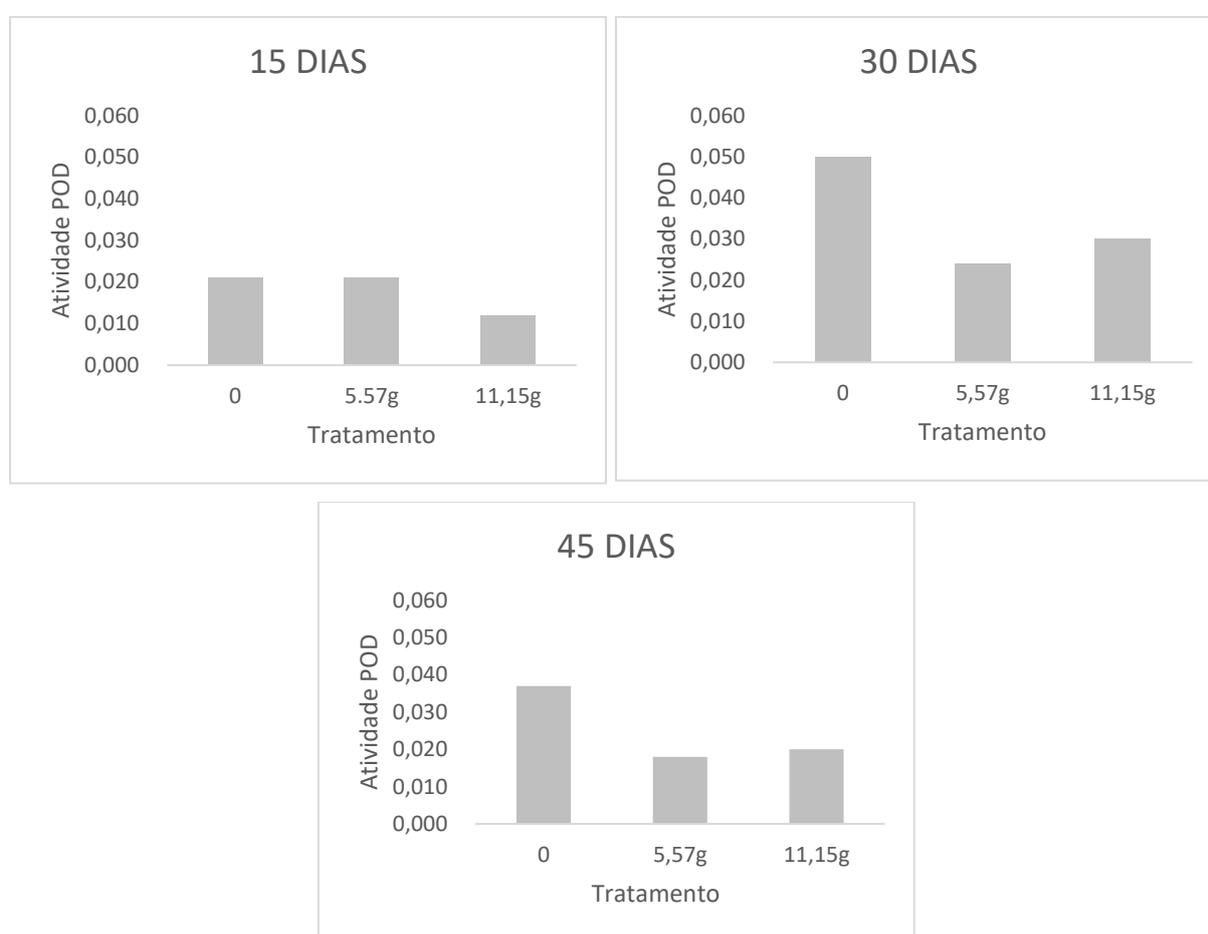
240 **Figura 1:** Aspectos morfológicos das raízes de plântulas de *Zea mays* (milho) submetidas a
 241 diferentes tratamentos (T1, T2 e T3) e períodos de coleta (15, 30 e 45 dias). A-C. Tratamento
 242 1. D-F. Tratamento 2. G-I. Tratamento 3.

243 Essas observações indicam que os tecidos, principalmente da região da coifa,
 244 desempenharam adequadamente suas funções, as quais estão relacionadas com a proteção do

245 meristema apical da raiz, além de ser reguladora do crescimento radicular, desta forma,
 246 quaisquer alterações na estrutura das células que as compõem, refletem diretamente no
 247 desenvolvimento da raiz das plantas (Kumpf & Nowack, 2017).

248 *Análise enzimática POD*

249 Após 15 dias da semeadura, as raízes do milho submetidas à 11,5g do pó de *L. ferrea*
 250 apresentaram redução da POD, se comparado com a testemunha e o tratamento com 5,57g do
 251 pó. Já nas coletas com 30 e 45 dias após a semeadura, a aplicação do pó na concentração de
 252 5,57g já foi suficiente para reduzir a atividade da peroxidase em relação à testemunha, e esse
 253 comportamento foi mantido para o tratamento 3 (Figura 2).



254

255

256 **Figura 2:** Atividade da enzima Peroxidase (POD, EC 1.11.1.7) na raiz das plântulas de milho (*Zea*
 257 *mays*) submetidas às concentrações de 0 (T1), 5,57g (T2) e 11,15g (T3) do pó das folhas secas de
 258 *Libidibia ferrea* referentes às coletas com 15 dias, 30 dias e 45 dias após a semeadura.

259 Em contrapartida, Pires *et al.* (2001), analisaram o efeito alelopático do extrato aquoso
 260 de *Leucaena leucocephala*, espécie da família Fabaceae, sobre plântulas de milho, e observaram
 261 aumento da atividade enzimática nas doses mais elevadas do extrato de leucena, ocasionando a

262 inibição do desenvolvimento das raízes do milho. Os autores sugerem ser uma possível relação
263 de causa e efeito, uma vez que, em situações de estresse, a atividade da POD pode aumentar,
264 auxiliando na reparação de danos à parede celular e na proteção das células vegetais contra
265 danos adicionais.

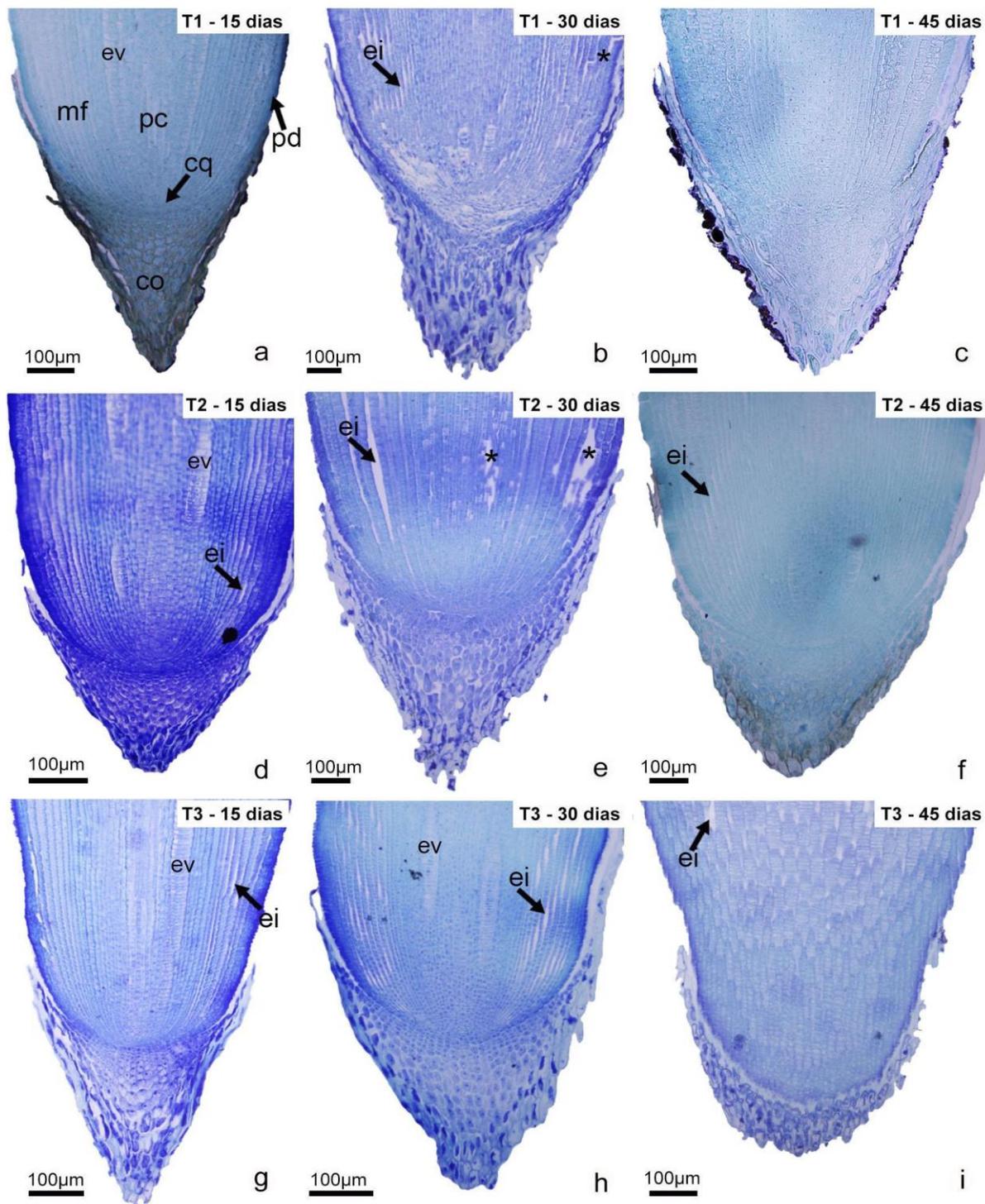
266 Algumas PODs são expressas de forma integral, porém outras são induzidas em
267 consequência de estresses ambientais (Almeida *et al.*, 2008; Barbosa *et al.*, 2014). A POD EC
268 1.11.1.7, analisada no presente trabalho, pertence a classe III de uma família multigênica de
269 peroxidases possuidoras de um grupo heme, com propriedades catalíticas, que estão presentes
270 em todas as plantas terrestres e relacionadas à diversos processos fisiológicos ligados à parede
271 celular (Bakalovic *et al.*, 2006; Passardi *et al.*, 2004).

272 Um dos papéis dessa enzima é seu envolvimento, no alongamento das células (Passardi
273 *et al.*, 2005; Rossi & Costa, 2012; Francoz *et al.*, 2015). Além disso, as peroxidases da classe
274 III estão envolvidas na regulação e alteração dos níveis endógenos do hormônio auxina, que
275 também atua no alongamento celular (Gaspar *et al.*, 1994; Hiraga *et al.*, 2001).

276 Tendo em vista que, os resultados das variáveis do desenvolvimento inicial das plântulas
277 de milho submetidas ao pó de *L. ferrea*, não apresentaram diferenças entre os tratamentos
278 (Tabela 2), sugere-se que o processo de alongamento celular, no qual as peroxidases testadas
279 estão envolvidas, não sofreu consequências negativas na presença dos aleloquímicos, que
280 provavelmente foram regulados de forma efetiva pela enzima. Dessa forma, a redução da
281 atividade da enzima peroxidase observada nas raízes das plântulas de milho (Figura 2), pode
282 estar relacionada com a presença dos aleloquímicos derivados do pó de *L. ferrea*.

283 *Caracterização anatômica da raiz*

284 As raízes formadas não apresentaram diferenças quanto ao desenvolvimento e
285 integridade dos tecidos entre o tratamento sem o pó (T1) e os tratamentos com diferentes
286 concentrações de extratos (T2 e T3) (Figura 3). Essas análises anatômicas corroboram com os
287 dados fisiológicos já apresentados, reforçando que a presença dos aleloquímicos no pó das
288 folhas de *L. ferrea* não afetou o desenvolvimento do principal órgão de absorção da planta.



289

290 **Figura 3:** Região apical de raízes de *Zea mays* (milho) em secção longitudinal submetidas a
 291 diferentes tratamentos (T1, T2 e T3) e períodos de coleta (15, 30 e 45 dias). A-C. Tratamento
 292 1. D-F. Tratamento 2. G-I. Tratamento 3. asterisco = injúrias; co = coifa; cq = centro quiescente;
 293 ei = espaços intercelulares; ev = elemento de vaso; mf = meristema fundamental; pc =
 294 procâmbio; pd = protoderme.

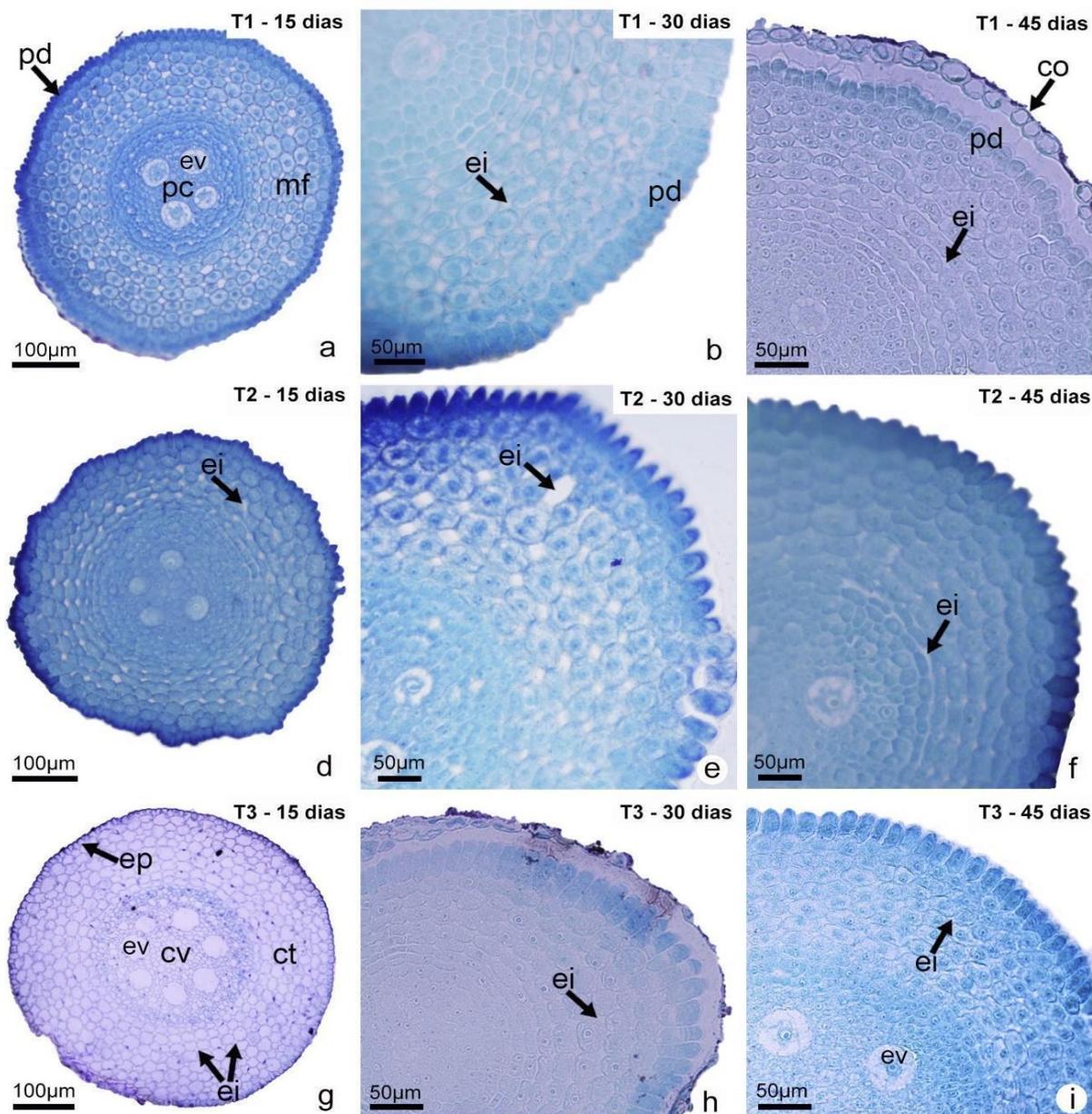
295 Estudos sobre os compostos alelopáticos revelam que o sucesso ou não do crescimento
296 e desenvolvimento das espécies vegetais submetidas aos aleloquímicos, está frequentemente
297 associado às estruturas dos tecidos radiculares, pois as alterações ocorridas nesses tecidos são
298 consideradas mudanças secundárias, refletindo as consequências de estresses ocorridos à nível
299 celular (Ferreira & Áquila, 2000; Gniazdowska & Bogatek, 2005; Maraschin-Silva & Aquila,
300 2006; Pereira *et al.*, 2017), o que no presente trabalho não foi observado, pois os tecidos
301 radiculares permaneceram íntegros (Figura 3).

302 Anatomicamente, em secção longitudinal (SL), notou-se que o ápice radicular no
303 tratamento 1 (controle) (Figura 3 a-c) e nos demais tratamentos, T2 (Figura 3 d-f) e T3 (Figura
304 3 g-i), não mostraram danos na estrutura e organização das células da coifa (co), centro
305 quiescente (cq) e dos tecidos meristemáticos, sendo esses: protoderme (pd), meristema
306 fundamental (mf) e procâmbio (pc).

307 Os processos de divisão celular e diferenciação dos tecidos não foram afetados pelos
308 extratos (Figura 3). As células dessa região apical possuem paredes celulares delgadas e
309 citoplasma denso com núcleo evidente e formato circular conservado (Figura 3). Na região do
310 meristema fundamental, que dará origem ao córtex radicular, observa-se a formação de espaços
311 intercelulares (ei) na região cortical (ct) (Figura 3 b, e-i), que, posteriormente irão constituir
312 tecido de armazenamento de ar (aerênquima). No tecido procambial (pc), nota-se a
313 diferenciação dos tecidos vasculares, com destaque para os elementos de vaso (ev) (Figura 3 a,
314 d, g-h). Algumas injúrias observadas e destacadas com asterisco foram ocasionadas pelo
315 processo de inclusão do material (Figura 3 b, e).

316 Essas análises estão de acordo com os dados de desenvolvimento inicial (Tabela 2), que
317 revelaram que a presença da *L. ferrea* não influenciou no comprimento das raízes. Um dos
318 tecidos mais afetados pela ação dos aleloquímicos é o meristema apical, levando a redução da
319 mitose e, conseqüentemente, à supressão do crescimento da raiz e a redução do comprimento
320 radicular, consequências que não foram observadas nas imagens anatômicas (Figura 3)
321 (Gniazdowska & Bogatek, 2005; Mushtaq *et al.*, 2020).

322 A análise anatômica em secção transversal (ST) do ápice radicular (Figura 4 a-i),
323 corrobora as observações das secções longitudinais quanto a manutenção da integridade das
324 paredes e conteúdo celular e do processo de diferenciação dos tecidos, com destaque para a
325 protoderme e epiderme, formação dos espaços intercelulares e dos tecidos vasculares (Figura
326 4).



327

328 **Figura 4:** Região apical de raízes de *Zea mays* (milho) em secção transversal submetidas a
 329 diferentes tratamentos (T1, T2 e T3) e períodos de coleta (15, 30 e 45 dias). A-C. Tratamento
 330 1. D-F. Tratamento 2. G-I. Tratamento 3. co = coifa; ct = córtex; ei = espaços intercelulares; ep
 331 = epiderme; ev = elemento de vaso; mf = meristema fundamental; pc = procâmbio; pd =
 332 protoderme.

333 A inibição do crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais, quando submetidas
 334 a ação de aleloquímicos, tende a estar associada, principalmente, às alterações estruturais nos
 335 tecidos radiculares, por isso a importância da caracterização anatômica deste órgão,
 336 confirmando ou não possíveis danos sofridos a estes tecidos, que nesse caso não foram

337 confirmados (Burgos *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2017). Soln & Kolce (2021) ressaltam a
338 importância de estudos como estes, uma vez que a análise anatômica radicular e da estrutura
339 celular, após a exposição de aleloquímicos, é rara.

340 Dessa forma, a integridade das células e manutenção dos processos de diferenciação dos
341 tecidos, ressalta que a raiz do milho não sofre danos estruturais aparentes na presença dos
342 aleloquímicos presentes no pó das folhas de *L. ferrea*.

343 CONCLUSÕES

344 A presença do pó das folhas secas de *L. ferrea* em diferentes concentrações não
345 influenciou a emergência do milho em casa de vegetação.

346 A enzima peroxidase apresentou redução de sua atividade nas raízes das plântulas de
347 milho, em comparação com a testemunha.

348 As análises anatômicas evidenciam que o sistema radicular não sofreu danos estruturais
349 na presença dos aleloquímicos de *L. ferrea*.

350 Dessa forma, sugere-se que há possibilidade de associação entre *L. ferrea* e milho em
351 Sistemas Agroflorestais.

352 AGRADECIMENTOS

353 Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

354 REFERÊNCIAS

355 Almeida D, Zucoloto M, Zetun MC, Coelho I & Sobreir FB (2008) Estresse oxidativo em
356 células vegetais mediante aleloquímicos. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín
357 61:4237-4247.

358
359 Almeida GD, Zucoloto M, Zetun MC, Coelho I. & Sobreir FM (2008) Oxidative stress in
360 vegetable cells mediated by allelochemicals, Revista Facultad Nacional de Agronomia
361 Medellín 61:4237-4247.

362
363 Alves RM, Silva MAD, Silva JNS, Costa RS, Santos BKL & Lima ESL (2019) Efeito
364 alelopático de *Libidibia ferrea* Mart. Sobre o vigor das sementes de feijão-caupi. Revista Verde
365 de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 14:476-479.
366 army knife. Plant Cell Reports, 24: 255-265.

367
368 Alves RM, Silva MAD, Silva JN, Silva EF & Miranda PHO (2023) Serapilheira de *Libidibia*
369 *ferrea* no estabelecimento de plântulas de milho. Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente, 13.

370
371
372 Bakalovic N, Passardi F, Ioannidis V & Cosio C (2006) PeroxiBase: A class III plant peroxidase
373 database. Phytocemistry, 67:534–539.

374

- 375 Barbosa MR, Silva MMA, Willadino L, Ulisses C & Camara TR (2014) Geração e
376 desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. *Ciência Rural*, 44.
377
- 378 Barros JFC & Calado JG (2014) A cultura do milho. Escola de ciências e tecnologia,
379 Universidade de Évora, 52p.
380
- 381 Bienert GP, schjoerring, JK jahn, TP (2006) Membrana transport of hydrogen peroxide.
382 *Biochimica et Biophysica Acta*, Amsterdam, 1758:994-1003.
383
- 384 Burgos NR, Talbert RE, Kim KS & Kuk YI (2004) Growth inhibition and root ultrastructure of
385 cucumber seedlings exposed to allelochemicals from rye (*Secale cereale*). *Journal of Chemical*
386 *Ecology*, 30: 671-689.
387
- 388 Camargo GM, Schlindwein MM, Padovan MP & da Silva LF (2019) Sistemas Agroflorestais
389 Biodiversos: Uma Alternativa Para Pequenas Propriedades Rurais. *Revista Brasileira de Gestão*
390 *e Desenvolvimento Regional*, 15:34-46.
391
- 392 Carvalho WP, Teixeira LGV, Neto DOA, Moreira JMS, Cunha CE (2016) Alelopatia de
393 resíduos de plantas de cobertura no controle de braquiária cv. Marandu. *Revista Brasileira de*
394 *Biociências*, 14:60-69.
395
- 396 Chacel FC. (2018) Espécies arbóreas em sistemas agroflorestais no Distrito Federal, Brasil.
397 Doctoral Thesis. Universidade de Brasília, Distrito Federal. 237p.
398
- 399 Chaer GM, Resende AS, Campello EFC, Faria SM.; Boddey RM & Schimidt S (2011)
400 Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil.
401 *Tree Physiology*, 31:139-149.
402
- 403 Chiochetta AG, Tischer JS (2021) Efeito alelopático e caracterização do extrato aquoso de
404 azevém (*Lolium multiflorum*) sobre a germinação de sementes de trigo. *Anais de Agronomia*,
405 2:95-104.
406
- 407 Coelho, EMP, Barbosa MC, Mito MS, Mantovanelli GC, Oliveira RSJ, Ishii-Iwamoto EL
408 (2017) The activity of the antioxidant defense system of the wees *Senna obtusifolia* L. and its
409 resistance to allelochemical stress. *Journal of chemical ecology*, 43:725-738.
410
- 411 Cordeiro AS, Silva ML, Oliveira NS & Oliveira TM (2018) Simulação da variação do
412 espaçamento na viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. *Floresta Ambiental*, 25:1.
413
- 414 Corsato JM, Fortes AMT, Porto EC, Ribeiro MI & Fruehwirth M (2016) Estresse oxidativo
415 mediado por aleloquímicos e suas implicações na germinação e crescimento inicial de plantas.
416 *Journal of Agronomic Sciences*, 5:136-150.
417
- 418 Dahiya S, Kumar S, Khedwal RS, Jakhar SR (2016) Allelopathy Sustainable Weed
419 Management. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6: 832– 837.
420
- 421 Duboc E (2014) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: Padovan MP, Pezarico CR, Otsubo
422 AA (Ed). *Tecnologias para a agricultura familiar*. p.11-14.

- 423
424 Duke SO (2010) Allelopathy: current status of research and future of the discipline: a
425 commentary. *Allelopathy Journal*, 25:17-30.
426 Environmental performance of agroforestry systems in the Cerrado biome, Brazil.
427
428 Ferrarese MLL, Souza NE, Rodrigues JD & Ferrarese F (2000) Ferulic acid 672 uptake by
429 soybean root in nutrient culture. *Acta Physiologia e Plantarum*, 22:121-124.
430
431 Ferreira AG & Áquila MEA (2000) Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista*
432 *Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12:175-204.
433
434 Francoz E, Ranocha P, Nguyen-kim H, Jamet E, Burlat V & Dunand D (2015) Roles of cell
435 wall peroxidases in plant development. *Phytochemistry*, 12:15-21.
436
437 Gniazdowska A & Bogatek R (2005) Allelopathic interactions between plants. Multi site action
438 of allelochemicals. *Acta Physiologiae Plantarum*, 27: 395-407.
439
440 Góes GS, Gross E, Brito-rocha E & Mielke MS (2015) Efeitos da inoculação com bactérias
441 diazotróficas e da adubação nitrogenada no crescimento e na qualidade de mudas de *Inga*
442 *laurina* (SW.) Willd. (Fabaceae). *Revista Árvore*, Viçosa, 39:1031-1038.
443
444 Gomes FM, Fortes AMT, da Silva J, Bonamigo T & Pinto TT (2013) Efeito alelopático da
445 fitomassa de *Lupinus angustifolius* (L.) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Zea*
446 *mays* (L.) e *Bidens pilosa* (L.). *Revista Brasileira De Agroecologia*, 8.
447
448 Gonçalves ALR (2016) Sistemas Agroflorestais no Semiárido Brasileiro: estratégias para
449 combate à desertificação e enfrentamento às mudanças climáticas, Recife: Centro
450 Sabiá/Caatinga, 136p.
451 Kremer TCB, Yamashita OM, Silva IV, Pereira MP, Batistão AC (2020) Extratos Alcoólicos
452 de gervão (*Stachytarpheta cayennensis*) causam alteração anatômica em plântulas de pepineiro.
453 *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 13:333-348.
454
455 Kumpf RP & Nowack MK (2015). The root cap: A short story of life and death. *Journal of*
456 *Experimental Botany*, 66: 5651-562.
457
458 Leal JA (2012) Produção e qualidade da liteira de três leguminosas arbóreas nativas do nordeste
459 do Brasil. *Archivos de Zootecnia*, 61:323-334.
460
461 Lewis GP (2014) *Libidibia*. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio
462 de Janeiro.
463
464 Machado AM (2018) *Libidibia ferrea*. In: Lidio Coradin, Julceia Camillo, Frans Pareyn (Ed).
465 *Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial*. p. 542-547.
466
467 Machado FA, Bezerra-neto E, Nascimento PSCB, Silva LM, Barreto LP, Nascimento HTS
468
469 Marafon AC, Herter FLG, Bacarin MA & Hamwerroth FJ (2009) Atividade da peroxidase
470 durante o período hibernar de plantas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch.) cv. jubileu

- 471 com e sem sintomas da morte precoce. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, 31:938-
472 942.
- 473
- 474 Maraschin-silva F & Aquila MEA (2006) Potencial alelopático de espécies nativas na
475 germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). Acta Botânica Brasilica,
476 20:61-69.
- 477
- 478 Martinelli GC, Schlindwein MM, Padovan MP, Vogel E & Ruviaro CF (2019). Environmental
479 performance of agroforestry systems in the Cerrado biome, Brazil. World Development, 122:
480 339-348.
- 481
- 482 Meneses FMN (2019) Efeito do extrato aquoso de jucá (*Libidibia ferrea*) planta nativa da
483 caatinga sobre a germinação do alface (*Lactuca sativa*). International Journal Semiarid, 1:22-
484 26.
- 485
- 486 Miccolis A, Peneireiro FM, Marques HR, Vieira DLM, Arco-verde MF, Hoffmann MR,
487 Rehder T & Pereira AVB (2016) Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como
488 conciliar conservação com produção. Brasília, DF: Instituto Sociedade, População e Natureza.
489 266p.
- 490
- 491 Mushtaq W, Siddiqui MB & Hakeem KR (2020) Mechanism of action of allelochemicals. In:
492 Allelopathy: Potential for Green Agriculture (Eds., W. Mushtaq, M. B. Siddiqui, K. R. Hakeem)
493 p. 61-66.
- 494
- 495 Nair PKR (1993) An introduction to agroforestry Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic
496 Publishers, 1993.
- 497
- 498 Passardi F, Cosio C, Penel C & Dunand C (2005) Peroxidases have more functions than a Swiss
499 species and cell death in lettuce seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 88:53-59.
- 500
- 501 Passardi F, Penel C & Dunand C (2004) Performing the paradoxical: how plant peroxidase
502 modify the cell wall. Trends in Plant Science, 9:534-540.
- 503
- 504 Pereira LAR, Pina GO, Silveira CES, Gomes SM, Toledo JL & Borghetti F (2017) Effects of
505 *Eugenia dysenterica* L. extracts on roots and gravitropism of *Sesamum indicum* L. and
506 *Raphanus sativus* L. Allelopathy Journal, 42:3-19.
- 507
- 508 Pires NDM, Souza IRP, Prates HT, Faria TCL, Filho IAP & Magalhães PC (2001) Efeito do
509 extrato aquoso de leucena sobre o desenvolvimento, índice mitótico e atividade da peroxidase
510 em plântulas de milho. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 13:55-65.
- 511
- 512 Pott A (1993) Árvores no sistema pastoril. In: Simpósio Sobre Usos Múltiplos de Leguminosas
513 Arbóreas e Arbustivas, Nova Odessa, SP, Instituto de Zootecnia, p. 95 – 129.
- 514
- 515 Queiroz LP (2009) Leguminosas da Caatinga. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira
516 de Santana. 467p.
- 517

- 518 Raven EL (2003) Understanding functional diversity and substrate specificity in haem
519 peroxidases: what can we learn from ascorbate peroxidase? *Natural Product Reports*, 20:367-
520 381.
- 521
522 R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing.
523 R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL
524 <http://www.R-project.org/>.2013
- 525
526 Rossi VS & Costa MF (2012) Mecanismo antioxidante em plantas. In. 10 Simposio de Ensino
527 de Graduação, Piracicaba. Anais. Piracicaba: UNIMEP.
- 528
529 Santos JCF, Costa RSC, Leônidas FC, Rodrigues VGS (2001) Estudos alelopáticos
530 relacionados ao café. Embrapa-CPAF, Documentos, 54.
- 531
532 Scheer GR, Pohlmann V, Molina AR, Mayer FC, Shoffel ER & Eicholz ED (2022) Viabilidade
533 do Sistema Agroflorestal para a produção de sementes de milho em sistemas de cultivo de base
534 ecológica. In: XXXI Congresso de iniciação científica, UFPEL.
- 535
536 Seigler DS (1996) Chemistry and mechanisms of allelopathy interactions. *Agronomy Journal*,
537 88:876-885.
- 538
539 Šoln K, Koce JD (2021) Allelopathic root inhibition and its mechanisms. *Allelopathy Journal*
540 52:181-198.
- 541
542 Silva MAD, Silva JN, Alves RM, Gonçalves EP & Viana (2021) Alelopatia de espécies da
543 Caatinga. *Research, Society and Development*, 10.
- 544
545 Souza APS, Guilhon GMSP & Santos LS (2010) Metodologias empregadas em estudos de
546 avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório: revisão crítica. *Planta daninha*
547 28:689-697.
- 548
549 Souza L, Taveira ALM, Feitosa AJG, Menegon SJM, Araujo GAC, Silva SM, Fortes AMT
550 (2024) Efeito alelopático da *Cyperus rotundus* L. sobre a germinação de bioindicadoras e no
551 crescimento inicial do milho (*Zea mays*). *Research, Society and Development*, 13.
- 552
553 Tsufac AR, Awazi NP & Yerima BPK (2021) Characterization of agroforestry systems and
554 their effectiveness in soil fertility enhancement in the south-west region of Cameroon. *Current*
555 *Research in Environmental Sustainability*, 3.
- 556
557 Yanv ZQ, Wang DD, Ding L, Cui HY, Jin H, Yang XY & Qin B (2015). Mechanism of
558 artemisinin phytotoxicity action: Induction of reactive oxygen. *World Development*, 122:339-
559 348.
- 560
561 Yin L, Mano J, Wang S, Tsuji W, Tanaka, k (2010) The involvement of lipid peroxide-derived
562 aldehydes in aluminum toxicity of tobacco roots. *Plant Physiology*, Rockville, 152:1406-1417.
- 563

564 Zheng Z, Shanmughavel P, Min Cao LS & Warren M (2006) Litter decomposition and nutrient
565 release in Tropical Seasonal Rain Forest of Xishuangbanna, Southwest China. *Biotropica*,
566 38:342-347.

Normas da Revista Ceres (ISSN: 2177-3491)

Anexo II

Instruções aos autores

1. Submissões

Os trabalhos devem ser submetidos exclusivamente *on line* acessando-se o site www.ceres.ufv.br.

2. Tipos de trabalhos

A Revista Ceres publica Artigos, Comunicações, Revisões (a convite) e Cartas ao Editor.

Artigo: Deve relatar um trabalho original completo, em que a reprodutibilidade dos resultados está claramente estabelecida.

Comunicação: Deve relatar resultados conclusivos e não dados preliminares. É um formato alternativo para descrever, de forma mais concisa, resultados parciais de um trabalho mais amplo, ou de relatar resultados conclusivos baseados em um menor volume de dados.

Revisão: Deve reportar, em profundidade, o estado da arte de determinado tema, após convite da Comissão Editorial, sem limite de páginas.

Carta ao editor: Deve retratar, de forma informal, algum tema técnico-científico de interesse da comunidade de ciências agrárias ou biológicas. Sua publicação fica a critério da Comissão Editorial.

3. Estrutura do artigo e comunicações

O manuscrito deve ter o seguinte formato:

a. Title

Deverá ter no **máximo 20 palavras**, centralizadas e em negrito. Apenas a primeira palavra com a letra inicial em maiúscula e as demais em minúscula, exceto em casos pertinentes (p. ex., nomes científicos; *Phaseolus vulgaris*). Se necessário, introduzir nota de rodapé, ao seu final, usando algarismo arábico sobrescrito. (veja o item rodapé).

b.

Abstract

A palavra "ABSTRACT" deve ser escrita em letra maiúscula, alinhada à esquerda e ter aplicação de negrito. Essa seção deve conter no **máximo 200 palavras** e ter apenas um parágrafo. O

texto deve conter, em linhas gerais, a hipótese, os objetivos, material e métodos utilizados, resultados expressivos alcançados e a conclusão. O texto deve ser iniciado na linha subsequente ao título dessa seção.

c. Keywords

As Keywords devem ter um número **mínimo de três e máximo de seis palavras** e devem ser citadas em parágrafo subsequente ao resumo. Devem ser grafadas com inicial minúscula (exceto os nomes científicos) e separadas por **ponto e vírgula**, sem repetir palavras contidas no título do trabalho.

d. Introduction

O título dessa seção, "INTRODUCTION", deve ser escrito em letra maiúscula, alinhado à esquerda. A introdução deve ater-se ao problema do trabalho em pauta, situando o leitor quanto à sua importância, hipótese da pesquisa e os objetivos, estando estes últimos claramente expressos ao final da introdução.

e. Material and methods

O título dessa seção, "MATERIAL AND METHODS", deve ser escrito em letra maiúscula, alinhado à esquerda. A seção deve ser redigida com detalhe suficiente para que o trabalho possa ser repetido. A Revista Ceres requer que estejam especificados no artigo os procedimentos estatísticos, incluindo: o delineamento utilizado, o número de repetições e a técnica estatística empregada. Quando não houver delineamento, o artigo deve descrever claramente como foi feita a condução da pesquisa, e qual a técnica estatística utilizada para a análise dos dados. Quando os tratamentos se constituírem de fatores quantitativos com três ou mais níveis, as variáveis de resposta devem ser submetidas à análise de regressão. Se for de interesse comparar os níveis com o padrão ou testemunha, o teste adotado deve ser o Dunnett. Casos excepcionais serão avaliados pela Comissão Editorial.

f. Results and discussion

O título da seção, "RESULTS AND DISCUSSION", deve ser escrito em letra maiúscula, alinhado à esquerda. O texto deve ser claro e conciso, apoiado na literatura pertinente. **Results and Discussion são seções que podem vir juntas ou separadas.**

Obs: As seções **Material and Methods** e **Results and Discussion** poderão conter subseções, indicadas por subtítulos escritos em **itálico e negrito**, iniciados por letra maiúscula e centralizados.

g. Conclusions

O título da seção "CONCLUSIONS" deve ser escrito em letra maiúscula, alinhado à esquerda. As conclusões devem ser concisas e derivadas dos dados apresentados e discutidos. Cada conclusão deve constituir parágrafo novo.

h. Acknowledgements, financial support and full disclosure

O título da seção "ACKNOWLEDGEMENTS, FINANCIAL

SUPPORT AND FULL DISCLOSURE " deve ser grafado em letra maiúscula e alinhado à esquerda. Os autores devem informar se receberam financiamento ou apoio de instituições de incentivo à pesquisa.

Os autores devem declarar nesta seção se há, ou não, algum conflito de interesse na condução e publicação do trabalho.

i. References
O título da seção "REFERENCES" deve ser escrito em letra maiúscula, alinhado à esquerda. As referências devem ser listadas por ordem alfabética. As normas para a elaboração das referências encontram-se, ainda nesta página, em **NORMAS PARA REFERÊNCIAS**.

4. Formatação do texto

O texto deve ser digitado em Microsoft Word, justificado, em espaço duplo, fonte Times New Roman, tamanho 12. O formato da página deverá ser A4, com margens de 3 cm. As linhas do texto devem apresentar numeração contínua.

a. Tamanho do artigo
Os artigos devem ter, **no máximo, 25 páginas**, incluindo-se as referências, figuras e tabelas. As comunicações devem ter, **no máximo, 15 páginas**, incluindo-se as referências, figuras e tabelas.

b. Autoria
Artigos e comunicações devem ter, no máximo, seis autores. Todos os autores deverão ter o registro [ORCID - Connecting Research and Researchers](#), pois este será exigido na submissão do artigo.

c. Idioma
A Revista Ceres aceita a submissão de artigos somente na língua inglesa. O domínio do idioma inglês padrão também é critério fundamental para a avaliação do artigo. Portanto, sugerimos aos autores que não tem proficiência em Língua Inglesa que enviem o manuscrito a um revisor competente para fazer a revisão do artigo. Os autores que quiserem sugestão de revisores/tradutores devem enviar um e-mail para ceresonline2@gmail.com.

5. Encaminhamento de arquivos

No ato da submissão os autores deverão enviar os seguintes arquivos:

a. O artigo (contendo o texto sem identificação de autoria)

b. Folha de rosto (Title page)
A **title page** deve conter o título do artigo, os autores, logo abaixo

do título, em sequência e centralizado, e as notas de rodapé referentes a cada autor.

O *RODAPÉ* deve conter as seguintes informações: A primeira nota deve fornecer informações sobre o trabalho (se foi extraído de tese, dissertação, etc., e fonte financiadora) e as demais, informações sobre a afiliação de cada um dos autores, obedecendo à seguinte ordem: Instituição, departamento (quando houver), cidade, estado, país e e-mail. Não utilizar abreviações para nenhuma informação do rodapé. Para autores vinculados à mesma instituição e departamento, deve-se utilizar a mesma nota de rodapé.

Na última linha do rodapé inserir um asterisco e indicar o e-mail do autor correspondente. Ex: *Corresponding author: maria@ufv.br

c. Author contribution (deve-se especificar qual foi a contribuição de cada autor no desenvolvimento da pesquisa).

O arquivo com o artigo deve ser enviado como "main document" e os demais como "supplemental file not for review".

6. Normas para referências

O título da seção "REFERENCES" deve ser escrito em letra maiúscula, alinhado à esquerda. As referências devem ser listadas por ordem alfabética. Seguem os exemplos:

a) Artigos de periódicos:
Pinto JD (2006) A review of the new world genera of Trichogrammatidae (Hymenoptera). *Journal of Hymenoptera Research*, 15:38–163.

Possenti JC & Villela FA (2010) Efeito do molibdênio aplicado via foliar e via sementes sobre o potencial fisiológico e produtividade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, 32:143–150.

Martinez HEP, Poltronieri Y & Cecon PR (2015) Supplying zinc salt tablets increased zinc concentration and yield of coffee trees. *Journal of Plant Nutrition*, 38:136-140.

Stefanello Júnior GJ, Grützmacher AD, Spagnol D, Pasini RA, Bonez C & Moreira DC (2012) Persistência de agrotóxicos utilizados na cultura do milho ao parasitoide *Trichogramma pretiosu* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ciência Rural*, 42:17-23.

b) Livros:
Mengel K & Kirkby EA (2001) *Principles of plant nutrition*. 5ª ed. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 849p.

c) Capítulos de livros:

Martinez HEP, Neves JCL, & Alvarez VH (2017) Mineral Nutrition and Fertilization. In: Adriana Farah (Ed.) Coffee: Chemistry, Quality and Health. London, Royal Society of Chemistry. p.99-999.

d) Trabalhos em anais de congresso:

Junqueira Netto A, Sedyama T, Sedyama CS & Rezende PM (1982) Análise de adaptabilidade e estabilidade de dezesseis cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em seis municípios do sul de Minas Gerais. In: 1ª Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, Goiânia. Proceedings, EMBRAPA/CNPAP. p.47-48.

e) Teses e dissertações:

Fritsche-Neto R (2011) Seleção genômica ampla e novos métodos de melhoramento do milho. Doctoral Thesis. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 39p.

Hanauer JG (2011) Crescimento, desenvolvimento e produtividade em cultivo de cana-planta e cana-soca de um ano em Santa Maria, RS. Master Dissertation. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 81p.

f) CD-ROM:

França MHC & Omar JHDH (2004) Estimativa da função de produção do arroz no estado do Rio Grande do Sul: 1969 a 1999. In: 2º Encontro de Economia Gaúcha, Porto Alegre. Proceedings, FEE. CD-ROM.

g) Internet:

Darolt MR & Skora Neto F (2002) Sistema de plantio direto em agricultura orgânica. Available at: <https://ciorganicos.com.br/wp-content/uploads/2012/07/Plantio-1.pdf>. Accessed on: April 24th, 2013.

h) Boletim técnico:

Bastos DC, Scarpore Filho JA, Fatinansi JC, Pio R & Spósito MB (2004) A cultura da lichia. Piracicaba, DIBD/ESALQ. 23p. (Technical Bulletin, 26).

Cruz I (1995) A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas, Embrapa/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. 45 p. (Circular, 21).

i) Programas estatísticos:

R development core team (2010) R: A Language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. Available at: <https://research.cbs.dk/en/publications/r-development-core-team-2010-r-a-language-and-environment-for-sta>. Accessed on: January 15th, 2012.

SAS Institute Inc. (2002) Statistical Analysis System user's guide. Version 9.0. Cary, Statistical Analysis System Institute. 513p.

Universidade Federal de Viçosa (2007) SAEG: Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas. Versão 9.1. Viçosa, Fundação Arthur Bernardes. CD-ROM.

j) Legislação:
 Brasil (2000) Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. DOU, 10/01/2000, Seção 1, p.259.

Brasil (2001) Resolução RDC n. 12, de 02 janeiro de 2001. Aprova o Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. DOU, 01/25/2001, Section 1, p.174.

7. Normas de citação de referências no texto

Citação no Texto
 No texto, citar as referências nos formatos: (Autor, Ano), (Autor & Autor, Ano), (Autor *et al.*, Ano) ou (Silva, 1999; Arariki & Borges, 2003; Santos *et al.*, 2007), sempre em ordem cronológica ascendente. A referência deve ser citada ao final de um período que expresse uma ideia completa. Quando os nomes dos autores forem parte integrante do texto, menciona-se a data da publicação citada entre parênteses, logo após o nome do autor, conforme exemplos: Fontes (2008), Borges & Loreno (2014), Batista *et al.* (2016).

Citação de citação
 Todo esforço deve ser empreendido para se consultar o documento original. Entretanto, nem sempre é possível. Nesse caso, pode-se reproduzir informação já citada por outros autores. Pode-se adotar o seguinte procedimento: no texto, citar o sobrenome do autor do documento não consultado com o ano de publicação, seguido da expressão "cited by" e o sobrenome do autor do documento consultado com o ano de publicação; na listagem das referências deve-se incluir a referência completa da fonte consultada.

Comunicação pessoal
 Não faz parte da lista de referências, sendo colocada apenas em nota de rodapé. Coloca-se o sobrenome do autor seguido da expressão "personal communication", a data da comunicação, nome, estado e país da Instituição ao qual o autor é vinculado.

8. Normas para figuras e tabelas

As figuras e tabelas devem ser posicionadas **após sua chamada no texto**. Elas devem ser numeradas com algarismos arábicos, ficando a legenda posicionada abaixo nas figuras e acima nas tabelas.

Figuras e tabelas não devem repetir os mesmos dados. Figuras submetidas em formato eletrônico devem apresentar **resolução mínima de 300 dpi, em formato JPG**. Toda ilustração que já tenha sido publicada deve conter, abaixo da legenda, dados sobre a fonte (autor, data) de onde foi extraída.

A referência bibliográfica completa relativa à fonte da ilustração deve figurar na seção "References".

a. Tabelas

O termo refere-se ao conjunto de dados alfanuméricos ordenados em linhas e colunas. Deve ser construída apenas com linhas horizontais de separação no cabeçalho e ao final da tabela. A legenda recebe inicialmente a palavra Table, seguida pelo número de ordem em algarismo arábico, separado do enunciado da tabela **por dois pontos** e é referida no texto como Table. Colunas compostas por números fracionários, esses devem ser alinhados pela vírgula.

b. Figuras

O termo refere-se a qualquer ilustração constituída ou que apresente linhas e pontos: desenho, fotografia, gráfico, fluxograma, esquema, etc. Os desenhos, gráficos, etc. devem ser bem nítidos. As legendas recebem inicialmente a palavra Figure, seguida do número de ordem em algarismo arábico separado do enunciado da figura **por dois pontos** e é referida no texto como "Figure".

9. Custos

A publicação do trabalho implicará o pagamento de uma taxa de R\$500,00. O pagamento deverá ser efetuado quando o autor correspondente receber a prova tipográfica e será feito exclusivamente na forma de Boleto Eletrônico. De posse do boleto impresso, basta quitá-lo em uma agência bancária ou caixa automática e enviar cópia para o e-mail que enviou a prova tipográfica. Solicita-se informar, via e-mail, a data e o número do boleto, quando forem feitos depósitos em que os autores não são identificados (recursos de convênios, departamentos, coordenações, etc.).

10. Política de privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.