

Tópicos especiais em investigação sobre a atividade fitocitogenotóxica de compostos naturais

Milene M. P. Fontes
Loren C. Vasconcelos
org.



2025



Milene Miranda Praça Fontes
Loren Cristina Vasconcelos
Organizadoras

**Tópicos especiais em investigação
sobre a atividade fitocitogenotóxica
de compostos naturais**



Pantanal Editora

2025

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Dr. Jorge González Aguilera e Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Ugur Azizoglu
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Universidade Kayseri, Türkiye
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

T674

Tópicos especiais em investigação sobre a atividade fitocitogenotóxica de compostos naturais /
Organização de Milene Miranda Praça Fontes, Loren Cristina Vasconcelos. – Nova Xavantina-MT:
Pantanal, 2025. 51p. ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-54-9

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756549>

1. Citogenética. I. Fontes, Milene Miranda Praça (Organizadora). II. Vasconcelos, Loren Cristina (Organizadora). III. Título.

CDD 572.873

Índice para catálogo sistemático

I. Citogenética



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

A busca por alternativas sustentáveis e ecologicamente corretas para o manejo de plantas invasoras e a substituição de agrotóxicos tem ganhado cada vez mais relevância na ciência. Neste contexto, os metabólitos secundários de plantas despontam como uma solução promissora, com potencial para atuar como bioherbicidas eficazes e menos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana.

Este livro apresenta estudos que exploram diferentes aspectos da utilização de compostos vegetais no controle biológico e na biotecnologia. Inicialmente, são analisadas as propriedades do óleo essencial de *Origanum vulgare* e sua atividade fitotóxica. Em seguida, o óleo essencial de *Psidium myrtoides* é avaliado quanto ao impacto sobre a atividade antimutagênica em células vegetais, trazendo uma reflexão sobre a segurança do uso de compostos naturais.

O livro também explora o potencial fitocitogenotóxico da nanoemulsão do óleo essencial de *Syzygium aromaticum*, um estudo inovador que destaca como a nanotecnologia pode aprimorar a eficiência dos compostos bioativos. Além disso, discute-se a cultura de tecidos como ferramenta para a propagação de espécies do gênero *Peperomia*, um grupo de plantas com grande potencial para a indústria de bioprodutos.

Ao reunir essas pesquisas, esta obra proporciona uma visão ampla e interdisciplinar sobre a aplicação de metabólitos vegetais e biotecnologia no desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis. Esperamos que este trabalho contribua para avanços científicos e inspire novas pesquisas no campo da bioprospecção vegetal e do controle biológico.

Boa leitura!

Sumário

Apresentação	4
Capítulo I	6
Potencial bioherbicida do óleo essencial de <i>Origanum vulgare</i>	6
Capítulo II	17
Avaliação da atividade citoprotetora do óleo essencial de <i>Psidium myrtoides</i> O. Berg	17
Capítulo III	27
Prospecção fitoquímica, fitotoxicidade e citogenotoxicidade de nanoemulsões do óleo essencial de <i>Syzygium aromaticum</i> em planta modelo e daninha	27
Capítulo IV	39
Propagação <i>in vitro</i> de espécies de <i>Peperomia</i> visando a extração de óleos essenciais	39
Índice Remissivo	50
Sobre as organizadoras	51

Propagação *in vitro* de espécies de *Peperomia* visando a extração de óleos essenciais

 10.46420/9786585756549cap4

Ana Luiza Assis Semonato 

Thalya Campelo Vitor 

Aline dos Santos Bergamin 

Milene Miranda Praça Fontes 

INTRODUÇÃO

A família Piperaceae é uma das oito famílias de angiospermas basais mais abundantes em termos de número de espécies, e foi originalmente descrita por Paul Dietrich Giseke em 1972. Abriga aproximadamente 36% de todas as espécies basais (Wanke et al., 2007; Stevens, 2022), e é notável por sua relevância econômica (Barroso et al., 2002), possuindo uma distribuição pantropical, com uma grande variedade de espécies que habitam florestas tropicais e subtropicais nas Américas, Ásia e no Pacífico-Sul (Jaramillo et al., 2008; Frenzke et al., 2015). Dentre os gêneros descritos para a família, o gênero *Peperomia* é de especial interesse devido ao seu uso ornamental e à sua utilidade como fonte de compostos bioativos obtidos a partir de extratos etanólicos e óleos essenciais (Lorenzi & Souza, 2008; De Souza et al., 2018).

O Brasil é especialmente rico em diversidade de *Peperomia*, com espécies presentes em todo o território nacional. Das 169 espécies descritas, 105 são endêmicas, e a maioria delas é encontrada na Mata Atlântica (Flora do Brasil, 2021). No estado do Espírito Santo, existem 55 espécies de *Peperomia* (Flora do Brasil, 2021), distribuídas em regiões que abrangem fragmentos da Mata Atlântica e unidades de conservação, como o Parque Estadual do Forno Grande.

O nome *Peperomia* deriva do grego, *peperi* (pimenta) *homoios* (similar), que significa similar a pimenta (Spencer, 1995). São plantas que podem ser encontradas como ervas terrestres, epífitas ou rupícolas, com algumas tendo tecidos carnudos. Seus ramos podem crescer de forma prostrada, ascendente ou ereta, frequentemente com raízes nos entrenós (nas epífitas) ou na base (nas terrestres). As folhas são diversas em forma e tamanho, podendo ser membranáceas, cartáceas ou papiráceas, suas inflorescências são em espigas, com ou sem brácteas, e as flores são pequenas, com simetria bilateral, protegidas por brácteas florais e seus frutos são drupas, com diferentes formas e pericarpos (Carvalho-Silva & Guimarães, 2009). Essas características refletem a diversidade deste grupo de plantas, que possui distribuição geográfica confirmada em todas as regiões do Brasil (Flora Brasil, 2021).

O gênero é considerado a segunda maior fonte de compostos bioativos dentro da família Piperaceae, representando 15% do total destas substâncias (Lopez et al., 2010). Apesar do potencial significativo de *Peperomia* como fonte de compostos bioativos para pesquisa científica, a obtenção de espécimes do gênero ao longo de períodos prolongados é desafiadora devido à sua redução durante períodos de seca. Portanto, a conservação desse gênero é de extrema importância para evitar a extinção das espécies nas áreas em que são encontradas.

A *Peperomia alata* é uma espécie que está distribuída geograficamente por todas as regiões do Brasil (Flora do Brasil, 2020), e é facilmente identificada devido aos ramos recumbente, alados, folhas ovado-lanceolado e fruto globoso (Queiroz & Guimarães, 2020). Existem alguns estudos demonstrando a importância e uso dessa espécie para obtenção de óleos essenciais, e compostos a partir de substâncias naturais desses óleos (Ooka et al., 2022). Já *P. stroemfeltii* está localizada principalmente na região sul e sudeste do Brasil (Flora do Brasil, 2021), considerada endêmica, e pertencente ao bioma Mata Atlântica. Ainda é pouco estudada, entretanto, apresenta potencial para estudos *in vitro*, seja visando a extração de óleos como a conservação da mesma.

A técnica de cultura de tecidos vegetais tem se revelado uma ferramenta promissora, a qual envolve a propagação *in vitro* de plantas a partir de pequenos explantes, que são geralmente cultivados em frascos. Nesse ambiente controlado, os meios de cultura e fatores abióticos são ajustados para promover o crescimento e desenvolvimento de tecidos, órgãos e plantas (Cardoso, 2014). Essa técnica oferece diversas vantagens, incluindo a capacidade de multiplicar as plantas em larga escala em curto espaço e tempo, e a obtenção de indivíduos livres de patógenos. Permite ainda, que seja possível manipular a morfogênese vegetal, ou seja, que células, tecidos ou órgãos com diferentes graus de determinação possam adquirir novas habilidades em resposta a sinais químicos específicos (Cardoso, 2014). A técnica permite que seja realizado o balanço hormonal, principalmente de citocininas e auxinas, que são os principais reguladores de crescimento vegetal para a desdiferenciação celular, utilizando-se uma rota alternativa (Almeida et al., 2015).

Diante do exposto, pesquisas biotecnológicas utilizando as técnicas de cultura de tecidos vegetais vêm sendo adotadas para auxiliar na obtenção rápida e de grande quantidade de plântulas, e assim minimizar problemas relacionados à disponibilidade de material vegetal para estudo e auxiliar na padronização dos constituintes químicos dos óleos essenciais, extraídos destas plantas (Massot et al., 2000).

O objetivo desta pesquisa foi a elaboração de um protocolo de propagação *in vitro* para *Peperomia alata* Ruiz & Pav. e *Peperomia stroemfeltii* Dahlst. visando a multiplicação de plântulas em grande quantidade a fim de prover material para extração de óleos essenciais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) da Universidade Federal do Espírito Santo. Exemplares de *P. stroemfeltii* e *P. alata* (Figura 1) foram obtidos a partir de coletas realizadas no Parque Estadual Forno Grande, localizado no município de Castelo-ES. Inicialmente foi realizado o processo de desinfestação utilizando-se o protocolo que foi mais eficiente, dentre os previamente testados. Utilizou-se segmentos nodais para indução de brotos, que foram submersos em álcool 70% (v/v) por 1 min e hipoclorito de sódio comercial 50% (v/v) por 20 min. Após os explantes foram lavados três vezes com água destilada autoclavada, em câmara de fluxo laminar. O meio de cultura utilizado foi o MS acrescido do regulador de crescimento Benzilaminopurina (BAP) nas concentrações de 0 mg L⁻¹, 2,5 mg L⁻¹ e 5 mg L⁻¹. O teste de indução de brotos foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 25 repetições por tratamento, sendo a repetição constituída por um tubo de ensaio com um segmento nodal em cada, contendo 10 mL de meio de cultivo. Todos os meios utilizados em ambos os experimentos foram suplementados com ágar (7 g L⁻¹), pH ajustado para 5,8±1 e autoclavados a 121°C por 20 minutos. As condições de cultivo na sala de crescimento foi de 25±2 °C e fotoperíodo de 16 horas de luz branca do tipo luz com 25,2 µmol.m⁻². s⁻¹ de fluxos de fótons fotossintéticos. As avaliações da indução de brotos foram realizadas computando-se o número de brotos por repetição ao final de 40 dias.

Para a indução de embriogênese somática, utilizou-se segmentos foliares de 1 cm² (Figura 2), obtidos de plântulas da organogênese *in vitro* de *P. alata* e *P. stroemfeltii*. Os explantes foram inoculados em meio MS (Murashige & Skoog, 1962) suplementado com diferentes combinações e quantidades de reguladores de crescimento, sendo o 6-benzilaminopurina (BAP), ácido-1-naftalenoacético (ANA) e o ácido diclorofenoxiacético (2,4-D) (Tabela 1). As culturas foram mantidas em sala de crescimento com temperatura aproximada de 25 °C, sob ausência de luz. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições cada tratamento, contendo cinco explantes em cada repetição. As variáveis avaliadas foram porcentagem de calos, brotos e raízes, e os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e os valores médios ao Teste de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando o programa R, versão 4.0.0 (R Core Team 2021).



Figura 1. Exemplares coletados em campo, no Parque Estadual do Forno Grande – ES, *Peperomia alata* (A) e *Peperomia Stroemfeltii* (B). Fonte: os autores.



Figura 2. Processo de segmentação e inoculação de *P. stroemfeltii* e *P. alata* para a indução de embriogênese somática. Fonte: os autores.

Tabela 1. Composição dos meios de cultura utilizados para a indução de embriogênese somática em *P. alata* e *P. stroemfeltii*. Fonte: os autores.

Componentes	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
MS ^a	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Sacarose ^b	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Ác. ascórbico ^c	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ágar ^d	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
BAP ^e	2,5	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-
ANA ^f	1	-	5	-	-	-	-	-	-
2,4-D ^g	-	-	-	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

^aMurashige e Skoog medium (1962) em g L⁻¹, ^bSacarose em g L⁻¹, ^cÁcido ascórbico em g L⁻¹, ^dágar em g L⁻¹,

^e6-benzilaminopurina (BAP) em mg L⁻¹, ^fácido-1-naftalenoacético (ANA) mg L⁻¹, ^gácido diclorofenoxyacético (2,4-D) em mg

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao teste de indução de brotos utilizando segmentos nodais, notou-se maior desenvolvimento de brotos no tratamento contendo 2,5 mg L⁻¹ de BAP após 40 dias da inoculação (Tabela 2). No tratamento sem regulador de crescimento não houve o surgimento de brotos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Shekhawat et al. (2015) ao utilizar segmentos nodais de *Peperomia pelucida*, no qual o meio MS acrescido com 2,0 mg L⁻¹ de BAP apresentou melhor resultado no desenvolvimento de brotos do que os demais tratamentos. O resultado superior do BAP na indução de brotos, bem como a capacidade de regeneração de meristemas nodais foi relatado por pesquisadores em diferentes espécies (Patel et al., 2014; Shekhawat et al., 2015). As citocininas aumentam a taxa de divisões celulares que, resultam assim o surgimento de brotos no segmento nodal. As concentrações de auxinas e citocininas são associadas à fase de desenvolvimento dos explantes, indicando que as respostas morfogênicas de um tecido *in vitro* depende da interação destas classes de reguladores (Vongnhay et al., 2024). O sucesso na indução e multiplicação de culturas depende principalmente do tipo de seleção de explantes, na qual deve-se considerar aspectos como o nível de diferenciação do tecido utilizado e a finalidade da micropropagação. Em teoria, qualquer tecido pode ser utilizado como explante, em vista da totipotência das células vegetais. Na prática, entretanto, procuram-se utilizar explantes que contenham maior proporção de tecido meristemático ou que tenham maior capacidade de expressar a totipotência (Grattapaglia; Machado, 1998). Uma das vantagens no uso de segmentos nodais está na presença de tecidos meristemáticos, propiciando maior estabilidade genética das plantas micropropagadas.

Tabela 2. Efeito de diferentes concentrações de BAP (mg/L) sobre o número de brotos de *P. stroemfeltii*.

Concentrações (mg L ⁻¹)	Número de brotos
0.0	*0.00 ± 0.00 b
2.5	1.64 ± 1.28 a
5	0.44 ± 0.58 b

*As letras pequenas após as médias indicam a diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). $\pm$ desvio padrão da média.

Para a espécie *P. alata*, as repetições dos tratamentos M7, M8 e M9 foram perdidas por contaminação, e, portanto, não foram analisadas. A partir dos resultados apresentados, pode-se notar que não houve a formação de embriões, e a via morfogênica adotada pelos explantes *in vitro*, de ambas as espécies, foi a organogênese direta.

Pôde-se observar que os explantes de *P. alata* expostos ao meio M1 (2,5 mg L⁻¹ de BAP + 1,0 mg L⁻¹ de ANA) apresentou a maior porcentagem de calogênese diferindo-se estatisticamente dos demais meios, com uma média de 80% de calos (Gráfico 1-1). Já o meio M6 (0,3 mg L⁻¹ de 2,4-D) que não apresenta BAP e ANA em sua composição, apresentou a menor porcentagem média de calos, com apenas 8%. Para *P. stroemfeltii*, não se pôde observar diferença significativa entre os tratamentos testados, quanto a formação de calos (Figura 3).

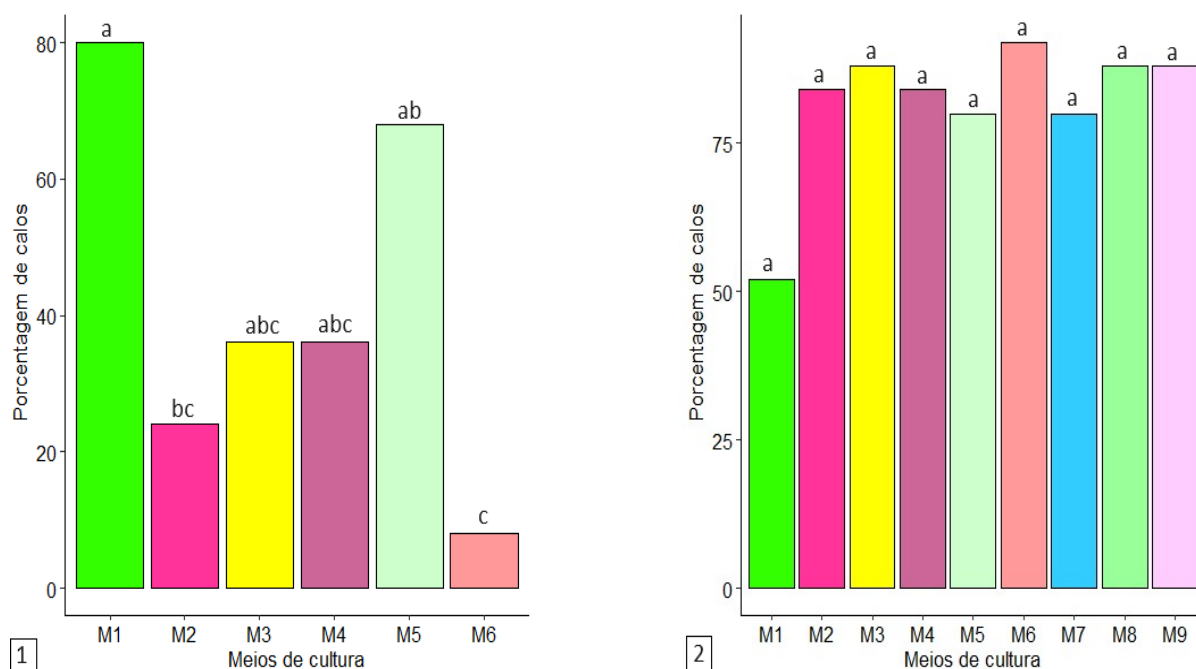


Figura 3. Porcentagem média de calos observados em *P. alata* (1) e *P. stroemfeltii* (2), submetidas aos tratamentos: M1 (2,5 mg L⁻¹ de BAP + 1,0 mg L⁻¹ de ANA), M2 (2,5 mg L⁻¹ de BAP), M3 (2,5 mg L⁻¹ de BAP + 5,0 mg L⁻¹ de ANA), M4 (0,1 mg L⁻¹ de 2,4-D), M5 (0,2 mg L⁻¹ de 2,4-D), M6 (0,3 mg L⁻¹ de 2,4-D), M7 (0,4 mg L⁻¹ de 2,4-D), M8 (0,5 mg L⁻¹ de 2,4-D), M9 (0,6 mg L⁻¹ de 2,4-D). As letras pequenas após as médias indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: os autores.

Em relação a formação de brotos para *P. alata*, o M1 (2,5 mg L⁻¹ de BAP e 1,0 mg L⁻¹ de ANA) e o M2 (2,5 mg L⁻¹ de BAP) foram estatisticamente iguais (Gráfico 2-1), apresentando maior porcentagem média de brotos sendo respectivamente 68 % e 100%. Quanto aos resultados para *P. stroemfeltii*, o tratamento M5 (0,2 mg L⁻¹ de 2,4-D) apresentou maior porcentagem média de brotos (100 %), sendo estatisticamente diferente dos demais tratamentos (Gráfico 2-2). Apesar do tratamento M3 (2,5 mg L⁻¹ de BAP + 5,0 mg L⁻¹ de ANA) ter sido estatisticamente igual ao tratamento M5, este apresentou a porcentagem média de apenas 80 %. Nos demais tratamentos não foi possível observar a formação de brotos (Figura 4).

Quanto a formação de raízes, observou-se que os tratamentos M1 (2,5 mg L⁻¹ de BAP + 1,0 mg L⁻¹ de ANA) e M4 (0,4 mg L⁻¹ de 2,4-D) foram estatisticamente iguais, apresentando maior porcentagem média de raízes, 76 % e 64 %, respectivamente. No tratamento M2 (2,5 mg L⁻¹ de BAP) não se observou a formação de raízes, diferindo-se M1 e M4. Já para *P. stroemfeltii* não houve diferença significativa entre os tratamentos utilizados, e observou-se a formação de raízes em todos os meios utilizados.

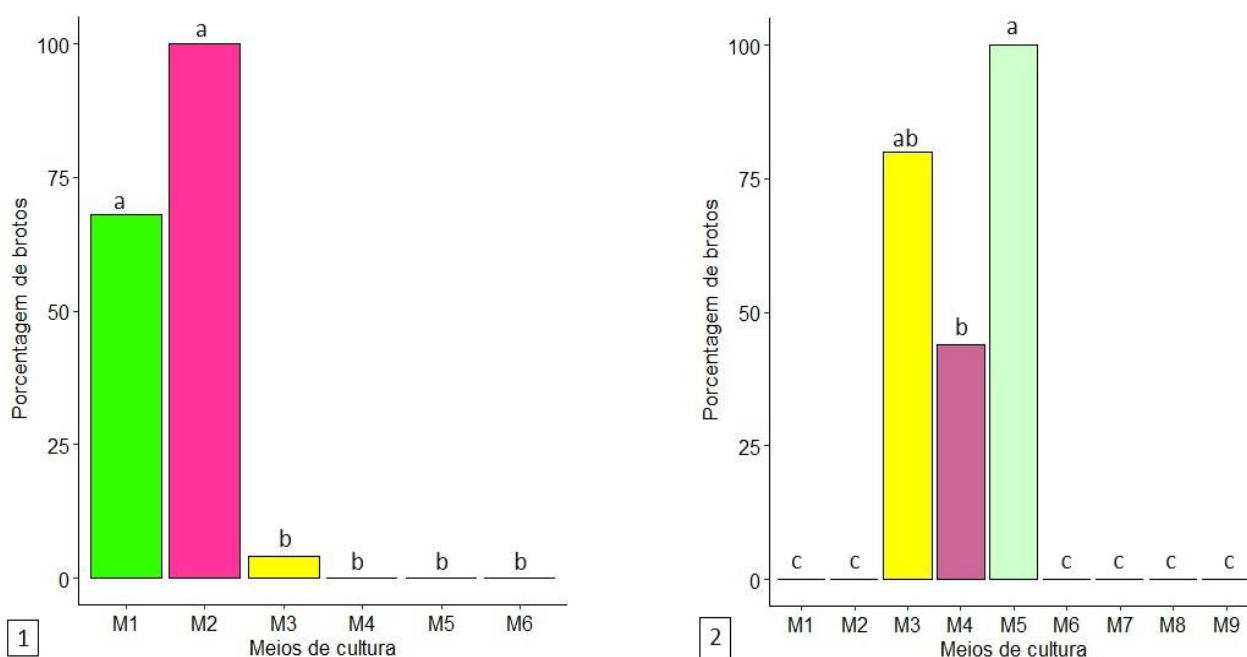


Figura 4. Porcentagem média de brotos observados em *P. alata* (1) e *P. stroemfeltii* (2), submetidas aos tratamentos: M1 (2,5 mg L⁻¹ de BAP + 1,0 mg L⁻¹ de ANA), M2 (2,5 mg L⁻¹ de BAP), M3 (2,5 mg L⁻¹ de BAP + 5,0 mg L⁻¹ de ANA), M4 (0,1 mg L⁻¹ de 2,4-D), M5 (0,2 mg L⁻¹ de 2,4-D), M6 (0,3 mg L⁻¹ de 2,4-D), M7 (0,4 mg L⁻¹ de 2,4-D), M8 (0,5 mg L⁻¹ de 2,4-D), M9 (0,6 mg L⁻¹ de 2,4-D). As letras pequenas após as médias indicam a diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: os autores.

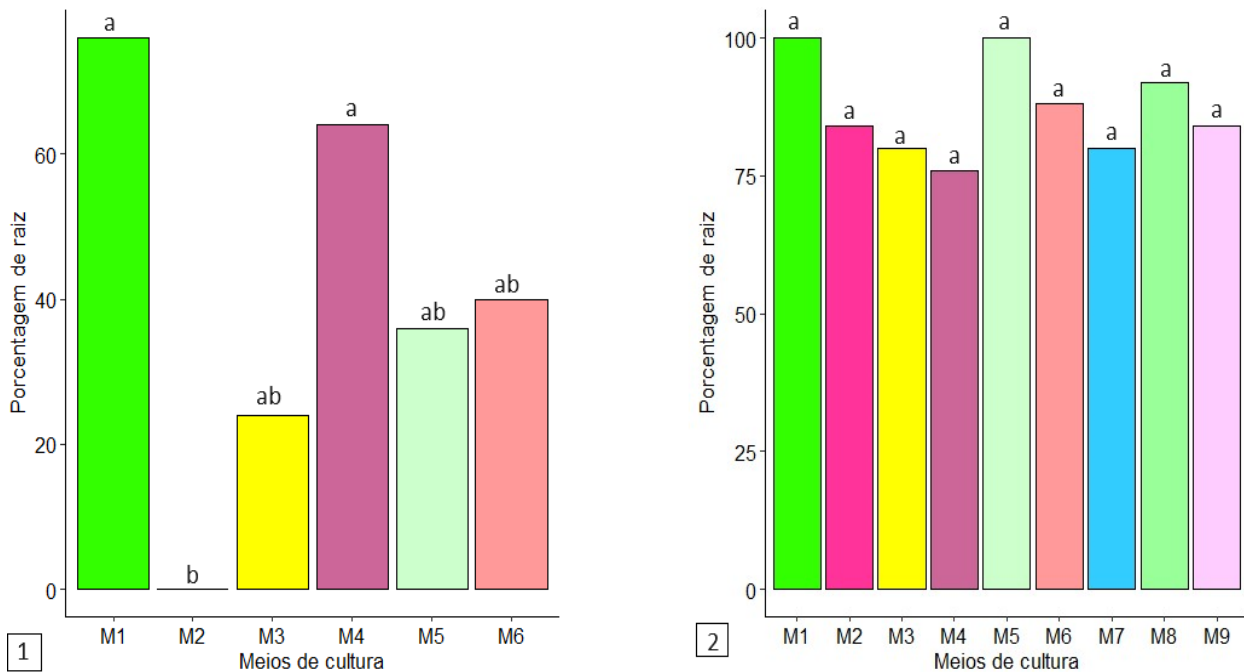


Figura 5. Porcentagem média de raízes observadas em *P. alata* (1) e *P. stroemfeltii* (2), submetidas aos tratamentos: M1 (2,5 mg L⁻¹ de BAP + 1,0 mg L⁻¹ de ANA), M2 (2,5 mg L⁻¹ de BAP), M3 (2,5 mg L⁻¹ de BAP + 5,0 mg L⁻¹ de ANA), M4 (0,1 mg L⁻¹ de 2,4-D), M5 (0,2 mg L⁻¹ de 2,4-D), M6 (0,3 mg L⁻¹ de 2,4-D), M7 (0,4 mg L⁻¹ de 2,4-D), M8 (0,5 mg L⁻¹ de 2,4-D), M9 (0,6 mg L⁻¹ de 2,4-D). As letras pequenas após as médias indicam a diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: os autores.

Observa-se que para *P. alata*, o meio M1 composto por 2,5 mg L⁻¹ BAP e 1 mg L⁻¹ ANA tiveram bons resultados em relação aos calos, brotos e raízes, o que é coerente já que a citocinina é um hormônio que promove a divisão celular, estimulando a formação de calos e brotos e a auxina é um hormônio que promove o alongamento de células contribuindo na formação de raízes (Cardoso, 2014). De acordo com o estudo realizado por Asghar e colaboradores (2023) através da alteração do balanço entre auxinas e citocininas, é possível induzir calos, que são estruturas que resultam da proliferação celular e desorganização tecidual, em diversas espécies de plantas. Corroborando com resultados encontrados no presente trabalho, Rojas-Idrogo et al. (2020) apresentaram que a maior porcentagem de brotos a partir de explantes foliares e nodais de *P. galioides* foi encontrada em meio MS suplementado com uma combinação de ANA e BAP.

No que se refere a *P. stroemfeltii* tanto para calos como para raízes os efeitos dos meios foram excelentes, mas apenas o meio M5 (0,2 mg L⁻¹ de 2,4-D) foi estatisticamente diferente na indução de brotos, com maior porcentagem média de brotos. Este resultado foi inesperado, considerando que a auxina 2,4-D é mais utilizada para iniciar culturas de calos como foi estudado por Monaly Sado em (2009) quando realizou o estudo do efeito do 2,4-D na calogênese *in vitro* de *Senna spcabilis* (DC) Irwin et Barn (Leguminosae) e seus compostos de reserva. Apesar disso, outros estudos, cuja o objetivo era a propagação *in vitro* de *Aconitum chasmanthum*, a maior indução e multiplicação de brotos ocorreu em um

meio com baixa concentração de 2,4-D (Rafiq et al., 2021). O que permite pressupor que devido a diversas características fisiológicas, morfológicas, bioquímicas e de totipotência celular, cada espécie, mesmo que pertencente a um mesmo gênero, pode se comportar de diferentes formas *in vitro*, assumindo diferentes rotas morfogênicas, associadas ou não, com o regulador e estímulos utilizados.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos são fundamentais para a otimização dos meios de cultura, especialmente em relação à extração de óleo essencial das espécies estudadas. Esses resultados evidenciam a complexidade do cultivo *in vitro* de *P. alata* e *P. stroemfeltii*, ressaltando a necessidade contínua de pesquisas e ajustes nas condições de cultivo para atender às exigências específicas de cada espécie em diferentes fases de desenvolvimento. Os dados indicam que, mesmo submetidas às mesmas condições e estímulos, as espécies seguem diferentes vias morfogênicas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). (Finance Code 001).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M., Graner, É. M., Brondani, G. E., De Oliveira, L. S., Artioli, F. A., De Almeida, L. V., Batagin-Piotto, K. D. (2015) Plant morphogenesis: theoretical bases. *Advances in Forestry Science*, 2, 13-22. <https://doi.org/10.34062/afs.v2i1.2363>.
- Asghar, S., Ghori, N., Hyat, F., Li, Y., & Chen, C. (2023). Use of auxin and cytokinin for somatic embryogenesis in plant: a story from competence towards completion. *Plant Growth Regulation*, 99(3), 413–428. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00923-9>
- Barroso, G. M., Peixoto, A. L., Ichaso, C. L. F., Guimarães, E. F., & Costa, C. G. (2002). *Sistemática de angiospermas do Brasil* (2ª ed.). Editora UFV.
- Cardoso, J. C. (2014). Publicação em cultivo *in vitro* de plantas: qualidade para o avanço científico e tecnológico. *Horticultura Brasileira*, 32, 383.
- Carvalho-Silva, M., & Guimarães, E. F. (2009). Piperaceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 235–245.384.
- De Souza, J. A., & Sousa, Z. L. (2018). Estudo da atividade biológica do extrato etanólico da *Peperomia pellucida* (L.) Kunth. *Revista Cereus*, 10(4), 147–159.

- Flora do Brasil 2021 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Recuperado em janeiro de 2022, de <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB12613>
- Frenzke, L., et al. (2015). A revised infrageneric classification of the genus *Peperomia* (Piperaceae). *Taxon*, 64(3), 424–444.
- Grattapaglia, D., & Machado, M. A. (1998). Micropropagação. *Cultura de tecidos e transformação genética de plantas*, 1, 183–260.
- Jaramillo, M. A., Callejas, R., Davidson, C., Smith, J. F., Stevens, A. C., & Tepe, E. J. (2008). A phylogeny of the tropical genus *Piper* using ITS and the chloroplast intron psbJ–petA. *Systematic Botany*, 33, 647–660.
- López, S.N., Lopes, A.A., Batista, J.M. Jr, Flausino, O. Jr, Bolzani, Vda. S., Kato, M.J. & Furlan, M. (2010). Geranylation of benzoic acid derivatives by enzymatic extracts from *Piper crassinervium* (Piperaceae). *Bioresour Technol.* 2010 Jun;101(12):4251-60. doi: 10.1016/j.biortech.2010.01.041.
- Lorenzi, H., & Souza, H. M. D. (2008). Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. (No Title).
- Massot, B., Milesi, S., Gontier, E., Bourgaud, F., & Guckert, A. (2000). Optimized culture conditions for the production of furanocoumarins by micropropagated shoots of *Ruta graveolens*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 62, 11–19.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473–497.
- Ooka, J. K., Correia, M. V., Scotti, M. T., Fokoue, H. H., Yamaguchi, L. F., Kato, M. J., & Owens, D. K. (2022). Synthesis and activity of 2-acyl-cyclohexane-1,3-dione congeners derived from *Peperomia* natural products against the plant p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase herbicidal molecular target site. *Plants*, 11(17), 2269.
- Patel, A. K., Agarwal, T., Phulwaria, M., Kataria, V., & Shekhawat, N. S. (2014). An efficient in vitro plant regeneration system from leaf of mature plant of *Leptadenia reticulata* (Jeewanti): a life giving endangered woody climber. *Industrial Crops and Products*, 52, 499–505.
- Queiroz, G., & Guimarães, E. (2020). *Peperomia* (Piperaceae) no Leste Metropolitano do Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 71. <https://doi.org/10.1590/2175-78602020711420XX>
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing.
- R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rafiq, S., Wagay, N. A., Bhat, I. A., Kaloo, Z. A., Rashid, S., Lin, F., ... & Elansary, H. O. (2021). In vitro propagation of *Aconitum chasmanthum* Stapf Ex Holmes: An endemic and critically endangered plant species of the western Himalaya. *Horticulturae*, 7(12), 586.

- Rojas-Idrogo, C., Olivera-Morante, M. I., & Delgado-Paredes, G. E. (2020). Propagación in vitro de *Peperomia albobittata* y *Peperomia galioides* por organogénesis. *Biotecnología Vegetal*, 20(2), 92–103.
- Sado, M. (2009). Efeito do 2,4-D na calogênese de *Senna spectabilis* (DC) Irwin et Barn (Leguminosae) e seus compostos de reserva. Tese (Doutorado), Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo.
- Spencer, R. (1995). *Horticultural flora of South-Eastern Australia: Flowering plants, dicotyledons: The identification of garden and cultivated plants* (1^a ed.). Royal Botanic Garden Melbourne.
- Stevens, P. F. (2022). Angiosperm Phylogeny Website. Recuperado em janeiro de 2022, de <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome.html>
- Shekhawat, M. S., Manokari, M., Ravindran, C. P. (2015) An Improved Micropropagation Protocol by Ex Vitro Rooting of *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg. through Nodal Segment Culture. *Scientifica* (Cairo). <https://doi.org/10.1155/2015/578676>.
- Vongnhay, V., Shukla, M. R., Ayyanath, M. M., Sriskantharajah, K., & Saxena, P. K. (2024). In Vitro Morphogenesis of Tobacco: Modulation of Endogenous Growth Regulators by Tulsi (Holy Basil). *Plants*, 13(14), 2002. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13142002>
- Wanke, S., Jaramillo, M. A., Borsch, T., Samain, M., Quandt, D., & Neinhuis, C. (2007). Evolution of Piperales–matK gene and trnK intron sequence data reveal lineage specific resolution contrast. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 42, 477–497.

Índice Remissivo

A

alterações cromossômicas, 12, 20, 22, 23, 29, 34, 36
alterações nucleares, 20, 22, 24, 29, 34
antimutagênico, 19, 22, 23

B

bioatividade, 7, 12, 18

C

calogênese, 44, 46, 49
citotóxico, 28, 30
cravo-da-índia, 28, 32

E

embriogênese somática, 41, 42, 43

F

fitotóxico, 7, 31, 32

H

herbicida, 7, 13, 29, 32

I

índice mitótico, 20, 22, 29, 33, 34

M

micronúcleo, 21, 22

N

nanoemulsão, 4, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35

O

Orégano, 7

P

pré-emergentes, 10
propagação in vitro, 40, 46

R

regulador de crescimento, 41, 43

Sobre as organizadoras



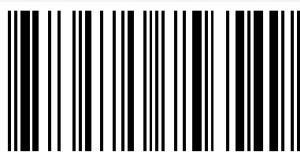
  **Milene Miranda Praça Fontes**

Bióloga, graduada em Ciências Biológicas (2003) na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Mestre (2005) e Doutora (2009) em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Pós-Doutorado (2023) em Citogenética Vegetal na UFV. Atualmente é professora da Universidade Federal do Espírito Santo e realiza pesquisas envolvendo temas em Mutagênese, com o foco em análises de fitotoxicidade e citogenotoxicidade provocadas por substâncias químicas ou do metabolismo secundário de plantas em organismos modelo. Possui 67 artigos publicados em revistas nacionais e internacionais, 214 resumos completos/simples/expandidos, 2 livros e 27 capítulos de livro. É revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Contato: mileneufes@gmail.com



  **Loren Cristina Vasconcelos**

Bióloga, graduada em Ciências Biológicas Licenciatura (2018) na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestra (2020) e Doutora (2024) em Genética e Melhoramento na UFES. Atualmente, é professora da Universidade Federal do Espírito Santo e realiza pesquisas sobre o potencial bioherbicida e citogenotóxico de produtos naturais sobre plantas indesejáveis na agricultura. Possui 11 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 34 trabalhos completos, 15 resumos simples/expandidos e 7 capítulos de livros. Contato: loren-vasconcelos@hotmail.com



9786585756549

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br

