

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. Leandris Argentele-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

Capítulo II

Avaliação da atividade citoprotetora do óleo essencial de *Psidium myrtoides* O. Berg

 10.46420/9786585756549cap2

Morgana Cabral de Oliveira Santos 

Loren Cristina Vasconcelos 

Luiza Alves Mendes 

Milene Miranda Praça Fontes 

INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), 60% a 80% da população mundial necessitam especialmente de plantas medicinais para cuidar de sua saúde, devido à escassez de condições financeiras ou falta de acesso à medicina tradicional. Com toda essa demanda, há um aumento significativo de estudos toxicogenéticos em plantas para avaliar suas qualidades e potenciais fitoterápicos, a fim de inferir sobre prevenção, tratamento e cura de doenças (Soares et al.; 2013; Bagatini et al., 2007; Corrêa et al., 2018; Silva et al., 2014).

Com a criação da PNPMF (Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos) pelo Decreto da Presidência da República nº. 5.813, de 22 de junho de 2006, o uso seguro das plantas medicinais foi incentivado e, como consequência, iniciou-se a discussão sobre a importância, dificuldade, facilidade e efetuação de seu uso. Já com a efetivação e reconhecimento do uso dos fitoterápicos no SUS (Sistema Único de Saúde) houve o aumento do acesso da população à medicação e, consequentemente, o aumento das possibilidades de tratamento, o resgate da prática milenar e o incentivo da combinação do conhecimento popular com a ciência (Brasil, 2006; Brasil, 2010).

As plantas são grandes reservatórios de compostos com diferentes funções e aplicações, tais como fungicidas, bactericidas, inseticidas e funções medicinais. As plantas medicinais possuem um espaço consideravelmente importante na medicina (Akinbo; Bakare, 2007). Estudos recentes mostram que muitas substâncias encontradas nas plantas são agentes antioxidantes, hipoglicêmicos e anticancerígenos que podem combater a atividade mutagênica no organismo (Abdel-Hameed et al., 2014; Gonçalves et al., 2017).

A atividade de mutagênicos no organismo pode ativar proto-oncogenes ou genes supressores de tumor, os quais causam alterações celulares que levam ao câncer (Nantes et al., 2014). Sendo assim, há uma grande necessidade de identificação de substâncias classificadas como agentes antimutagênicos, através de estudos com plantas medicinais, capazes de amparar e proteger os organismos dos danos

causados pela exposição de agentes mutagênicos. Dentre as diversas espécies vegetais em potencial para estudo, as do gênero *Psidium* são usadas por apresentarem propriedades farmacológicas, como antiinflamatórios, antimicrobianos, analgésicos e antialérgicos. O gênero *Psidium* apresenta aproximadamente 100 espécies (Govaerts et al., 2016) e sua distribuição é neotropical, ocorrendo do sul do México até a Argentina, incluindo as Ilhas do Caribe e dois arquipélagos no Pacífico (Frazon et al., 2009). O Brasil é o centro de diversidade mais importante do gênero, apresentando aproximadamente 60 espécies de *Psidium* (Sobral et al., 2016), com espécies distribuídas desde o Amazonas até Rio Grande do Sul (Landrum, 2003).

Dentre as espécies que se destacam no gênero está a goiabeira *Psidium guajava* L. e os araçás *Psidium cattleianum* Sabine, *Psidium guineense* Swartz, *Psidium myrtoides* O. Berg e *Psidium acutangulum* DC. Desde 1986, a *P. guajava* está incluída na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse do Sistema Único de Saúde (RENISUS), o que confirma a potencialidade da espécie como planta medicinal devido a sua comprovação fitoterápica (Muniz et al., 2013). Dessa forma, considerando a importância dessas espécies, constata-se a necessidade de se buscar maior desenvolvimento de pesquisas científicas com a goiabeira e os araçás.

O efeito medicinal das espécies de *Psidium* se deve aos compostos biologicamente ativos presentes na planta. A folha possui flavonoides, óleos essenciais, álcoois sesquiterpenoides, ácidos triterpenoides e taninos. Destaque especial é dado ao óleo essencial presente na folha, por despertar interesse na busca de explicações científicas que justifiquem os efeitos medicinais e alelopáticos que ele possui (Teixeira et al., 2003; Bardweel et al., 2015).

Os óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas, constituídos na maioria das vezes por moléculas de natureza terpênica. Além disso, constituem um tipo de metabólito secundário de plantas e possuem grande importância econômica, com inúmeras aplicações principalmente nos setores alimentícios, farmacêuticos e de perfumaria (Salgado, 2001).

A variabilidade quimiotípica dos óleos essenciais de *Psidium* vem sendo demonstrada pelo nosso grupo de pesquisa, sendo alta a quantidade de sesquiterpenos, que é uma característica comum aos genótipos estudados. É importante conhecer as variações na composição química dos mesmos, com o objetivo de direcionar seu uso. Segundo Moraes (2009), a composição química dos óleos essenciais é determinada por fatores genéticos, porém, outros fatores podem acarretar alterações significativas na produção dos metabólitos secundários. Dentre estes fatores, podem-se ressaltar a idade e estágio de desenvolvimento das plantas, fatores abióticos como luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta, bem como técnicas de colheita e pós-colheita.

Para monitorar a bioatividade de extratos e compostos isolados de plantas e a identificação de substâncias tóxicas, bioensaios utilizando espécies vegetais como organismos alvos são aplicados (Noldin

et al., 2003). Dentre os organismos teste vegetal, a alface (*Lactuca sativa* L.), uma eudicotiledônea, é recomendada para testes de toxicologia ambiental (Silveira et al., 2017) e apresentam-se como uma ótima opção, visto que esta espécie evidencia taxas de germinação rápidas e custo benefício que condiz com a realidade. Ademais, tem demonstrado ser confiável para os testes antimutagênicos (Silveira et al., 2017). Sendo assim, este trabalho tem por objetivo a verificação do efeito antimutagênico do óleo essencial de *P. myrtooides* em bioensaios com *L. sativa*. Dessa forma, os resultados encontrados podem contribuir para ampliação dos dados acerca do uso do óleo essencial de *P. myrtooides*.

MATERIAL E MÉTODOS

Material Vegetal

Folhas de *P. myrtooides* foram coletadas na área experimental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) no dia 17/10/2022, no município de Alegre. As folhas foram secas em estufa de circulação de ar a 60°C por 12 horas. Logo depois, foram trituradas, armazenadas em sacos de papel e congeladas em freezer até a extração. Os testes antimutagênicos foram realizados com sementes de *L. sativa* obtidas no comércio local da cidade de Alegre – ES, Brasil. A alface possui dois conjuntos cromossômicos ($2n=2x=18$) (Matoba, Souza & Silva, 2007).

Extração do óleo essencial e análise da composição química

O óleo essencial de *P. myrtooides* foi extraído por hidrodestilação, em aparelho Clevenger, durante quatro horas de acordo com a metodologia recomendada pela Farmacopeia Brasileira para óleos voláteis (BRASIL, 2010). Foram realizadas ao todo 3 extrações. Nas extrações foi utilizada cerca de 150g de folhas em aproximadamente 1000 mL de água de osmose reversa, em balão de fundo redondo de 2000 mL. Após a extração o óleo foi removido com micropipeta e armazenado em freezer a -20 °C. O rendimento do óleo essencial foi obtido pela razão entre a massa de óleo extraído e a massa seca das folhas (% m/m), dado pela fórmula: $\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{massa do óleo}}{\text{massa da planta seca}} \times 100$.

As amostras dos OE extraídos das folhas foram analisadas por Cromatografia Gasosa com detector de Ionização de Chama (GC-FID) (Shimadzu GC-2010 Plus) e Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massa (GC-MS) (Shimadzu GCMS-QP2010 SE).

Avaliação do potencial antimutagênico

Para avaliar o potencial antimutagêncio a concentração de 187,5 mg/mL do óleo essencial foi utilizada, visto que trabalhos anteriores mostraram que ela não apresentou efeitos fitotóxicos sobre a germinação e o crescimento radicular e aéreo de *L. sativa* (Vasconcelos et al., 2019). A emulsão do óleo essencial foi preparada em cuba de ultrassom utilizando tween 80 como solvente. Água destilada e o solvente tween 80 foram utilizados como controles negativos. Metanossulfonato de metila (MMS –

Sigma Aldrich) 4×10^{-4} foi utilizado como agente mutagênico indutor de dano ao DNA (Nantes et al., 2014), sendo considerado o controle positivo.

Vinte e cinco sementes de *L. sativa* foram colocadas em placas de Petri umedecidas com água destilada para estimular a emissão de raízes e mantida em BOD a 24 °C. Após 24 h, as sementes exibindo raízes de 1–2 mm foram transferidas para novas placas de Petri e submetidas a uns dos experimentos a seguir: (E1) tratamento com óleo essencial de *P. myrtooides* por 48h; (E2) pré-tratamento com óleo essencial de *P. myrtooides* por 24 horas e tratamento subsequente com MMS por 24 h; (E3) tratamento simultâneo com óleo essencial preparadas a partir de *P. myrtooides* com adição de MMS (1: 1); (E4) pré-tratamento com MMS por 24 horas e pós-tratamento com óleo essencial de *P. myrtooides* cultivadas por mais 24 h. Após a exposição as raízes foram coletadas e fixadas em solução (etanol: ácido acético 3: 1) e armazenados a -20° C até o uso.

Para o preparo das lâminas, as raízes fixadas foram submetidas a uma hidrólise ácida em HCl 5N a temperatura ambiente por 18 minutos. Os meristemas das raízes foram seccionados, corados com orceína acética a 2%, coberta por lamínula e esmagadas. As lâminas foram analisadas em microscópio de luz. Cinco lâminas de cada tratamento foram preparadas, sendo analisadas 1000 células/lâmina totalizando 5000 células, para cada tratamento. O índice mitótico (IM) foi obtido através da razão entre o número de células em divisão (prófase, metáfase, anáfase e telófase) pelo número total de células avaliadas em cada tratamento. As frequências de alterações cromossômicas (AC) e alterações nucleares (AN) foi calculada dividindo o número de alterações pelo número total de células analisadas. Foram contabilizadas as alterações cromossômicas dos tipos: cromossomo perdido, cromossomo aderente, poliploidia, C-metáfase, ponte cromossômica e atraso. As frequências de micronúcleos (MNC), brotos celulares e núcleos condensados observados foram categorizadas como as alterações nucleares (Aragão et al., 2015).

Análise estatística

Os dados antimutagênicos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com significância de $p < 0,05$. A análise foi realizada no software aberto “Genes” (Cruz, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento do óleo essencial de *P. myrtooides* foi de 0,1401 % m/m. O óleo essencial de *P. myrtooides* apresentou sete compostos químicos em sua constituição com área acima de 5%, dentre eles é possível observar a presença majoritária de sesquiterpeno oxigenado (SO) e sesquiterpeno hidrogenado (SH), em minoria o monoterpene hidrocarboneto (MH) e a ausência de monoterpene oxigenado (MO). Além disso, também foi observado a presença majoritária de dois compostos principais, sendo eles o

hidrocarboneto sesquiterpeno beta-cariofileno presente na composição com 29% e o alfa-humuleno contando com 21% em sua composição (Tabela 1). A presença em maiores quantidades de beta-cariofileno, que é um hidrocarboneto sesquiterpeno (SH), na amostra indica um quimiotipo padrão em espécies do gênero *Psidium* (Vasconcelos et al., 2019).

Tabela 1. Identificação dos compostos presentes no óleo essencial da espécie *Psidium myrtoides*. Fonte: os autores.

n	Composto ^a	t _{retenção} (min.) ^b	A _{relativa} (%) ^c	IR _{calculado}	IR _{tabelado}	Classificação terpênica ^d
1	α -pinene	9,231	13,3	929	932	MH
2	α -copaene	29,535	5,9	1371	1374	SH
3	β -caryophyllene	31,386	29,0	1415	1417	SH
4	α -humulene	32,794	21,0	1449	1452	SH
5	caryophyllene oxide	37,939	10,3	1579	1582	SO
6	humulene epoxide	38,943	5,2	1605	1602	SO
7	α -bisabolol	41,777	10,3	1681	1685	SO
Total identificado			95,0			

^aCompostos majoritários listados na ordem de eluição utilizando coluna Rtx®-5MS. ^bTempo de retenção. ^cCompostos com área relativa > 5% foram identificados. ^dClassificação terpênica: monoterpeneo hidrogenado (MH), monoterpeneo oxigenado (MO), sesquiterpeneo hidrogenado (SH) e sesquiterpeneo oxigenado (SO).

Os resultados do ensaio de antimutagenese estão apresentados na Tabela 2. Considerando o IM, AN e MCN todos os tratamentos foram estatisticamente iguais a todos os controles. Para a variável AC, o tratamento E3 causou um aumento em relação ao MMS, indicando que o óleo essencial ao invés de proteger o DNA, quando aplicado juntamente com o MMS potencializa seu efeito danoso (Tabela 2). Sabe-se que o MMS causa danos generalizados ao DNA, como quebras de fita dupla, como consequência de sua ação alquilante (Yao et al., 2016).

Embora não tenha ocorrido diferença estatística entre os tratamentos e os controles para a variável IM e MNC, observa-se que o tratamento E2 levou a menor média de IM, além de ser o único tratamento que causou micronúcleos, mostrando que o óleo essencial não reduz o efeito do MMS quando aplicado previamente a ele (Tabela 2). A redução do IM e a presença de micronúcleo são indicativos de morte celular. Os micronúcleos são considerados os marcadores citológicos mais eficientes para detecção de mutagenicidade (Palmieri, Carbone & Di Virgilio, 2016), pois estão relacionados a cromossomos perdidos ou fragmentos de cromossomos que não se incorporam ao núcleo principal até o final do ciclo celular (Andrade-Vieira et al., 2017). Isso ocorre quando os mecanismos de reparo da célula não são

capazes de reparar o dano sofrido, levando à eliminação do material genético da célula por meio da formação de micronúcleos. O crescimento e o desenvolvimento das raízes estão associados a proliferação celular, logo, se uma substância é mitodepressora, reduzindo a frequência de divisão das células, é considerada fitotóxica, pois afeta o desenvolvimento das raízes (Harashima & Sch-Nittger, 2010).

Quanto as fases da mitose, o tratamento E2 aumentou a quantidade de células em prófase e diminuiu a quantidade de telófases diferindo do controle negativo solvente. O tratamento E4 também levou a redução do número de telófases em relação ao solvente, ou seja, o óleo essencial potencializou o efeito do MMS quando aplicado posteriormente (Tabela 3). Em relação as alterações cromossômicas individuais foram observadas ponte cromossômica, cromossomos perdidos, cromossomos aderentes e c-metáfases, no entanto não houve diferenças entre os tratamentos e os controles utilizados (Tabela 4). Esses resultados demonstram a toxicidade do óleo essencial de *P. myrtooides* sobre o ciclo celular de *L. sativa* e sua incapacidade de proteger ou reverter danos ao DNA causados por um agente mutagênico.

As pontes cromossômicas são uma consequência de quebras no DNA, especificamente da perda da região telomérica dos cromossomos. Essas regiões terminais dos cromossomos contêm sequências teloméricas cuja função é promover proteção e estabilidade ao cromossomo, evitando fusões (Leme; Marin-Morales, 2009). Assim, essas quebras ocasionam instabilidade e facilitam a fusão das extremidades dos mesmos, dando origem aos cromossomos dicêntricos.

O cromossomo aderente é descrito por El-Ghamery, El-Kholy & El-Metwally (2003) como uma metáfase com alto nível de compactação do DNA, devido à ação de compostos tóxicos na estrutura físico-química do DNA ou de proteínas a ele ligadas e é considerada uma alteração altamente tóxica que pode levar à ativação da morte celular (Palmieri et al., 2014).

Tabela 2. Efeito antimutagênico do óleo essencial de *Psidium myrtooides* sobre o ciclo celular de *Lactuca sativa*. Fonte: os autores.

Tratamentos	IM	AC	AN	MCN
Água	9.52b	0.92ab	0.62a	0a
Solvente	12ab	1.1ab	0.16a	0a
MMS	10.26ab	0.64b	0.32a	0a
E1	11.36ab	0.94ab	2.3a	0a
E2	8.88b	0.58b	1.38a	0.04a
E3	13.68a	1.30a	0.14a	0a
E4	11.48ab	1.06ab	0.9a	0a
E4	11.48ab	1.06ab	0.9a	0a

As médias seguidas pela mesma letra são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey (5% de significância). IM= índice mitótico, AC= alterações cromossômicas por total de células, NA= alterações nucleares por total de células, MCN= micronúcleo. E1: tratamento com óleo essencial por 48h na concentração; E2: pré-tratamento com óleo essencial por 24 horas e tratamento subsequente com MMS por 24 h; E3: tratamento simultâneo com óleo essencial com adição de MMS (1: 1); E4: pré-tratamento com MMS por 24 horas e pós-tratamento com óleo essencial cultivadas por mais 24 h.

Tabela 3. Efeito antimutagênico do óleo essencial de *Psidium myrtoides* sobre as fases do ciclo celular de *Lactuca sativa*. Fonte: os autores.

Tratamentos	INTER	PROF	META	ANA	TELO
Água	89.86a	53.406bc	22.056a	11.902ab	12.636ab
Solvente	87.84a	48.956c	23.438a	13.882ab	13.724a
MMS	89.42a	55.918abc	21.842a	9.744ab	12.496ab
E1	86.34a	53.824abc	21.206a	15.486ab	9.484ab
E2	89.78a	67.87a	17.646a	9.14b	5.342b
E3	86.18a	50.436bc	25.06a	18.068a	6.434ab
E4	88.28a	64.474ab	16.868a	12.884ab	5.772b

As médias seguidas pela mesma letra são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey (5% de significância). INTER= interfase, PROF= prófase, META= metáfase, ANA= anafase, TELO= telofase. E1: tratamento com óleo essencial por 48h na concentração; E2: pré-tratamento com óleo essencial por 24 horas e tratamento subsequente com MMS por 24 h; E3: tratamento simultâneo com óleo essencial com adição de MMS (1: 1); E4: pré-tratamento com MMS por 24 horas e pós-tratamento com óleo essencial cultivadas por mais 24 h.

Tabela 4. Efeito antimutagênico do óleo essencial de *Psidium myrtoides* sobre as alterações cromossômicas do ciclo celular de *Lactuca sativa*. Fonte: os autores.

Tratamentos	CMET	PONTE	PERDIDO	ADERENTE
Água	2.814a	3.414a	0.584a	2.96a
Solvente	2.52a	3.03a	0.89a	2.62a
MMS	1.316a	2.774a	0.204a	1.706a
E1	3.094a	1.896a	0.336a	3.068a
E2	2.72a	3.48a	0a	0.446a
E3	3.306a	3.536a	0a	2.65a
E4	3.712a	3.652a	0.71a	1.492a

As médias seguidas pela mesma letra são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey (5% de significância). CMET= c-metáfase, PONTE= ponte, PERDIDO= cromossomo perdido, ADERENTE= cromossomo aderente. E1: tratamento com óleo essencial por 48h na concentração; E2: pré-tratamento com óleo essencial por 24 horas e tratamento subsequente com MMS por 24 h; E3: tratamento simultâneo com óleo essencial com adição de MMS (1: 1); E4: pré-tratamento com MMS por 24 horas e pós-tratamento com óleo essencial cultivadas por mais 24 h.

No presente trabalho o MMS apresentou efeitos semelhantes aos controles negativos para grande parte das variáveis. Diante disso, novos experimentos precisam ser realizados testando concentrações maiores desse mutagênico.

O óleo essencial de *P. myrtoides* mostrou-se citogenotóxico para *Lactuca sativa* mesmo em baixa concentração. Esses resultados podem estar relacionados à presença do composto majoritário beta cariofileno, composto relatado por afetar negativamente a germinação, crescimento e ciclo celular de *Lactuca sativa* (Vasconcelos et al., 2019). Embora o estudo de Vasconcelos et al. (2019) não tenha relatado atividade citogenotóxica para a concentração 187.5 ppm do óleo essencial de *P. myrtoides*, fatores como o estágio de desenvolvimento da planta, temperatura, pluviosidade, técnicas de colheita e pós-colheita podem ter causado diferenças na composição química do óleo essencial utilizado no presente estudo, influenciando em sua atividade biológica.

CONCLUSÃO

Foi demonstrado que o óleo essencial de *Psidium myrtilodes* potencializou os efeitos do MMS quando aplicado previa e posteriormente a sua aplicação. Em baixas concentrações o óleo essencial não diminuiu os danos ao DNA de *L. sativa* nos tratamentos realizados.

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

- Abdel-Hameed, E.-S. S., El-Khateeb, A. Y., & El-Massry, K. F. (2014). Antioxidant and antimicrobial activities of some plant extracts. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4(10), 28-34.
- Andrade-Vieira, L. F., Palmieri, M. J., Botelho, C. M., et al. (2017). Evaluation of the antimutagenic potential of *Psidium guajava* L. extracts via plant bioassays. *South African Journal of Botany*, 113, 443–448. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.10.002>
- Aragão, K. S., Silva, R. C., Neris, M. A., Lopes, M. A., Cerqueira, E. M. M., & Meireles, J. R. C. (2015). Danos cromossômicos e alterações nucleares em células esfoliadas do epitélio gengival de indivíduos com periodontite crônica moderada. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, 16(1), 19-24. <https://doi.org/10.9771/cmbio.v16i1.17728>
- Akinboro, A., & Bakare, A. A. (2007). Cytotoxic and genotoxic effects of aqueous extracts of five medicinal plants on *Allium cepa* Linn. *Journal of Ethnopharmacology*, 112(3), 470–475. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.04.014>
- Bagatini, M. D., Silva, A. C. F. D., Tedesco, S. B. (2007) Uso do sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador de genotoxicidade de infusões de plantas medicinais. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 17, 444-447.
- Bardaweel, S. K., et al. (2015). Studies on the in vitro antiproliferative, antimicrobial, antioxidant, and acetylcholinesterase inhibition activities associated with *Chrysanthemum coronarium* essential oil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 790838, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2015/790838>
- Brasil. (2006). Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006. Aprova a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.
- Brasil. (2010). *Farmacopeia Brasileira* (6. ed., vols. I & II). Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
- Corrêa, M. P., Mors, W. B., & Pereira, N. A. (2018). Plantas medicinais utilizadas no tratamento de doenças inflamatórias. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 54(3), 423-430.

- Cruz, C. D. (2016). Genes Software – Extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum*, 38(4), 547-552.
- El-Ghamery, A. A., El-Kholy, W. M., & El-Metwally, M. M. (2003). Cytogenetic effects of some pesticides on root tips of *Allium cepa* L. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 540(1), 1-5.
- Frazon, R. C., Campos, L. Z. O., Proença, C. E. B., & Sousa-Silva, J. C. (2009). Araças do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrência, descrição e usos. *Embrapa Cerrados*.
- Gonçalves, M. J., Ferreira, M. J., & Pinto, D. C. G. A. (2017). Antioxidant and antidiabetic activities of plant extracts. *Molecules*, 22(10), 1620.
- Govaerts, R., Frodin, D. G., & Radcliffe-Smith, A. (2016). World checklist and bibliography of *Myrtaceae*. *Kew Bulletin*, 71(1), 1-100.
- Harashima, A., & Sch-Nittger, L. (2010). Efeito de substâncias mitodepressoras no desenvolvimento de raízes de *Lactuca sativa*. *Revista Brasileira de Genética*, 33(1), 45-50.
- Landrum, L. R. (2003). *Flora of Bahia: Psidium (Myrtaceae)*. Universidade Estadual de Feira de Santana.
- Leme, D. M., & Marin-Morales, M. A. (2009). *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application. *Mutation Research*, 682(1), 71-81.
- Matoba, M. M., Souza, L. M., & Silva, M. F. (2007). Análise citogenética de *Lactuca sativa* L. *Revista Brasileira de Genética*, 30(2), 123-130.
- Morais, L. A. S. de. (2009). Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. *Horticultura Brasileira*, 27(2), S4050-S4063.
- Muniz, R. M. C. C., Cavalcante, A. L. C., Pereira, L. M. S., Sousa, F. C. F. de, Vasconcellos, S. M. M. de, Macedo, D. S., ... Fonteles, M. M. de F. (2013). PLANTAS MEDICINAIS DA RENISUS DE ATUAÇÃO CENTRAL. *Infarma - Ciências Farmacêuticas*, 24(1/3), 75–80.
- Nantes, C. I., Pesarini, J. R., Mauro, M. O., Monreal, A. C. D., Ramires, A. D., & Oliveira, R. J. (2014). Evaluation of the antimutagenic activity and mode of action of carrageenan fiber in cultured meristematic cells of *Allium cepa*. *Genetics and Molecular Research*, 13, 9523–9532.
- Noldin, V. F., Cechinel Filho, V., Monache, F. D., Benassi, J. C., Christmann, I. L., Pedrosa, R. C., & Yunes, R. A. (2003). Composição química e atividades biológicas das folhas de *Cynaras colymus* L. (alcachofra) cultivada no Brasil. *Química Nova*, 26(3), 331-334. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000300008>
- Palmieri, D., Carbone, M., & Di Virgilio, A. (2016). Micronucleus assay in human lymphocytes exposed to methyl methanesulfonate. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 46, 1-6.
- Palmieri, D., Carbone, M., & Di Virgilio, A. (2014). Micronucleus assay in human lymphocytes exposed to methyl methanesulfonate. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 38(1), 1-6.
- Salgado, A. P. S. P. (2001). Estudo dos constituintes químicos e da atividade fungitóxica do óleo essencial das folhas de *Eucalyptus* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras.

- Silva, J. K. R., Pinto, L. C., Burbano, M. R. M., Montenegro, R. C., Guimarães, E. F., Andrade, E. H. A., Maia, J. C. S. (2014) Essential oils of Amazon Piper species and their cytotoxic, antifungal, antioxidant and anti-cholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, 58, 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.006>
- Silveira, G. L., Lima, M. G. F., Reis, G. B., Palmieri, M. J., & Andrade-Vieira, L. F. (2017). Efeitos tóxicos de poluentes ambientais: Investigação comparativa utilizando *Allium cepa* L. e *Lactuca sativa* L. *Chemosphere*, 178, 359-367. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.048>
- Soares, N. P., Neres, A. C., Abreu, T., & Aversi-Ferreira, T. A. (2013). Medicinal plants used by the population of Goianópolis, Goiás State, Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 35(1), 85-90. [10.4025/actascibiolsci.v35i2.13077](https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v35i2.13077)
- Sobral, M., Lima, H., & Silva, J. (2016). Araçá. In *Araças do gênero Psidium: principais espécies, ocorrência, descrição e usos* (pp. 15-20). Embrapa Cerrados.
- Teixeira, R. de O., et al. (2003). Assessment of two medicinal plants, *Psidium guajava* L. and *Achillea millefolium* L., in in vitro and in vivo assays. *Genetics and Molecular Biology*, 26(4). <https://doi.org/10.1590/S1415-47572003000400021>
- Vasconcelos, L. C., et al. (2019). Phytochemical analysis and effect of the essential oil of *Psidium* L. species on the initial development and mitotic activity of plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(25), 26216–26228. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05912-6>
- Yao, Y., Zhang, J., Li, L., & Li, Y. (2016). Methyl methanesulfonate (MMS) produces heat-labile DNA damage but no detectable in vivo DNA double-strand breaks. *Nucleic Acids Research*, 44(12), 5794-5805. <https://doi.org/10.1093/nar/gki681>

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



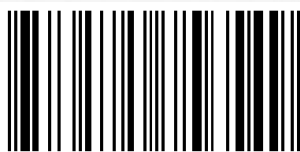
  **Milene Miranda Praça Fontes**

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

