

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

Capítulo III

Prospecção fitoquímica, fitotoxicidade e citogenotoxicidade de nanoemulsões do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* em planta modelo e daninha

 10.46420/9786585756549cap3

Larissa Carolina Lopes de Jesus 

Isabelly da Silva Izidio 

Kátia Aguiar de Souza Monteiro 

Loren Cristina Vasconcelos 

Luiza Alves Mendes 

Milene Miranda Praça Fontes 

INTRODUÇÃO

Com o uso excessivo de insumos sintéticos, os agricultores enfrentam uma preocupante crise devido ao desenvolvimento de resistência em várias espécies de plantas daninhas. No Brasil, essa preocupação é especialmente relevante, uma vez que o país lidera o consumo de agrotóxicos mundialmente (Amaro et al., 2021). Tal prática desenfreada pode ocasionar sérios problemas ambientais e prejudicar, de maneira nociva, a saúde humana, uma vez que os agrotóxicos têm em sua composição química compostos tóxicos muito comprometedores ocasionando enfermidades dermatológicas, problemas renais e diversos tipos de cânceres (Matias et al., 2021). Sendo assim, há uma grande procura em substâncias capazes de ter o mesmo efeito eficiente dos agroquímicos, porém de maneira sustentável, seletiva e segura para o ser humano.

Substâncias de origem naturais, provenientes das plantas, estão sendo estudadas devido à capacidade dos seus metabólitos secundários de interferirem nos processos germinativos de plântulas (Dousseau et al., 2008). Metabólitos secundário são compostos químicos orgânicos produzidos pelas plantas e liberado no meio ambiente, capazes de retardar o crescimento e desenvolvimento de outras plantas, constituindo um método sustentável e menos agressivo ao ambiente e à saúde humana (Silva et al., 2021). Produtos naturais, óleos essenciais (OEs), nanoemulsão (NE), estão sendo utilizadas como uma ferramenta importante para o manejo das plantas daninhas em programas de manejo sustentável (Oliveira et al., 2009). Os OEs podem ser sintetizados por qualquer órgão da planta, como folha, fruto, caule. Seus componentes são voláteis com baixo peso molecular e são normalmente aromáticos. Em sua maioria, os OEs são constituídos por terpenos, que representa o grupo químico predominante. Eles não se caracterizam por serem produtos simples, pois podem conter mais de 300 componentes químicos

diferentes, o que torna aplicáveis em diversas áreas e cada vez mais valorizados (Knaak & Fiuza, 2010). Uma técnica de intensificar a atividade dos OEs, é pelo desenvolvimento de nanoemulsões (NEs), capaz de diminuir o tamanho das partículas fazendo com que os grupos hidrofílicos fiquem mais expostos facilitando a interação com a membrana celular dos organismos, permitindo que as moléculas químicas alelopáticas tenham acesso facilitado com a maquinaria celular, podendo interromper a divisão celular (Donsi & Ferrari, 2016).

É sabido sobre a riqueza de defensivos naturais, e a família das Myrtaceae se destaca nas pesquisas devido à grande quantidade de espécies ricas em compostos químicos com efeitos fitotóxicos e citotóxicos. Entre as espécies, temos o *Syzygium aromaticum*, conhecido popularmente como cravo-da-índia, a literatura mostra que seu principal componente químico ativo é o eugenol que possui diversas atividades biológicas, como inseticida, afrodisíaco, antidiabética, antitumoral, antioxidante, antidiabética, anti-inflamatória, antiparasitária (Affonso et al., 2012). Ainda, Li et al. (2023) em sua pesquisa afirma sobre o efeito fitotóxico sobre a *Echinochloa crus-galli*, daninha pertencente à família Poaceae, popularmente conhecida como capim-de-arroz, teve seu crescimento e desenvolvimento corrompido, entretanto é escasso informações sobre seu efeito citotóxico, no qual é importante, pois permite avaliar os efeitos de substâncias químicas que afetam diretamente o crescimento e a divisão celular.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar a composição química da NE do OE de *S. aromaticum* e realizar uma análise fitocitogenotóxica em sementes de *Allium cepa* L. (cebola), utilizada como planta modelo por possuir grande quantidade de sementes, custo baixo e meristema sensível facilitando as análises fito e citogenotóxica e *Bidens pilosa* L. (picão), por ser uma planta daninha, facilidade de cultivo e amplamente distribuído.

MATERIAL E MÉTODOS

O OE de *S. aromaticum* foi adquirido em um ponto de venda local em Alegre, ES. Para as análises qualitativas e quantitativas dos constituintes do OE, utilizamos 30 µL do óleo misturado com 970 µL de acetonitrila como reagente, visando à identificação dos grupos de compostos secundários, assim a amostra contida foi avaliada 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) conforme Adams (2007) e Souza et al. (2017). Para preparar a nanoemulsão do OE de *S. aromaticum* com uma concentração de 10.000 ppm, diluiu-se o OE em uma solução de água destilada contendo 14% (v/v) do surfactante Tween 80. A nanoemulsão foi elaborada utilizando o método de alta energia, por meio de um homogeneizador ultrassônico de alta potência (IKA T Ultra-Turrax) (Azevedo et al., 2021). As NEs foram caracterizadas de acordo com os protocolos descritos no trabalho de Vasconcelos (2024).

Para avaliação do potencial alopático da nanoemulsão, sementes de picão foram escolhidas em virtude à sua elevada competitividade como planta daninha nos campos agrícolas (Silveira et al., 2003), e cebola por ser considerado um organismo modelo devido à sua ampla utilização para investigar os impactos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos de diversos contaminantes ambientais (Sheikh, Patowary; Laskar, 2020). Assim, as sementes foram expostas a cinco concentrações (3000, 1500, 750, 375 e 187,5 μgL^{-1}) que foram preparadas com a dissolução da nanoemulsão em água destilada. Como controle negativo foi utilizado água destilada e solvente Tween 80 (4,2%, v/v). O herbicida glifosato (1 mL/L) foi utilizado como controle positivo. Para os testes de germinação foram utilizadas placas de Petri com 9cm de diâmetro contendo papel filme. Para cada tratamento foram utilizadas 25 sementes de picão ou cebola, ambos com cinco repetições. As placas foram vedadas com plástico filme e colocadas em câmara de germinação (BOD) a aproximadamente 25 °C, onde permaneceram armazenadas durante o experimento, que durou 4 dias para cebola e 7 para picão.

Ao final de cada experimento, foram determinados a taxa de germinação, o índice de velocidade de germinação (IVG), e com auxílio de um paquímetro digital o comprimento da raiz (CR) e da parte aérea (CA), conforme descrito por Singh et al. (2020). Especificamente para cebola a observação ocorreu a cada 12h até alcançar um total de 96 horas. Após esse período, foram selecionadas 10 raízes de cebola de cada placa de Petri para serem fixadas em uma solução de etanol e ácido acético na proporção de 3:1, sendo posteriormente armazenadas em refrigeração para análises do ciclo celular, de acordo com o protocolo de Aragão et al. (2015). Já para picão, os intervalos de observação foram definidos em 24 horas, estendendo-se até 168 h. Por fim, os dados coletados e tabelados, foram utilizados para a comparação das ações dos tratamentos entre si, pelo teste de Dunnet ($p > 0,05$) através do software R (R Core Team, 2020).

Para as análises citogenotóxicas, foram utilizadas as raízes de cebola que foram fixadas previamente. As radículas fixadas foram lavadas 2x por 10min com água destilada, depois foram submetidas a uma hidrólise ácida em HCl 5N a temperatura ambiente por 18 minutos para a confecção das lâminas. Para esse procedimento, as pontas de 2 raízes foram seccionadas em lâminas para a extração das regiões meristemáticas. Em seguida, essas regiões foram coradas com orceína acética a 2%, que agiu por aproximadamente 15 minutos. Logo, o material foi recoberto por lamínulas e o meristema macerado suavemente com o auxílio de uma caneta de ponta redonda. As lâminas foram analisadas em microscópio de luz da marca NIKON modelo eclipse Ci-S com aumento de 400x e 1000x. Cinco lâminas de cada tratamento foram preparadas para as análises citológicas, com a análise de 1000 células por lâmina, totalizando 5000 células para cada concentração investigada, sendo o mesmo para os controles.

O índice mitótico (IM) foi avaliado dividindo o número de células em divisão (prófase, metáfase, anáfase e telófase) pelo número total de células avaliadas em cada tratamento. A taxa de alterações cromossômicas (AC) e alterações nucleares (AN) foram calculadas 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). A genotoxicidade dos compostos foi avaliada a partir da contagem de AC e AN, enquanto o IM foi utilizado para a avaliação do potencial citotóxico (Leme; Marin-Morales, 2009).

Os efeitos aneugênicos foram analisados mediante identificação de células em divisão com metáfase irregular (C-metáfase), alterações na anáfase (multipolar, com atraso, etc.), mudanças na telófase (atrasos) e/ou células binucleadas, multinucleadas, perdas cromossômicas e modificações nas proteínas expressas, gerando cromossomos pegajosos ou aderência cromossômica. Os efeitos clastogênicos foram identificados baseando-se na frequência de células com pontes e quebras cromossômicas (Costalonga & Pimentel Batitucci, 2014). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias ao teste de Dunnett ($p > 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o aplicativo computacional em estatística aplicada à genética "Genes" (Cruz, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela técnica de espalhamento dinâmico de luz (DLS) obtivemos a caracterização da NE quanto ao tamanho hidrodinâmico (nm), potencial zeta (mV) e polidispersidade (PDI) variáveis que trazem informações sobre a estabilidade da emulsão. O tamanho das partículas observado foi de 11,33 nm, o que indica uma boa homogeneidade, uma vez que está dentro do intervalo adequado para nanoemulsões óleo-em-água (10–100 nm). Já o potencial zeta foi de - 2,21 (em modulo) valor considerado baixo, tal parâmetro reflete o potencial superficial das gotículas e, geralmente, valores acima de 30 (mV) indica estabilidade da NE, enquanto valores abaixo tende a provocar um aumento na taxa de floculação e coalescência das formulações, devido à separação de grupos funcionais na superfície da partícula ou à adesão de espécies iônicas presentes no meio aquoso de dispersão (Schaffazick et al., 2003). O PDI, que avalia a homogeneidade na distribuição dos diâmetros, foi de 0,328, indicando uma suspensão coloidal estável. Valores de PDI próximos a 1 indicam um sistema com ampla variação no tamanho das partículas, enquanto valores próximos a 0 indicam um sistema com partículas de tamanho uniforme, mais homogêneo e estável durante longos períodos de armazenamento (Sato, Medeiros; Prochnau, 2018).

Tabela 1. Caracterização de nanoemulsão do óleo essencial de *S. aromaticum*. Fonte: Próprio autor.

Composto	Tamanho hidrodinâmico (nm)	Zeta (mV)	PDI
<i>S. aromaticum</i>	11,33	- 2,21	0,328

Técnica espalhamento de luz (DLS), caracteriza a NE quanto ao tamanho hidrodinâmico (nm), potencial zeta (mV) e polidispersidade (PDI) variáveis que trazem informações sobre a estabilidade da emulsão.

Para caracterização química do OE, foram identificados três compostos principais, totalizando 100% da amostra. O acetato de eugenila foi o composto majoritário com 36,912%, seguido pelo β -cariofileno com 30,357% e eugenol com 28,174% (Tabela 2). Rabêlo, Mouchrek Filho e Nascimento (2010) destacaram o eugenol como principal componente com atividades inseticida, antiviral, bactericida e fungicida. Ascensão & Mouchrek Filho (2013) também identificaram compostos semelhantes, contribuindo para o entendimento da composição do OE. As variações podem ser causadas por fatores climáticos, sazonais, desenvolvimento, nutrição, água, genética e método de extração (De Moraes, 2009).

Tabela 2. Identificação dos compostos presentes no óleo essencial de *S. aromaticum*. Fonte: Produção do próprio autor.

n	Composto ^a	t _{retenção} (min.) ^b	A _{relativa} (%) ^c	IR _{calculado} ^d	IR _{tabelado} ^e
1	eugenol	28,174	95,6	1363	1356
2	β -cariofileno	30,357	2,0	1414	1417
3	acetato de eugenila	36,912	2,4	1552	1524
Total identificado			100,0		

^aCompostos majoritários listados na ordem de eluição utilizando coluna Rtx®-5MS. ^bTempo de retenção. ^cCompostos com área relativa $\geq 1\%$ foram identificados. ^dÍndice de retenção calculado. ^eÍndice de retenção tabelado.

A nanoemulsão de *S. aromaticum* demonstrou eficácia na inibição da germinação do picão, com uma redução de 100% nas concentrações de 3000 e 1500ppm. Na germinação da cebola, houve inibição significativa de 92,8% e 90,4% nas doses mais elevadas, e nas concentrações de 375 e 187,5ppm, a germinação foi de 20% e 28,8%, indicando a ação fitotóxica da nanoemulsão no desenvolvimento inicial das plântulas (Figura 1A).

Adicionalmente, ao calcular o índice de velocidade de germinação (IVG), observamos que, no caso do picão, as taxas de germinação em todas as concentrações testadas diferiram significativamente dos valores observados nos controles, até nas concentrações mais baixas de 375 e 187,5 ppm o IVG foi de 96,63% e 96,52% indicando um valor significativo comparando os parâmetros de controle. Quanto à cebola, nas concentrações de 750 e 375 ppm seu IVG foi de 0,65% e 0,94% sendo similar ao controle positivo de 1,11% (Figura B). Estudos realizados por Li et al. (2023) sobre OE de *S. aromaticum* revelaram seu efeito fitotóxico no crescimento inicial e desenvolvimento de várias espécies de plantas daninhas.

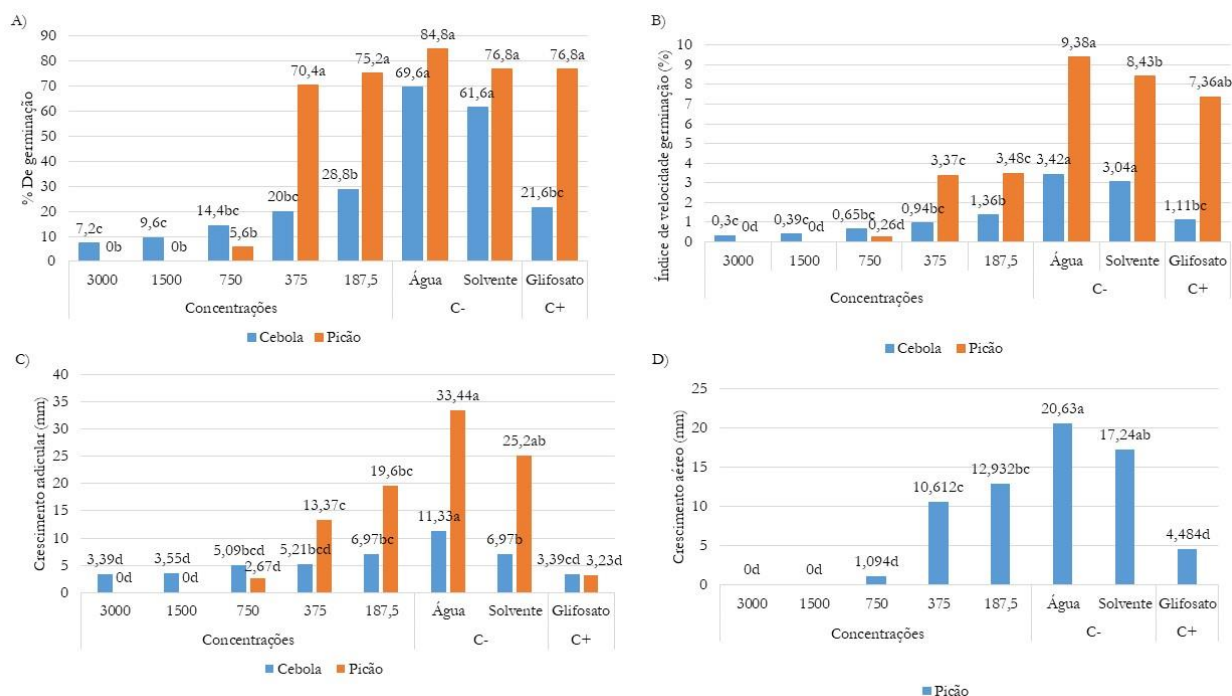


Figura 1. Efeito fitotóxico da nanoemulsão do óleo essencial de *S. aromaticum* na % de germinação, índice de velocidade de germinação, crescimento radicular e crescimento aéreo de cebola e picão. Os resultados obtidos foram calculados, segundo o teste de Dunnet. Barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunnet ($p > 0,05$).

Em relação ao crescimento radicular (CR), o picão foi afetado pela nanoemulsão, nas concentrações de 3000 e 1500 ppm, visto que não teve nenhum desenvolvimento, isso porque a taxa de germinação foi igual a zero. Já o CR da cebola, nas duas maiores concentrações teve inibição de 96,61% e 96,45% igualando ao controle positivo, ou seja, os resultados encontrados foram similares aos do herbicida glifosato (Figura 1C).

Ademais, foi feita a avaliação do crescimento aéreo (CA) do picão, em que nas concentrações de 3000 e 1500 ppm não teve germinação, porém foi igual ao controle positivo, mostrando a eficiência da NE. Além disso, mesmo a concentração de 375 ppm ser considerada baixa, teve restrição de 89,388% do CA, ou seja, cresceu 10,612%, comparando esse valor com o controle negativo, teve quase o dobro do desenvolvimento da parte aérea (Figura 1D). Posto isso, estudo realizado por Cortés-Rojas, De Souza e Oliveira. (2014) destaca o eugenol como o principal composto químico volátil encontrado no cravo-da-índia. Esse metabolito secundário possui efeito alelopático, capaz de inibir a germinação de diversas plantas ou retardar seu crescimento. Sendo assim, os compostos encontrados no OE de *S. aromaticum* podem ter influenciado os resultados sob a capacidade da NE em interromper ou desacelerar o desenvolvimento inicial de plantas invasoras, influenciando a germinação, IVG, CR e CA.

Os resultados citogenotóxicos mostraram que na interfase na concentração de 3000 e 1500ppm foi similar com o controle positivo, os outros tratamentos tiveram resultados similares ao controle

negativo. Na prófase e metáfase todos os ensaios tiveram similaridade e igualdade, evidenciando que as células não conseguiram passar para etapa subsequente (Tabela 3). Na prófase o DNA se torna mais visível. Diferentemente da metáfase, onde os cromossomos atingem sua máxima condensação e se posicionam no centro do fuso, preparando-se para a fase seguinte de separação das cromátides irmãs (Moreira, 2014). Na anáfase, na concentração de 3000ppm foi unicamente idêntica ao controle positivo, nas concentrações de 1500, 750 e 375ppm teve similaridade ao controle positivo e negativo. Já na fase da telófase, na concentração de 3000 ppm, o resultado foi idêntico ao do controle positivo, registrando 0% de progresso. Isso indica que as etapas finais da divisão celular, envolvendo a separação das cromátides e a organização dos núcleos das células filhas, não foram completadas, também apenas as concentrações mais baixas apresentaram similaridade com o controle negativo.

Tabela 3. Efeito da nanoemulsão do óleo essencial de *S. aromaticum* sobre a divisão mitótica de células meristemáticas de cebola. Fonte: Produção do próprio autor.

Soluções	Concentrações (ppm)	Interfase	Fases da mitose			
			Prófase	Metáfase	Anáfase	Telófase
NE do OE de <i>S. aromaticum</i> .	3000	99,92 a	40 a	20 a	0 b	0 b
	1500	96,94 abc	46,88 a	32,99 a	4,63 ab	15,5 a
	750	95,46 cd	43,11 a	29,83 a	8,8 ab	18,25 a
	375	96,24 bc	62,31 a	15,57 a	8,25 ab	13,87 ab
	187,5	95,78 c	45,09 a	25,08 a	15,45 a	14,37 ab
Controle (-)	Solvente	95,28 cd	52,68 a	22,27 a	14,21 a	10,83 ab
	Água	92,4 d	58,04 a	20,94 a	15,28 a	8,14 ab
Controle (+)	Glifosato	99,38 ab	83,33 a	16,67 a	0 b	0 b

As médias seguidas das letras minúsculas “a”, “b”, “c” e “d” são estatisticamente idênticas ou similares ao solvente, água ou glifosato pelo Teste de Dunnet ($p > 0,05$).

Os tratamentos e controles positivos com números similares de células nas fases mitóticas sugere que os compostos químicos presentes no OE podem estar efetivamente bloqueando ou retardando o avanço das células para as fases seguintes do ciclo celular. No trabalho conduzido por Silva (2023), relatou que os compostos químicos presentes no OE *S. aromaticum* possui capacidade antioxidante, antibacteriana, capacidade neuroprotetora, eficiência hipolipidêmica, ação antiinflamatória, efeitos anticancerígenos, eficácia antidiabética, atividade antifúngica e anticancerígenas.

Os resultados do índice mitótico (IM) indicaram que o efeito da NE nas duas maiores concentrações foi diferente dos controles, demonstrando uma influência significativa na divisão celular (Tabela 4). Além disso, estudos feitos por Arslan et al. (2001) afirmam que a baixa ou inibição mitótica pode estar relacionada a distúrbios fisiológicos causados pelo funcionamento anormal do núcleo celular, tornando-o incapaz de realizar o ciclo mitótico.

Tabela 4. Efeito da nanoemulsão do óleo essencial de *S. aromaticum* sobre o índice mitótico (IM), frequência de alterações cromossômicas (AC) e nucleares (AN) de células meristemáticas de cebola. Fonte: Produção do próprio autor.

Soluções	Concentrações (ppm)	IM	AC	AN
NE do OE de <i>S. aromaticum</i>	3000	0,08 d	0 c	0,38 a
	1500	3,06 bcd	21,25 a	0,06 b
	750	4,52 ab	9,99 b	0,24 ab
	375	3,76 bc	6,77 bc	0,18 ab
	187,5	4,22 b	4,25 bc	0,04 b
Controle (-)	Solvente	4,72 ab	2,51 bc	0 b
	Água	7,6 a	0 c	0 b
Controle (+)	Glifosato	0,62 cd	0 c	0 b

As médias seguidas das letras minúsculas “a”, “b”, “c” e “d” são estatisticamente idênticas ou similares ao solvente, água ou glifosato pelo Teste de Dunnet ($p > 0,05$).

A frequência de alterações cromossômicas (AC) nas maiores concentrações também foi notável, 1500 e 750 ppm, os resultados foram divergentes dos demais tratamentos. Já a frequência de alterações nucleares (AN) mostrou que a maior concentração foi distinta, enquanto os controles positivo e negativo tiveram os mesmos resultados. Sendo assim, a NE teve maior efeito nas maiores concentrações, por outro lado, as menores concentrações foram equivalentes ao controle negativo.

Analisando os resultados das alterações cromossômicas, observamos que a anormalidade do tipo c-metáfase apresentou o maior índice de ocorrência, destacando-se nas concentrações de 1500 e 750ppm, pois nenhuma delas foi similar aos controles (Figura 2). Quando encontradas células na c-metáfase, isso pode significar modificações no fuso mitótico ou nas estruturas dos cromossomos. Nesse caso, os cromossomos estão dispersos, sem o alinhamento típico da metáfase, que seria ao longo da placa metafásica interrompendo o ciclo celular (Amâncio et al., 2016). Também foi encontrado anomalias do tipo cromossomo aderente e perdido tanto nos tratamentos quanto nos controles positivo e negativo.

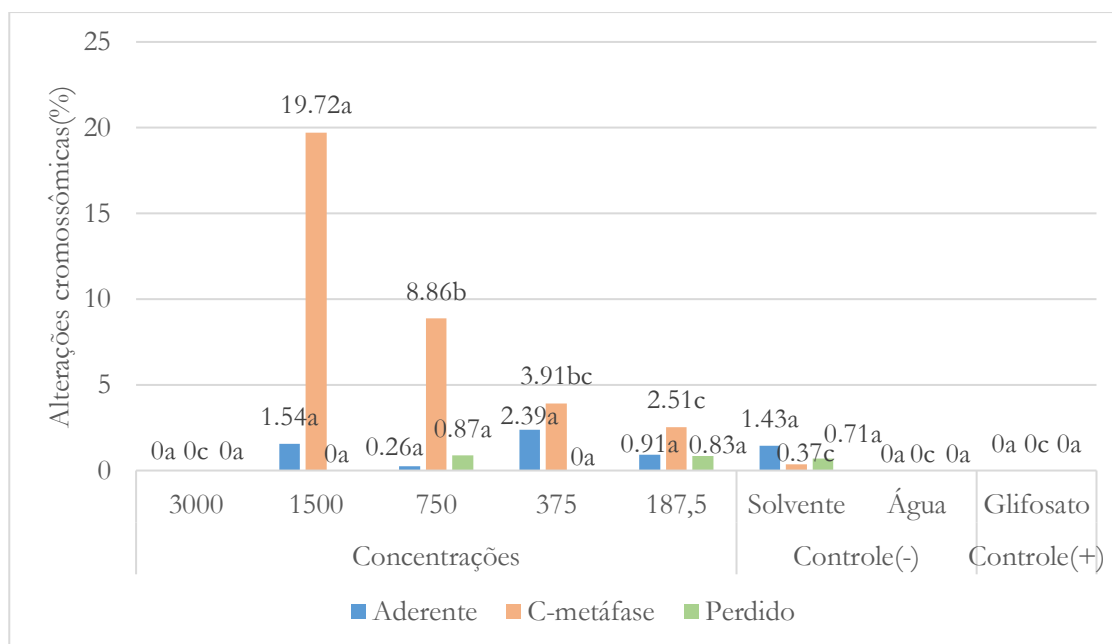
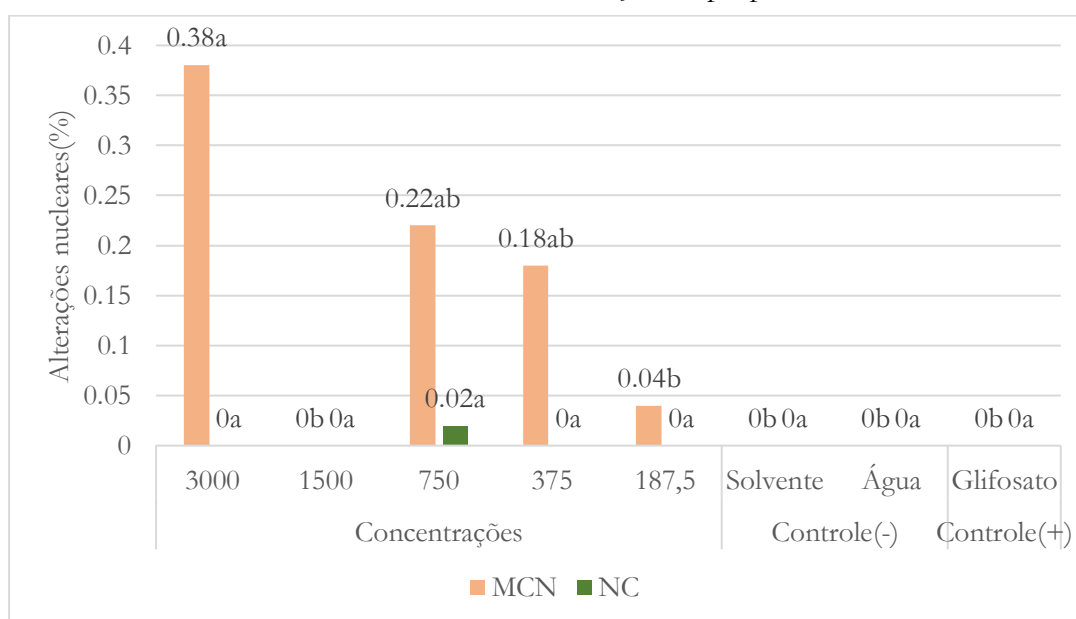


Figura 2. Alterações cromossômicas encontradas nos meristemas radiculares de cebola sob o efeito da nanoemulsão do óleo essencial de *S.aromaticum*. Fonte: Produção do próprio autor. As médias seguidas das letras minúsculas “a”, e “c” são estatisticamente idênticas ou similares à água e solvente pelo Teste de Dunnet ($p > 0,05$).

Nas análises nucleares, a presença de micronúcleos (MCNs) foi mais significativa na concentração de 3000 ppm, apresentando a maior incidência, com valores diferentes dos controles (Figura 3). Além disso, houve uma alteração do tipo núcleo condensado (NC), com baixa aparição nos tratamentos.

Figura 3. Alterações cromossômicas nucleares nos meristemas radiculares de cebola sob o efeito da nanoemulsão do óleo essencial de *S.aromaticum*. Fonte: Produção do próprio autor.



As médias seguidas das letras minúsculas “a” e “b” são estatisticamente idênticas ou similares à água e solvente pelo Teste de Dunnet ($p > 0,05$).

CONCLUSÃO

Os resultados fitotóxicos indicam que a NE do OE de *S. aromaticum*, nas concentrações mais elevadas testadas, apresentou resultados promissores ao inibir ou retardar a germinação das sementes modelo utilizadas. Além disso, as análises citotóxicas do meristema radicular da cebola mostraram que, nas concentrações mais altas, a atividade celular foi reduzida, com incidência de alterações cromossômicas e nucleares. Isso pode ser atribuído aos compostos químicos presentes no OE de *S. aromaticum* e à técnica de NE, que resultou em partículas de tamanho uniforme, mais homogêneas e estáveis. Portanto, a NE do OE de *S. aromaticum* possui um grande potencial para ser ainda mais estudada e testada, com o objetivo de ser utilizada como uma nova fonte de bioherbicida, mais sustentável e menos prejudicial à saúde humana, apresentando um efeito similar ao dos agroquímicos convencionais.

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

- Adams, R. P., Sparkman, O. D. Revisão da identificação de componentes de óleos essenciais por cromatografia gasosa/espectrometria de massas. 2007. J. Am. Soc. Mass Spectrom , v. 18, n. 4, p. 803-806. DOI 10.1016/j.jasms.2007.01.001
- Affonso, R. S., Rennó, M. N., Slana, G. B., & Franca, T. C. (2012). Aspectos químicos e biológicos do óleo essencial de cravo da Índia. Revista Virtual de Química, 4(2), 146-161.
- Amâncio, B. C. S., Govêa, K. P., Trindade, L. O. R., Souza, T. C., & Barbosa, S. (2016). Ação alelopática de diferentes extratos de folha de *Byrsonima spp.* (Malpighiaceae) sobre bioteste de alface (*Lactuca sativa* L.). Brazilian Journal of Botany, 42.
- Amaro, B. B. D. F., Correia, B. B., Freitas, R. A., Teixeira, P. H. R., Nascimento, C. A., Pereira, C. M., Silva, J. R. L., Silva, M. S. A., Cruz, G. V., Queiroz, M. B., Oliveira, J. P. C., Silva, R. A. R., Macedo, G. F., & Kamdem, J. P. (2021). A biossegurança no uso de agrotóxicos na percepção de agricultores do Distrito de Cuncas, Barro – Ceará: Saúde física e ambiental. Research, Society and Development, 10(1).
- Aragão, F. B., Palmieri, M. J., Ferreira, A., Costa, A. V., Queiroz, V. T., Pinheiro, P. F., & Andrade-Vieira, L. F. (2015). Phytotoxic and cytotoxic effects of *Eucalyptus* essential oil on lettuce (*Lactuca sativa* L.). Allelopathy Journal, 35(1), 259-272.

- Arslan, O., Karataş, A., Kuru, M., & Başaran, S. (2001). Gamma ray-induced mitotic abnormalities in *Helianthus annuus* L. variety Ekiz 1. *Helia*, 24(35), 39-46. DOI: 10.1515/helia.2001.24.35.39.
- Ascensão, V. L., & Mouchrek Filho, V. E. (2013). Extração, caracterização química e atividade antifúngica de óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (cravo da índia). DOI: 10.18764/2178-2229.v20n.especialp137-144
- Azevedo, M. M., Almeida, C. A., Chaves, F. C., Ricci-Júnior, E., Garcia, A. R., Rodrigues, I. A., & Alviano, D. S. (2021). *Croton cajucara* essential oil nanoemulsion and its antifungal activities. *Processes*, 9(11). DOI: 10.3390/pr9111872
- Cortés-Rojas, D. F., De Souza, C. F., & Oliveira, W. P. (2014). Cravo (*Syzygium aromaticum*): uma especiaria preciosa. *Revista Ásia-Pacífico de Biomedicina Tropical*, 2, 90-96.
- Costalonga, S. A., & Pimentel Batitucci, M. C. (2014). Avaliação de efeitos mutagênicos de coloração de *Passiflora edulis* Sims (maracujá) no sistema-teste *Allium cepa*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 4, 329-337.
- Cruz, C. D. (2013). GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy* (Online, 35), 271-276. DOI: 10.4025/actasciagron.v35i3.21251
- De Moraes, L. A. S. (2009). Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. *Horticultura Brasileira*, 27(2), S3299-S3302
- Donsì, F., & Ferrari, G. (2016). Nanoemulsões de óleo essencial como agentes antimicrobianos em alimentos. *Journal of Biotechnology*, 233, 106-120. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2016.07.005
- Dousseau, S., Alvarenga, A., Arantes, L. O., Oliveira, D. V., & Nery, F. C. (2008). Germinação de sementes de tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): Influência da temperatura, luz e substrato. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(2), 443-448. DOI: 10.1590/S1413-70542008000200014
- Knaak, N., & Fiuza, L. M. (2010) Potencial dos óleos essenciais de plantas no controle de insetos e microrganismos. *Biologia Neotropical & Conservação*, v. 2. DOI: 10.4013/nbc.2010.52.08
- Leme, D. M., & Marin-Morales, M. A. (2009). Teste de *Allium cepa* em monitoramento ambiental: Uma revisão sobre sua aplicação. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 682(1), 71-81. DOI: 10.1016/j.mrrev.2009.06.002
- Li, Z., Jin, C., Xu, J., Luo, S., Bai, Z., Zhou, Y., Han, J., Bai, H., & Ni, X. (2023). Atividades inibitórias de óleos essenciais de *Syzygium aromaticum* na emergência de *Echinochloa crus-galli*. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2947818/v1
- Matias, T. P., Castro Neto, T. Z., Botezelli, L., & Imperador, A. M. (2021). Os agrotóxicos mais vendidos no Brasil: Implicações para o meio ambiente e a saúde. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 8, e12110817082. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17082
- Moreira, C. (2014). Ciclo celular. *Revista de Ciência Elementar*, 2(4). DOI: 10.24927/rce2013.052.

- Oliveira, R. A. D., Reis, T. V., Sacramento, C. K. D., Duarte, L. P., & Oliveira, F. F. D. (2009). Constituintes químicos voláteis de especiarias ricas em eugenol. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19, 771-775. DOI: 10.1590/S0102-695X2009000500020
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Rabêlo, W. F., Mouchrek Filho, V. E., & Nascimento, A. R. (2010). Caracterização química, toxicidade e avaliação da atividade antibacteriana do óleo essencial do cravo da índia (*Syzygium aromaticum*). Dissertação de Mestrado, UFMA, Maranhão, Brasil.
- Sato, T. S., Medeiros, T. M. D., & Prochnau, I. S. (2018). Proposta de formulação contendo extrato de folhas de *Eugenia involucrata* e análise da atividade antimicrobiana. *Revista Fitos*, 12(1). Doi: 10.5935/2446-4775.20180007
- Schaffazick, S. R., Guterres, S. S., Freitas, L. D. L., & Pohlmann, A. R. (2003). Caracterização e estabilidade físico-química de sistemas poliméricos nanoparticulados para administração de fármacos. *Química Nova*, 26, 726-737. DOI: 10.1590/S0100-40422003000500017
- Sheikh, N., Patowary, H., & Laskar, R. A. (2020). Screening of cytotoxic and genotoxic potency of two pesticides (malathion and cypermethrin) on *Allium cepa* L. *Molecular & Cellular Toxicology*, 16, 291-299. DOI: 10.1007/s13273-020-00077-7
- Silva, M. H. S. (2023). Nanoemulsões contendo óleo essencial de cravo: Estudos de pré-formulação utilizando análise fatorial. Trabalho de Conclusão de Curso, UFRN, Natal, Brasil.
- Silva, V. B., Almeida-Bezerra, J. W., Brito, P. R. V., Cordeiro, L. S., & Silva, M. A. P. (2021). Effect of decomposition of leaves of *Azadirachta indica* A. Juss. on germination and growth of *Myracrodruon urundeuva* Allemão. *South African Journal of Botany*, 52, 25-45. DOI: 10.1016/j.sajb.2021.05.031
- Silveira, L. C. P., Bueno, V. H. P., Pierre, L. S. R., & Mendes, S. M. (2003). Plantas cultivadas e invasoras como habitat para predadores do gênero *Orius* (Heteroptera: Anthocoridae). *Bragantia*, 62, 261-265. DOI: 10.1590/s0006-87052003000200011
- Singh, N., Singh, H. P., Batish, D. R., Kohli, R. K., & Yadav, S. S. (2020). Chemical characterization, phytotoxic, and cytotoxic activities of essential oil of *Mentha longifolia*. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 13512-13523. DOI: 10.1590/S0006-87052003000200011
- Souza, T. S., Ferreira, M. F. S., Menini, L., Souza, J. R. C. L., Parreira, L. A., Cecon, P. R., & Ferreira, A. (2017). Essential oil of *Psidium guajava*: Influence of genotypes and environment. *Scientia Horticulturae*, 216, 38-44. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.12.026
- Vasconcelos, L. C. (2024). Efeito fitocitogenotóxico de óleos essenciais e nanoemulsões de espécies de *Pipe* aplicados em plantas invasoras. Tese de Doutorado, UFES, Alegre, Brasil.

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



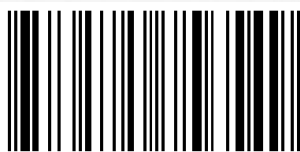
  **Milene Miranda Praça Fontes**

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

