



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DANIEL DOS SANTOS ROCHA

**EFEITO ALELOPÁTICO E FITOTÓXICO DE EXTRATOS ORGÂNICOS DE
Parmotrema latissimum (Fée) Hale SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO
INICIAL DE *Lactuca sativa* L.**

Imperatriz – MA

2026





Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

DANIEL DOS SANTOS ROCHA

**EFEITO ALELOPÁTICO E FITOTÓXICO DE EXTRATOS ORGÂNICOS DE
Parmotrema latissimum (Fée) Hale SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO
INICIAL DE *Lactuca sativa* L.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de
Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas – CCENT, da
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão –
UEMASUL, do curso de Ciências Biológicas.

Orientador(a): Profa. Dra. Iane Paula Rêgo Cunha Dias

Imperatriz – MA

2026





R672e

Rocha, Daniel dos Santos

Efeito alelopático e fitotóxico de extratos orgânicos de *Parmotrema latissimum* (Fée) Hale sobre a germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. / Daniel dos Santo Rocha. – Imperatriz, MA, 2026.

20 f. ; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2026.

1. Alelopatia. 2. Fungos liquenizados. 3. Bioensaio. 4. Metabólitos secundários. I. Título.

CDU 581.524

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Jarina Serra Santos – CRB: 13/953**



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

DANIEL DOS SANTOS ROCHA

**EFEITO ALELOPÁTICO E FITOTÓXICO DE EXTRATOS ORGÂNICOS DE
Parmotrema latissimum (Fée) Hale SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO
INICIAL DE *Lactuca sativa* L.**

Aprovado em: 26/06/2026

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente



IANE PAULA REGO CUNHA DIAS

Data: 06/07/2026 10:09:36-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Iane Paula Rêgo Cunha Dias

Doutora em Biologia Vegetal

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente



ANTONIO EXPEDITO FERREIRA BARROSO DE CA

Data: 06/07/2026 15:28:21-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Antônio Expedito Ferreira Barroso

Doutor em Ciência e Tecnologia Ambiental

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente



IVANEIDE DE OLIVEIRA NASCIMENTO

Data: 06/07/2026 12:54:20-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Ivaneide de Oliveira Nascimento

Doutora em Agroecologia

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão





SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
2.1. Área de coleta e identificação do material liquênico.....	8
2.2. Obtenção dos extratos.....	9
2.3. Caracterização química.....	9
2.4. Bioensaio.....	10
2.5. Análise estatística.....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4. CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS.....	19



**EFEITO ALELOPÁTICO E FITOTÓXICO DE EXTRATOS ORGÂNICOS DE
Parmotrema latissimum (Fée) Hale SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO
INICIAL DE *Lactuca sativa* L.**

**ALLELOPATHIC AND PHYTOTOXIC EFFECT OF ORGANIC EXTRACTS OF
Parmotrema latissimum (Fée) Hale ON THE GERMINATION AND INITIAL GROWTH
OF *Lactuca sativa* L.**

Daniel dos Santos Rocha¹
Iane Paula Rêgo Cunha Dias²

RESUMO: Os fungos liquenizados produzem metabólitos secundários com diversas atividades biológicas, incluindo a alelopatia. O presente estudo avaliou o efeito alelopático e fitotóxico de extratos orgânicos (acetona, clorofórmio e éter) de *Parmotrema latissimum* (Fée) Hale sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 20 aquênios por tratamento, na concentração de 0,01 mg/mL, com controle em água destilada. Foram avaliados a germinabilidade, a primeira contagem, o tempo médio de germinação (TMG), o índice de velocidade de germinação (IVG), o comprimento de radícula e hipocótilo, além da fitotoxicidade nas plântulas. Os dados percentuais foram transformados em arco seno e submetidos à ANOVA e ao teste de Tukey a 5%. Os resultados indicaram diferença significativa para a germinabilidade ($p = 0,0226$) e para a primeira contagem ($p = 0,0180$). O extrato clorofórmico promoveu o maior tempo médio de germinação (TMG = 5,46 dias) e o menor índice de velocidade de germinação (IVG = 4,81), evidenciando efeito inibitório mais acentuado. O comprimento de radícula e hipocótilo não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, resultado associado ao elevado coeficiente de variação decorrente da redução do número de plântulas normais. Todas as plântulas submetidas aos extratos apresentaram anormalidades morfológicas características de fitotoxicidade, como raízes encurvadas, necrose radicular e oxidação da radícula. Por cromatografia em camada delgada, foram identificados os ácidos salarzínico e consalarzínico nos extratos acetônico e etéreo. Os valores de pH dos extratos (3,4 a 4,4) encontraram-se dentro da faixa tolerável para *L. sativa*, descartando a acidez como responsável pelos efeitos observados. Conclui-se que os extratos orgânicos de *P. latissimum* apresentam atividade alelopática e fitotóxica sobre *L. sativa*, com gradiente de inibição: clorofórmio > acetona > éter, indicando potencial para estudos voltados ao desenvolvimento de bioherbicidas.

PALAVRAS-CHAVE: Alelopatia; Fungos liquenizados; Bioensaio; Metabólitos secundários.

ABSTRACT: Lichenized fungi produce secondary metabolites with diverse biological activities, including allelopathy. This study evaluated the allelopathic and phytotoxic effects of organic extracts (acetone, chloroform, and ether) of *Parmotrema latissimum* (Fée) Hale on the germination and initial growth of *Lactuca sativa* L. The experiment was conducted in a

¹Graduando em Ciências Biológicas Licenciatura da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, danielrocha@uemasul.edu.br;

²Doutora em Biologia Vegetal pela UFPE, professora do Curso de Ciências Biológicas da UEMASUL, ianepaula@uemasul.edu.br.



completely randomized design, with four replicates of 20 achenes per treatment, at a concentration of 0.01 mg/mL, with distilled water as a control. Germination, first count, mean germination time (MGT), germination speed index (GSI), radicle and hypocotyl length, and seedling phytotoxicity were evaluated. Percentage data were arcsine transformations and subjected to ANOVA and Tukey's test at 5%. The results indicated a significant difference in germinability ($p = 0.0226$) and first count ($p = 0.0180$). The chloroform extract promoted the longest mean germination time (MGT = 5.46 days) and the lowest germination speed index (GSI = 4,81), showing a more pronounced inhibitory effect. Radicle and hypocotyl length did not show a significant difference between treatments, a result associated with the high coefficient of variation due to the reduction in the number of normal seedlings. All seedlings subjected to the extracts presented morphological abnormalities characteristic of phytotoxicity, such as curved roots, root necrosis, and radicle oxidation. Thin-layer chromatography identified salarzinic and consalarzinic acids in the acetone and ethereal extracts. The pH values of the extracts (3.4 to 4.4) were within the tolerable range for *L. sativa*, ruling out acidity as the cause of the observed effects. It is concluded that the organic extracts of *P. latissimum* exhibit allelopathic and phytotoxic activity against *L. sativa*, with an inhibition gradient of chloroform > acetone > ether, indicating potential for studies aimed at developing bioherbicides.

KEY-WORDS: Allelopathy; Lichenized fungi; Bioassay; Secondary metabolites.

1. INTRODUÇÃO

Os fungos liquenizados ou líquens são uma associação simbiótica entre fungo (micobionte) e algas ou cianobactérias (fotobionte). Essa associação permite a colonização de ambientes com condições extremas, como afloramentos rochosos, regiões áridas, áreas de elevada altitude e locais sujeitos a intensa radiação solar e escassez de nutrientes. Além de sua ampla distribuição geográfica, os líquens desempenham importantes funções ecológicas, atuando como organismos pioneiros em processos de sucessão ecológica, contribuindo para a formação do solo por meio do intemperismo de rochas, participando da ciclagem de nutrientes e servindo como abrigo e fonte de alimento para diversos organismos (Nash, 2008; Brodo *et al.*, 2001). Devido à sua elevada sensibilidade às alterações ambientais, também são amplamente utilizados como bioindicadores da qualidade do ar (Conti; Cecchetti, 2001).

A capacidade de sobrevivência dos líquens em diversos ambientes está relacionada com a produção de metabólitos secundários exclusivos, conhecidos como substâncias liquênicas. Esses compostos desempenham funções ecológicas relacionadas à proteção contra radiação ultravioleta, herbivoria, patógenos e competição interespecífica (Elix, 1996; Molnár; Farkas, 2010). A família Parmeliaceae, uma das mais diversas entre os fungos liquenizados, destaca-se pela produção de compostos como atranorina, ácido úsnico, ácido salazínico, ácido protocetrárico e ácido norstictico, substâncias que apresentam diferentes atividades biológicas, incluindo ações antioxidantes, antimicrobianas e alelopáticas (Crespo *et al.*, 2010; Xavier-Filho *et al.*, 2006).



Entre as atividades biológicas atribuídas aos metabólitos líquênicos destaca-se a alelopatia, definida como o efeito direto ou indireto de compostos químicos produzidos por um organismo sobre o crescimento e o desenvolvimento de outro. Os compostos líquênicos podem interferir em processos fisiológicos como germinação, alongamento celular, crescimento radicular e desenvolvimento inicial das plântulas (Rice, 1984). Estudos demonstram que os efeitos desses metabólitos podem variar conforme a espécie produtora, a concentração utilizada e o organismo receptor. Tigre (2009) observou estímulo na germinação e no crescimento inicial de *Lactuca sativa* utilizando extratos de *Cladonia verticillaris*, enquanto Goga *et al.* (2017) registraram efeitos inibitórios em musgos expostos a seis extratos de líquens da família Parmeliaceae. Esses resultados evidenciam o potencial alelopático e fitotóxico dos compostos produzidos por fungos liquenizados, além de reforçarem a necessidade de ampliar as investigações sobre diferentes espécies e seus metabólitos.

Apesar do crescente interesse pelas propriedades biológicas dos metabólitos líquênicos, muitas espécies permanecem pouco investigadas quanto aos seus efeitos sobre plantas cultivadas. Entre elas destaca-se *Parmotrema latissimum* (Fée) Hale, espécie pertencente à família Parmeliaceae. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito alelopático e fitotóxico de extratos orgânicos (acetona, clorofórmio e éter) de *P. latissimum* sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (alface), contribuindo para a ampliação do conhecimento acerca dos efeitos biológicos dos metabólitos produzidos por fungos liquenizados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

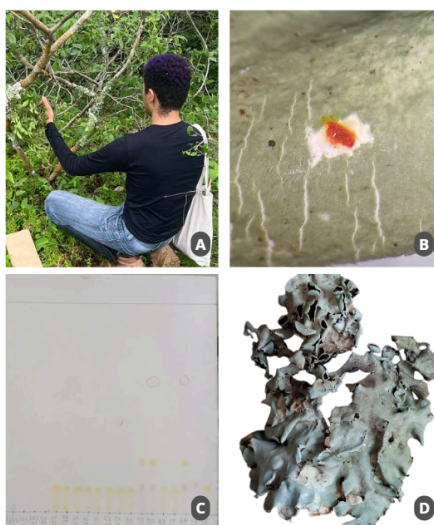
2.1. Área de coleta e identificação do material líquênico

Os espécimes de *Parmotrema latissimum* (Fée) Hale foram coletados nos dias 27 de janeiro e 13 de fevereiro de 2025, na Fazenda São Paulo, no município de Itaguatins-TO (05°46'08" S, 47°29'00" O), em área de cerrado aberto. A coleta seguiu o método oportunista não-quantitativo descrito por Cáceres (2007), retirando-se talos do substrato com auxílio de faca e talhadeira (Hale, 1986) (Figura 1).

A identificação da espécie foi realizada com base em características morfológicas, anatômicas e químicas, utilizando estereomicroscópio (lupa) e microscópio óptico, testes spot e cromatografia em camada delgada (CCD), conforme Benatti & Marcelli (2007) e Dias (2012).

Figura 1: Coleta e identificação de *Parmotrema latissimum*. **A:** Coleta das espécimes de *P. latissimum*. **B:** Realização de *test spots*. **C:** Placa de cromatografia em camada delgada (CCD), para identificação dos metabólitos líquênicos de interesse taxonômico. **D:** Espécie de *Parmotrema latissimum* identificada.





Fonte: Autores, 2026

2.2. Obtenção dos extratos

Após a identificação, os talos liquênicos foram triturados e submetidos à maceração estática na proporção de 1:10 (massa/volume) com os solventes orgânicos acetona, clorofórmio e éter, seguindo a série eluotrópica. Foram utilizados 30 g de material liquênico para 300 mL de cada solvente. A maceração ocorreu sob refrigeração (4–8 °C) por 48 horas. Após esse período, os extratos foram filtrados em papel-filtro qualitativo e os solventes foram removidos por evaporação em temperatura ambiente, obtendo-se os extratos brutos (Figura 2).

Figura 2: Preparação dos extratos liquênicos. **A:** Mistura da massa liquênica com o solvente; **B:** Extrato macerado na geladeira após 48 horas; **C:** Extrato liquênico filtrado.



Fonte: Autores, 2026.

2.3. Caracterização química

Os extratos foram submetidos à cromatografia em camada delgada (CCD) em cromatoplasas de alumínio revestidas com sílica gel (Merck F254+366), utilizando os sistemas de solventes A (tolueno/dioxana/ácido acético, 180:45:5 v/v) e B (hexano/éter dietílico/ácido fórmico, 130:80:20 v/v) de acordo com a metodologia utilizada por Tigre (2009). A revelação foi



feita com ácido sulfúrico a 10%, com aquecimento em estufa a 100 °C até o surgimento das manchas. Os valores de Rf foram calculados para identificar as substâncias liquênicas presentes. O pH de cada extrato foi medido diretamente após a diluição em água destilada (1:10 v/v), utilizando peagâmetro previamente calibrado.

2.4. Bioensaio

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 20 aquênios de *Lactuca sativa* L. (alface) por tratamento. Os tratamentos consistiram em três extratos (acetona, clorofórmio e éter) na concentração final de 0,01 mg/mL e controle com água destilada. Foram utilizadas placas de Petri de 9 cm de diâmetro forradas com duas folhas de papel-filtro esterilizadas em autoclave (120 °C por 30 min). Em cada placa foram adicionados 3 mL de cada extrato na concentração de 0,02 mg/mL, e as placas foram secas em capela de fluxo laminar por 12 horas. Em seguida, foram adicionados 6 mL de água destilada para obtenção da concentração final de 0,01 mg/mL. Já o controle foi realizado com água destilada.

As placas foram mantidas em câmara de germinação do tipo BOD, com fotoperíodo de 12 horas e temperatura alternada entre 23 e 27 °C. A germinação foi monitorada a cada 12 horas durante sete dias, considerando-se germinadas as sementes que apresentaram protrusão radicular mínima de 2 mm (Brasil, 1992). A taxa de germinação foi verificada a cada 12 horas durante sete dias, permitindo a avaliação da primeira contagem (no terceiro dia), germinabilidade total, tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG) e biometria, conforme Brasil (1992), Labouriau (1983), Silva & Nakagawa (1995), Maguire (1962) e Benincasa (1988), respectivamente.

2.5. Análise estatística

Os dados percentuais foram transformados em arco-seno ($\sqrt{\%}$) para normalização (Labouriau, 1983). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o software estatístico SISVAR. O coeficiente de variação (CV) foi calculado para cada parâmetro avaliado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os extratos de *Parmotrema latissimum* na concentração testada (0,01 mg/mL) apresentaram efeito alelopático e fitotóxico sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* (Tabela 1). Observou-se redução na velocidade de germinação, aumento do tempo



médio de germinação e alterações morfológicas nas plântulas. Resultados semelhantes foram observados por Tigre *et al.* (2012), em que se constatou que os extratos orgânicos de *Cladonia verticillaris* promoveram alterações no crescimento e na germinação de *L. sativa*, incluindo modificações no crescimento da radícula e do hipocótilo, além da formação de plântulas anormais em concentrações mais elevadas dos extratos.

Tabela 1: Resultado da análise de variância da germinabilidade e da primeira contagem dos aquênios de *Lactuca sativa* submetidos à ação de diferentes extratos de *Parmotrema latissimum* na concentração de 0,01 mg/mL, mais o controle (0%).

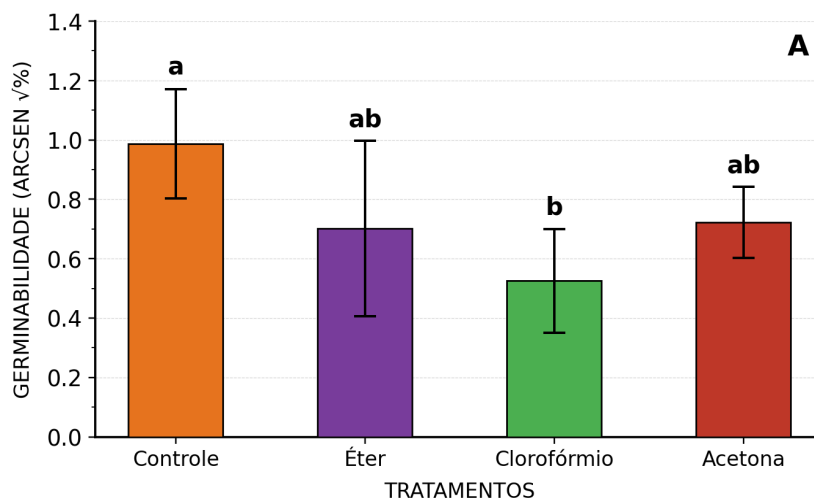
	GERMINABILIDADE			PRIMEIRA CONTAGEM		
	F	GL	p	F	GL	p
CONCENTRAÇÃO	5,270	3	0,0226	5,726	3	0,0180
REPETIÇÃO	3,037	3	0,0855	0,440	3	0,7299
CV (%)	22,61			34,26		

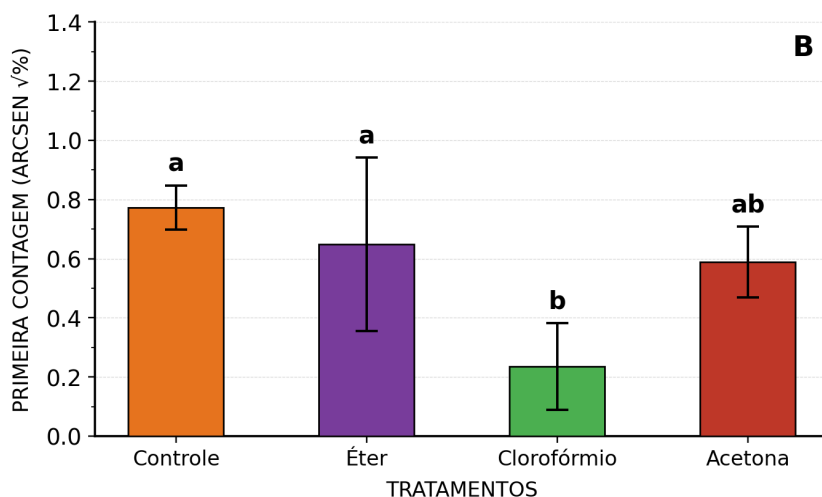
GL: Grau de liberdade

Fonte: Autores, 2026.

Observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos tanto para a germinabilidade ($p = 0,0226$) quanto para a primeira contagem ($p = 0,0180$). Indicando que os extratos de *Parmotrema latissimum* afetaram tanto a porcentagem de germinação quanto a velocidade de germinação de *L. sativa* (Figura 3).

Figura 3: Valores médios de germinação (A) da primeira contagem (B) de *Lactuca sativa* L., submetidos à ação dos extratos de *Parmotrema latissimum* na concentração de 0,01 mg/mL e do controle (CNC). As médias seguidas da mesma letra não se diferem pelo teste Tukey a 5%.





Fonte: Autores, 2026.

A tabela 2 apresenta os valores médios do tempo médio de germinação (TMG) e do índice de velocidade de germinação (IVG) dos aquênios de *Lactuca sativa* submetidos à ação de extratos de *Parmotrema latissimum* na concentração de 0,01 mg/mL, comparados com o controle. Observa-se que o tratamento com clorofórmio promoveu o maior tempo médio de germinação (5,14 dias) e o menor IVG (4,21), indicando um efeito inibitório mais acentuado sobre a germinação. Em contraste, o controle apresentou o menor TMG (2,49 dias) e o maior IVG (29,54), evidenciando germinação mais rápida e vigorosa. O extrato de acetona também retardou a germinação (TMG = 3,65 dias) e reduziu a velocidade (IVG = 11,08), enquanto o extrato etéreo teve desempenho intermediário, com TMG de 2,65 dias e IVG de 17,87 (Figura 4). Com isso, observa-se que os extratos liquênicos, especialmente o clorofórmico, interferem negativamente na germinação de *L. sativa*, possivelmente devido à presença de metabólitos secundários com atividade alelopática.

Essa redução do IVG associada com o aumento do TMG indica que os metabólitos presentes nos extratos de *P. latissimum* interferiram na germinação, retardando a emergência das plântulas e reduzindo o vigor das sementes. Segundo Ferreira e Borghetti (2004), parâmetros como TMG e IVG são considerados mais sensíveis à ação de aleloquímicos do que a porcentagem final de germinação, uma vez que refletem alterações fisiológicas ocorridas durante as etapas iniciais do processo germinativo.

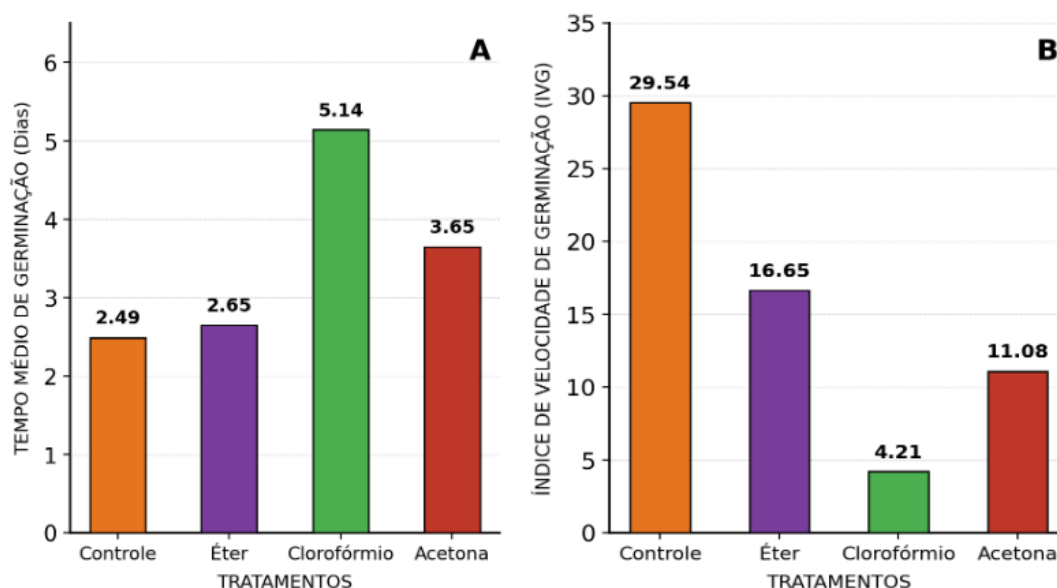
Tabela 2: Média do tempo médio de germinação (TMG), do índice de velocidade de germinação (IVG) dos aquênios de *L. sativa* submetidos à ação dos extratos de *P. latissimum* na concentração de 0,01 mg/mL, mais o controle.



TRATAMENTO	TEMPO MÉDIO DE GERMINAÇÃO	IVG
Controle	2,49	29,54
Acetona	3,46	11,96
Clorofórmio	5,46	4,81
Éter	2,65	17,87

Fonte: Autores, 2026.

Figura 4: Valores médios do tempo médio de germinação (A) e do índice de velocidade de germinação (B) das plântulas de *Lactuca sativa* L. submetidas por 7 dias aos extratos de *Parmotrema latissimum* na concentração de 0,01 mg/mL, mais o controle.



Fonte: Autores, 2026.

Com relação ao crescimento das plântulas, não houve diferença significativa entre os tratamentos para o comprimento da radícula ($p = 0,087$) e do hipocótilo ($p = 0,8938$) (Tabela 3 e Figura 5). Esse resultado, no entanto, não indica ausência de efeito dos extratos sobre o crescimento, mas reflete o elevado coeficiente de variação observado (93,5% para radícula e 176,3% para hipocótilo), decorrente da redução drástica no número de plântulas normais nos tratamentos, especialmente no clorofórmico.

Tabela 3: Análise de variância do comprimento da radícula e do hipocótilo dos aquênios de *Lactuca sativa* submetidos à ação dos extratos de *Parmotrema latissimum* na concentração de 0,01 mg/mL mais o controle.

	RADÍCULA (cm)	HIPOCÓTILO (cm)
--	---------------	-----------------

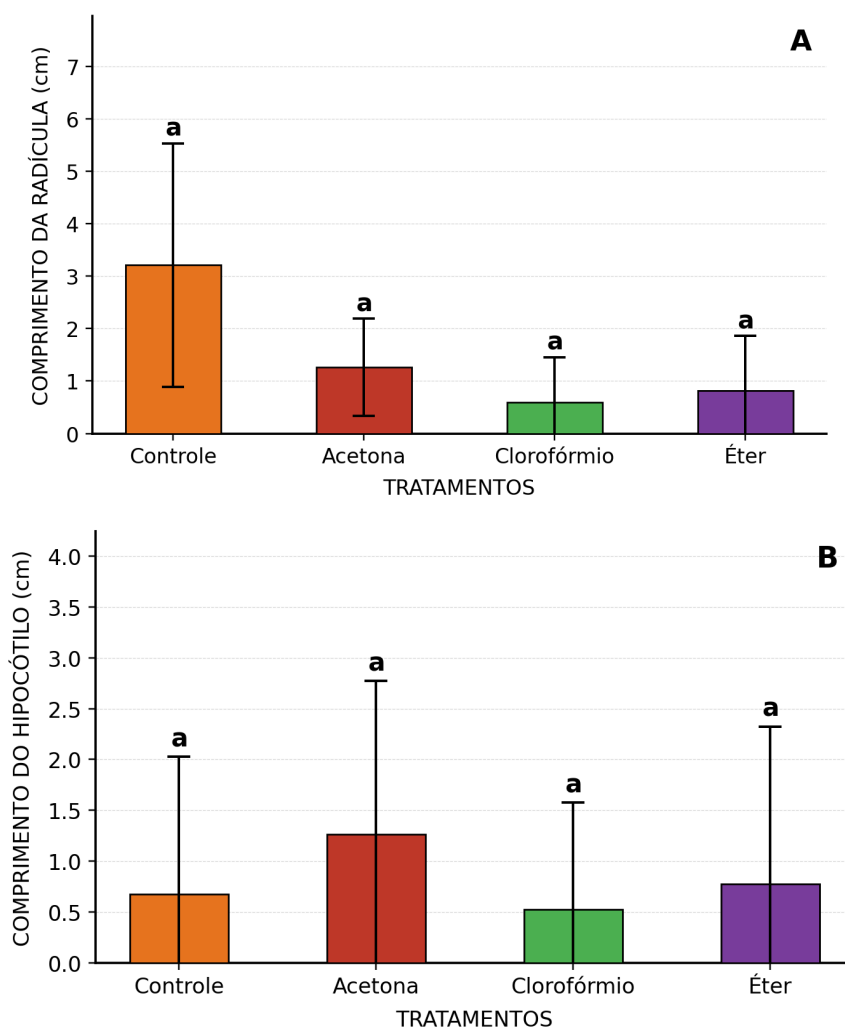


	F	GL	p	F	GL	p
CONCENTRAÇÃO	3,012	3	0,0870	0,200	3	0,8938
REPETIÇÃO	1,274	3	0,3407	0,734	3	0,5574
CV (%)	93,5			176,3		

GL: Grau de liberdade.

Fonte: Autores, 2026.

Figura 5: Valores médios do comprimento da radícula (A) e do hipocótilo (B) de plântulas de *Lactuca sativa* crescidas durante sete dias na presença de extratos de *Parmotrema latissimum* na concentração de 0,01 mg/mL, mais o controle. Médias seguidas da mesma letra não se diferem pelo teste de Tukey a 5%.



Fonte: Autores, 2026.

A avaliação da fitotoxicidade revelou que todas as plântulas do controle apresentaram desenvolvimento normal, com raízes retas, pelos radiculares e cotilédones bem formados. Nos tratamentos com os extratos acetônico, clorofórmico e etéreo a 0,01 mg/mL, as plântulas apresentaram anormalidades morfológicas características de fitotoxicidade (tab. 4). As principais anormalidades observadas foram: raízes encurvadas (extrato acetônico), radícula oxidada (extrato etéreo), necrose radicular (extrato acetônico), necrose apical (extrato etéreo) e dificuldade de germinação (extrato clorofórmico) (Figura 6).

Tabela 4: Avaliação das plântulas quanto à fitotoxicidade de *Parmotrema latissimum* sob *Lactuca sativa* quando submetidas a doses dos extratos

CONCENTRAÇÕES (mg/mL)	Extrato Acetônico	Extrato Clorofórmico	Extrato Etéreo
0,0	Normal	Normal	Normal
0,01	Anormal	Anormal	Anormal

Fonte: Autores, 2026.

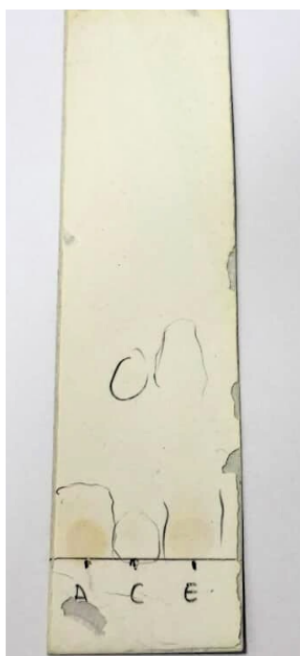
Figura 6: Toxicidade das plântulas de *Lactuca sativa* submetidas a 0,01 mg/mL dos extratos de *P. latissimum*. **A:** Controle com três dias, presença de pêlos radiculares; **B:** Raízes encurvadas, tratamento acetônico (3 dias); **C:** Radícula oxidada, tratamento etéreo (3 dias); **D e E:** Sementes com dificuldade de germinação, tratamento clorofórmio; **F:** Controle com cinco dias, radícula longa e raízes secundárias; **G:** Necrose radicular, tratamento acetônico; **H:** Controle após sete dias, raiz e cotilédones bem formados; **I:** Necrose apical, tratamento etéreo (0,01 mg/mL).



Fonte: Autores, 2026.

Por meio da cromatografia em camada delgada (CCD), foi possível observar a presença dos ácidos salarzínico e consalarzínico nos extratos acetônico e etéreo (Figura 7). No extrato clorofórmico, não foi possível observar esses metabólitos nas condições testadas. Os valores de pH dos extratos de *Parmotrema latissimum* estão todos dentro da faixa tolerável para *L. sativa* (3,0–7,0, segundo Baskin & Baskin, 1998), indicando que a acidez dos extratos não foi responsável pelos efeitos inibitórios e fitotóxicos observados (Tabela 5).

Figura 7: CCD dos extratos de *Parmotrema latissimum*. **A:** Extrato de acetona; **C:** Extrato de clorofórmio; **E:** Extrato de éter.



Fonte: Autores, 2026.

Tabela 5: Características dos pHs médios dos extratos de *Parmotrema latissimum*.

EXTRATO	pH
Acetona	3,4
Clorofórmio	4,4
Éter	3,5

Fonte: Autores, 2026.

Os resultados obtidos demonstraram que os extratos orgânicos de *Parmotrema latissimum* apresentam ação inibitória sobre o crescimento e a germinação inicial de *Lactuca sativa*, especialmente no extrato clorofórmico, que reduziu a velocidade de germinação (menor IVG) e



aumentou o tempo médio de germinação (TMG), além de induzir alterações morfológicas nas plântulas, características de fitotoxicidade.

Trabalhos com extratos orgânicos de fungos liquenizados têm apresentado resultados variados, dependendo da espécie testada, do solvente utilizado e da concentração avaliada. Tigre (2009), ao testar extratos de *Cladonia verticillaris* sobre *Lactuca sativa*, tinha como hipótese inicial encontrar efeito alelopático inibitório. No entanto, a autora observou estímulo na germinação e no crescimento inicial das plântulas, contrariando sua expectativa. Esse resultado difere do encontrado no presente estudo, no qual os extratos de *P. latissimum* apresentaram ação inibitória consistente, especialmente no extrato clorofórmico. Lawrey (1977), utilizando substâncias puras e extratos acetônicos de várias espécies de fungos liquenizados do gênero *Cladonia* sobre três espécies de musgos, observou inibição completa da germinação e do crescimento dos esporos. Esse autor também relatou que a toxicidade dependia da concentração e do pH, corroborando a hipótese de que os efeitos alelopáticos são mediados por múltiplos fatores.

Por meio da cromatografia em camada delgada (CCD), foi possível identificar a presença dos ácidos salarzínico e consalarzínico nos extratos acetônico e etéreo de *P. latissimum*. No extrato clorofórmico, embora não tenha sido possível visualizar esses metabólitos na CCD nas condições testadas, o efeito inibitório foi mais acentuado. De acordo com Kalra (2021), o ácido salarzínico exerce funções anti-herbívoras e atividade inseticida, mas seus efeitos sobre a germinação de plantas ainda são pouco explorados. Estudos com outros ácidos liquênicos, como o ácido fumarprotocetrárico e o ácido protocetrárico, demonstraram que esses compostos afetam o crescimento de forma acentuada, podendo inibir ou estimular dependendo da concentração.

As alterações morfológicas observadas nas plântulas expostas aos extratos (raízes encurvadas, necrose radicular, oxidação da radícula, ausência de pelos radiculares) são indicativas clássicas de fitotoxicidade e atividade alelopática (Rice, 1984; Ferreira; Borghetti, 2004). Estudos demonstram que compostos alelopáticos podem provocar desorganização dos tecidos radiculares, redução da viabilidade celular, alterações na divisão celular e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), resultando em deformações morfológicas e comprometimento do crescimento das raízes. Zhang *et al.* (2020) verificaram alterações estruturais e atrofia dos ápices radiculares de *Lactuca sativa* exposta ao aleloquímico isoliquiritigenina, enquanto Yan *et al.* (2020) observaram redução da viabilidade celular, perda do vigor radicular e desordens mitóticas em plântulas de alface submetidas à ação da liquiritina.



Além disso, *Silva et al. (2026)* relataram aumento da frequência de plântulas anormais e danos anatômicos em raízes de *L. sativa* expostas a extratos vegetais com potencial fitotóxico. Dessa forma, as anormalidades registradas neste estudo reforçam o potencial alelopático dos metabólitos presentes em *Parmotrema latissimum*, evidenciando sua capacidade de interferir no desenvolvimento normal das plântulas.

Kluthcouski (1982) e Putnam & Duke (1978) afirmam que as substâncias aleloquímicas necessitam estar em uma concentração mínima no ambiente para atuarem benéficamente sobre os organismos. Acima dessa concentração, podem causar efeitos inibitórios ou tóxicos, como observado no presente estudo na concentração de 0,01 mg/mL.

O uso de fungos liquenizados como fontes de aleloquímicos na agricultura representa uma abordagem promissora para o desenvolvimento de herbicidas naturais e mais sustentáveis. Os resultados do presente trabalho indicam que os extratos de *P. latissimum*, especialmente o clorofórmico, possuem potencial para aplicação em formulações destinadas ao controle de plantas daninhas ou à inibição da germinação de espécies indesejadas. No entanto, há necessidade de melhorias no processo de extração e padronização dos compostos bioativos, além de estudos aprofundados sobre sua compatibilidade com diferentes culturas agrícolas e seus efeitos a longo prazo.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que os extratos orgânicos de *Parmotrema latissimum* apresentam atividade alelopática e fitotóxica sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa*, promovendo alterações nos parâmetros germinativos e no desenvolvimento das plântulas.

Considerando que os aleloquímicos representam uma importante fonte de moléculas biologicamente ativas, o conhecimento de seus mecanismos de ação pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo vegetal e para a prospecção de compostos com potencial aplicação como bioherbicidas. Os resultados deste trabalho ampliam o conhecimento sobre as propriedades biológicas dos fungos liquenizados e indicam a necessidade de pesquisas futuras voltadas ao isolamento, à identificação e à avaliação dos metabólitos responsáveis pelos efeitos observados, bem como à investigação de seus mecanismos de ação e de seu potencial biotecnológico.



REFERÊNCIAS

- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 1998. 666 p.
- BENATTI, M. N.; MARCELLI, M. P. Gêneros de fungos liquenizados dos manguezais do Sul-Sudeste do Brasil, com enfoque no manguezal do Rio Itanhaém, Estado de São Paulo. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 4, p. 863-878, 2007.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 41 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária (SND). **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- BRODO, I. M.; SHARNOFF, S. D.; SHARNOFF, S. **Lichens of North America**. New Haven: Yale University Press, 2001.
- CÁCERES, M. E. S. **The corticolous crustose and microfoliose lichens of Northeastern Brazil: diversity, ecology, and conservation**. 2007. Tese (Doutorado em Biologia) – Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Universität Bayreuth, Bayreuth, 2007.
- CONTI, M. E.; CECCHETTI, G. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment - a review. **Environmental Pollution**, v. 114, n. 3, p. 471–492, 1 out. 2001.
- CRESPO, A.; DIVAKAR, P. K.; PRADO, R. N. Phylogenetic classification of Parmeliaceae. **The Lichenologist**, v. 42, p. 181–201, 2010.
- DIAS, I. P. R. C. **A família Parmeliaceae (fungos liquenizados) região tocantina: diversidade e potencial econômico**. 2012. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.
- ELIX, J. A. Biochemistry and secondary metabolites. In: NASH III, T. H. (ed.). **Lichen Biology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- GOGA, Michal *et al.* Lichen secondary metabolites affect growth of *Physcomitrella patens* by allelopathy. **Protoplasma**, v. 254, n. 3, p. 1307–1315, 1 de maio de 2017.
- HALE, M. E. New species in the lichen family Parmeliaceae (Ascomycotina). **Mycotaxon**, v. 25, n. 1, p. 85-93, 1986.
- KALRA, R.; CONLAN, X. A.; GOEL, M. Lichen allelopathy: a new hope for limiting chemical herbicide and pesticide use. **Biocontrol Science and Technology**, v. 31, n. 8, p. 773–796, 2021.
- KLUTHCOUSKI, J. **Leucaena: alternativa para pequena e média agricultura**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1982. 12 p. (Embrapa-CNPAP. Circular Técnica, 6).



- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington, DC: Secretaria-Geral da OEA, 1983. 174 p. (Monografias Científicas. Série de Biologia, 24).
- LAWREY, J. D. Adaptive significance of O-methylated lichen depsides and depsidones. **The Lichenologist**, v. 9, n. 2, p. 137–142, 1977.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176–177, 1962.
- MOLNÁR, K.; FARKAS, E. Current results on biological activities of lichen secondary metabolites: a review. **Zeitschrift Fur Naturforschung. C, Journal of Biosciences**, v. 65, n. 3–4, p. 157–173, 2010.
- NASH III, T. H. (org.). **Lichen Biology**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- PUTNAM, A. R.; DUKE, W. B. Allelopathy in agroecosystems. **Annual Review of Phytopathology**, v. 16, p. 431–451, 1978.
- RICE, E. L. **Allelopathy**. 2. ed. Orlando: Academic Press, 1984.
- SILVA, D. M. R. *et al.* Phytotoxicity of extracts from two Caatinga species on lettuce germination and anatomy. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 61, n. 3, p. 113–124, 2026.
- SILVA, J. B. C.; NAKAGAWA, J. Estudo de fórmulas para cálculo da velocidade de germinação. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 62–69, 1995.
- TIGRE, R. C. **Atividade alelopática de *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. sobre a germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L.** 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.
- TIGRE, R. C. *et al.* Potencial alelopático e bioherbicida de *Cladonia verticillaris* na germinação e crescimento de *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 84, p. 125–132, 1 out. 2012.
- XAVIER-FILHO, L.; LEGAZ, M. E.; CORDOBA, C. V.; PEREIRA, E. C. **Biologia de Líquens**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 617 p. 2006.
- YAN, Z. Q. *et al.* Phytotoxic mechanism of allelochemical liquiritin on root growth of lettuce seedlings. **Plant Signaling & Behavior**, v. 15, n. 10, art. 1792612, 2020.
- ZHANG, S.; SUN, S.-W.; SHI, H.-L.; ZHAO, K.; WANG, J.; LIU, Y.; LIU, X.-H.; WANG, W. Physiological and biochemical mechanisms mediated by allelochemical isoliquiritigenin on the growth of lettuce seedlings. **Plants**, v. 9, n. 2, art. 245, 2020.

