

# COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ALELOPÁTICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO

## *CHEMICAL COMPOSITION AND ALLELOPATHIC ACTIVITY OF THE EUCALYPTUS ESSENTIAL OIL*

**Marcelo Antonio TOMAZ<sup>1</sup>; Adilson Vidal COSTA<sup>2</sup>; Wagner Nunes RODRIGUES<sup>3</sup>; Patrícia Fontes PINHEIRO<sup>2</sup>; Luciana Alves PARREIRA<sup>4</sup>; Daniel RINALDO<sup>2</sup>; Wagner Tebaldi de QUEIROZ<sup>2</sup>**

1. Professor, Doutor, Departamento de Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias - CCA, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre, Espírito Santo, tomaz@cca.ufes.br; 2. Professor, Doutor, Departamento de Química e Física, CCA - UFES, Alegre, Espírito Santo; 3. Mestre, Doutorando em Produção Vegetal, CCA - UFES, Alegre, Espírito Santo; 4. Professora, Mestre, Departamento de Química e Física, CCA - UFES, Alegre, Espírito Santo.

**RESUMO:** Os óleos essenciais constituem um tipo de metabólito secundário de grande importância econômica e estão sendo cada vez mais estudados e utilizados como potentes inibidores de sementes e do crescimento de diversas plantas. O presente trabalho teve por objetivo a análise química qualitativa e quantitativa bem como a avaliação da atividade alelopática do óleo essencial extraído das folhas frescas de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) sobre a germinação e o desenvolvimento radicular das sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.), cultivados em placa de Petri. O óleo essencial foi obtido por hidrodestilação, utilizando um aparelho tipo Clevenger, e analisado por cromatografia em fase gasosa com detector de ionização de chama e espectrometria de massas. Foi possível identificar doze constituintes químicos correspondendo a 97,69%, com predominância dos monoterpenos oxigenados citronelal (64,92%) e iso-isopulegol (10,20%) e do citronelol (8,25%). Os ensaios biológicos utilizando o óleo essencial mostraram que o mesmo apresenta efeito alelopático, prejudicando a germinação e o desenvolvimento da radícula das sementes de sorgo e pepino, sendo a redução da germinação mais pronunciada no sorgo, e que o aumento da concentração do óleo leva a uma redução linear na capacidade germinativa e no desenvolvimento da radícula.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Eucalyptus citriodora*. Alelopatia. Óleo Volátil. Sorgo. Pepino.

## INTRODUÇÃO

Durante o período de 1940 a 1980, o uso de herbicidas sintéticos permitiu uma grande melhoria da produção e da qualidade dos produtos agrícolas. Porém, o uso indiscriminado destes produtos resultou no desenvolvimento de muitos casos de resistência a tais compostos por diversas espécies daninhas, além de aumentar a poluição ambiental e os riscos à saúde (BARBOSA, 2004). Portanto, torna-se necessário buscar novos compostos, com diferentes mecanismos de ação, possuidores de espectro mais amplo para controle de plantas daninhas e que apresentem menor impacto ambiental.

Neste contexto, a investigação de propriedades alelopáticas em plantas representa uma oportunidade para solucionar esses problemas. Alelopatia é definida como sendo qualquer efeito direto e/ou indireto, danoso ou benéfico, que uma planta (incluindo microrganismos) exerce sobre a outra pela produção de compostos químicos e sua liberação no ambiente. A maioria desses compostos provém do metabolismo secundário e estão simultaneamente relacionados a mecanismos de

defesa das plantas contra ataques de microrganismos e insetos (SOUZA FILHO, 2006; FERREIRA et al., 2007; SOUZA FILHO et al., 2009a).

Os óleos essenciais têm sido reportados como potentes inibidores da germinação de sementes e do desenvolvimento de diferentes espécies de plantas (SOUZA FILHO et al., 2009b; Souza Filho, 2009c). Esses óleos são misturas naturais complexas, contendo uma variedade de substâncias em diferentes proporções. Seus constituintes podem pertencer às mais diversas classes de compostos, porém, os terpenos e os fenilpropanos são as classes de compostos mais comumente encontradas (BARBOSA et al., 2004; BAKKALI et al., 2008).

Entre as plantas que contém óleos essenciais, as espécies de *Eucalyptus*, pertencente à família *Myrtaceae*, estão entre as mais comercializadas do mundo, sendo o óleo de *Eucalyptus citriodora* um dos mais importantes em volume comercializado (LORENZI; SOUZA, 2008).

Análises fitoquímicas de extratos e óleos essenciais de espécies do gênero *Eucalyptus* indicam a presença de glicosídeos cianogênicos,

triterpenos e monoterpenos, sendo os últimos os principais componentes dos óleos essenciais. O óleo essencial das espécies de *Eucalyptus* tem aplicação terapêutica no tratamento de tuberculose e infecções pulmonares (PEREIRA, 2010). Os monoterpenos extraídos das folhas de *E. citriodora*, *E. globulus* e *E. teretecornis* apresentam atividade antibacteriana (RAMEZANI et al., 2002). Adicionalmente, esses óleos essenciais possuem efeitos analgésicos e anti-inflamatórios (SILVA et al., 2003). Desse modo, as folhas de várias espécies de eucalipto são uma rica fonte de óleos essenciais que possuem uma vasta atividade biológica, incluindo fungicida, inseticida, herbicida e acaricida (BATISH et al., 2008).

Tendo em vista que o óleo essencial das folhas de eucalipto tem sido responsável por efeitos alelopáticos sobre algumas plantas, afetando a germinação e o crescimento de espécies vegetais, este estudo objetivou realizar a caracterização química do óleo essencial de *E. citriodora*, bem avaliar seu potencial alelopático sobre sementes de plantas-teste: *Sorghum bicolor* (L.) e *Cucumis sativus* L.

## MATERIAL E MÉTODOS

Folhas completamente desenvolvidas e frescas de *E. citriodora* foram coletadas no período matutino (entre 8 e 9 horas) do dia 02 e março de 2012, na Fazenda Januária de Pedra Menina localizada em Dores do Rio Preto no Estado do Espírito Santo, e encaminhadas ao laboratório.

O óleo essencial foi obtido por hidrodestilação no Laboratório de Química do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. As folhas frescas (100 g) foram transferidas para um balão, que foi acoplado ao aparelho Clevenger e este ao condensador. A hidrodestilação foi mantida após ebulição da água, por três horas. Após obtenção de aproximadamente 500 mL de hidrolato, foi realizada partição, utilizando o pentano como solvente. Foram realizadas cinco extrações com 40 mL de pentano, recolhendo a fase orgânica. Nesta, foi vertida uma quantidade em excesso de sulfato de sódio anidro para retirada de água da amostra, procedendo a sua filtração. O filtrado foi levado ao evaporador rotativo para obtenção do óleo essencial por remoção do solvente. As amostras do óleo obtidas foram transferidas para frascos de vidro e armazenadas sob atmosfera de nitrogênio, a temperatura de -4 °C, até o momento das análises (CASTRO et al., 2004).

A identificação dos compostos foi realizada por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro

de massas (CG-EM), em equipamento com detector seletivo de massa, modelo QP-PLUS-2010 (SHIMADZU). A coluna cromatográfica utilizada foi do tipo capilar de sílica fundida com fase estacionária Rtx-5MS, de 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno, utilizando hélio como gás de arraste. As temperaturas foram de 220 °C no injetor e 300 °C no detector. A temperatura inicial da coluna foi de 60 °C, sendo programada para ter acréscimos de 3 °C a cada minuto, até atingir a temperatura máxima de 240 °C. A identificação dos compostos foi obtida por comparações dos espectros de massas com os existentes na biblioteca NIST, com a literatura e pelo índice de Kovat's (ADAMS, 2007).

A quantificação dos constituintes químicos do óleo essencial foi realizada por cromatografia em fase gasosa em equipamento SHIMADZU GC-2010 Plus, equipado com detector de ionização de chama (CG-DIC). O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio e coluna capilar Rtx-5MS, 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. As temperaturas do injetor e do detector foram fixadas em 240 e 250 °C, respectivamente. A programação de temperatura no forno foi a mesma utilizada nas análises por CG-EM. Uma quantidade de 10 mg das amostras foram diluídas em 1 mL de diclorometano, sendo injetado 1 µL da mistura.

Na avaliação do efeito alelopático foram utilizados ensaios biológicos, realizados no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, seguindo a metodologia proposta por Einhellig et al. (1983), empregando as espécies *S. bicolor* L. (monocotiledônea) e *C. sativus* L. (dicotiledônea). O óleo essencial foi diluído em diclorometano até as concentrações de 0 (controle), 1000, 2000, 3000, 4000 e 5000 ppm para composição dos tratamentos. Sendo transferidos 2 mL do óleo para placas de Petri de 11 cm de diâmetro, contendo duas folhas de papel-filtro de porosidade de 3 µm e peso específico de 80 g m<sup>-1</sup>. As placas foram deixadas à temperatura ambiente até a completa evaporação do solvente. As sementes de sorgo e pepino foram esterilizadas em solução de hipoclorito de sódio a 20% e transferidas para as placas de Petri. Cada placa foi umedecida com 2 mL de água destilada e recebeu 20 sementes. As placas foram transferidas para câmara de germinação (tipo BOD) e incubadas a 25 °C por um período de três dias sob influência de lâmpadas fluorescentes de luz branca e fria, com fotoperíodo de 24 horas (Brasil, 2009). Após esse período foram realizadas análises de inibição da germinação e de crescimento

radicular das plântulas em cada um dos ensaios biológicos.

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, através do teste F ( $p < 0,05$ ), e quando da ocorrência de significância para a fonte de variação, as médias foram estudadas através de análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o programa computacional Genes (CRUZ, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O óleo apresentou rendimento médio de 2,1%, valor próximo aos apresentados por Vitti & Brito (2003) para diversas espécies de eucalipto.

A análise por CG-DIC e CG-EM possibilitou a determinação da composição química

do óleo essencial obtido em percentual de 97,69% para as folhas de *Eucalyptus citriodora*. Doze componentes voláteis foram identificados com base nos seus espectros de massas, comparados com os da literatura e com espectroteca eletrônica, e em seus índices de retenção, obtidos por comparação de tempos de retenção com hidrocarbonetos lineares.

Os compostos identificados no óleo essencial do eucalipto podem ser divididos em: hidrocarbonetos monoterpênicos e monoterpênicos oxigenados, mostrados na Tabela 1. Os hidrocarbonetos monoterpênicos identificados foram  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, *p*-cimeno,  $\gamma$ -terpineno. Os monoterpênicos oxigenados presentes no óleo foram o 1,8-cineol, acetato de  $\alpha$ -terpinila, acetato de citronelila, iso-isopulegol, neo-isopulegol, linalol, citronelal e citronelol.

**Tabela 1.** Composição química do óleo essencial (%) e índice de Kovats calculado para folhas de *E. citriodora*.

Componentes	Porcentagem da área	IK <sup>(1)</sup> calculado
$\alpha$ -pineno	0,80	945
$\beta$ -pineno	0,18	986
<i>p</i> -cimeno	0,44	1033
1,8-cineol	1,75	1040
$\gamma$ -terpineno	0,27	1067
Linalol	0,35	1098
iso-isopulegol	10,20	1153
citronelal	64,92	1162
neo-isopulegol	0,58	1164
$\beta$ -citronelol	8,25	1235
Acetato de $\alpha$ -terpinila	6,74	1343
Acetato de citronelila	3,21	1354
<b>Total</b>	<b>97,69</b>	-

<sup>(1)</sup>Índice de Kovats

Em estudo realizado com óleo essencial de eucalipto, obtido de plantas cultivadas em região diferente da utilizada neste estudo, Ootani et al., (2011) descrevem  $\beta$ -pineno (2,83%), 1,8-cineol (3,44%), isopulegol (15,54%), citronelal (61,78%),  $\beta$ -citronelol (7,90%) e Z-cariofileno (2,13%) como principais componentes. Brito (2007) relatou a presença dos compostos  $\alpha$ -pineno (0,51%), isopulegol (1,87%), citronelal (91,26%), citronelol (1,92%),  $\beta$ -cariofileno (1,55%) e iso-isopulegol (2,24%). Estanislau et al. (2001), estudando cinco espécies de eucalipto cultivadas em Goiás, identificaram os compostos 1,8-cineol (0,93%), citronelal (82,33%), 3-neotujamol (6,78%), isodiidrocarveol (0,43%), formato de citronelila (7,80%) e 9-epicariofileno (0,43%). Pela comparação dos resultados obtidos neste trabalho com os descritos na literatura, é possível verificar

que existe diferença em relação à composição de alguns constituintes e variação no teor de compostos majoritários.

Souza Filho et al. (2009a) relatam que existe considerável variação na composição dos constituintes do óleo essencial de certas espécies de plantas e que esta variação pode ser função da sazonalidade, das condições edafoclimáticas, da diferença entre indivíduos de diferentes populações ou mesmo de uma mesma população. Sendo assim, estas variações na composição química e no teor dos constituintes presentes no óleo essencial podem estar relacionadas aos quimiótipos em questão, enfatizando a importância do estudo desta espécie de eucalipto em regiões com diferentes tipos de clima e solo.

Em avaliações da atividade fitotóxica de óleos essenciais, deve-se ter especial atenção com o

potencial osmótico ao qual as sementes são expostas, tendo em vista que a alelopatia e o potencial osmótico apresentam efeitos aditivos, que pode causar a superestimação do efeito fitotóxico dos óleos essenciais (Souza Filho, 2006). Neste trabalho, para todas as concentrações testadas, inclusive a máxima de 5.000 ppm, os efeitos osmóticos foram desprezados, baseado nas informações de Souza Filho & Alves (2000), que indicam uma ausência de variação da germinação em função do potencial osmótico até 0,2 MPa. Assim, os efeitos verificados nos tratamentos podem ser atribuídos, exclusivamente, à atividade dos

constituintes químicos presentes no óleo essencial das folhas de *E. citriodora*.

Os resultados obtidos nos ensaios biológicos são apresentados na Tabela 2. As plantas utilizadas são consideradas plantas-teste, apresentando germinação rápida, uniforme e sensibilidade, o que permite identificar respostas mesmo sob baixas concentrações das substâncias alelopáticas (FERREIRA; ÁQUILA, 2000). Observa-se a ocorrência de um efeito significativo do tratamento com o óleo essencial na germinação e no comprimento da radícula para ambas as espécies vegetais estudadas.

**Tabela 2.** Quadrados médios (QM), médias e coeficientes de variação (CV) obtidos nos ensaios biológicos com duas espécies vegetais submetidas a diferentes concentrações de óleo essencial de *E. citriodora*.

Espécie	Parâmetro	Germinação (%)	Comprimento da radícula (mm)
Sorgo	QM	3297,33*	383,50*
	Média	45,66	16,57
	CV (%)	20,97	15,61
Pepino	QM	117,50*	1001,15*
	Média	93,50	46,30
	CV (%)	5,65	10,09

\*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A influência causada pela aplicação de uma determinada substância sobre as sementes de uma espécie vegetal pode ser estudada através do percentual final de sementes germinadas após o tratamento com a citada. A reação das sementes é variável de acordo com as suas características, podendo ocorrer alterações na permeabilidade das membranas, na utilização do oxigênio e mesmo na conformação de enzimas e de receptores (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).

A atividade biológica de um determinado agente aleloquímico depende tanto da concentração do mesmo quanto do limite de resposta da espécie tratada. Esse limite não é constante e está intimamente relacionado à sensibilidade da espécie receptora, aos processos da planta e às condições ambientais (SOUZA FILHO et al., 2009a).

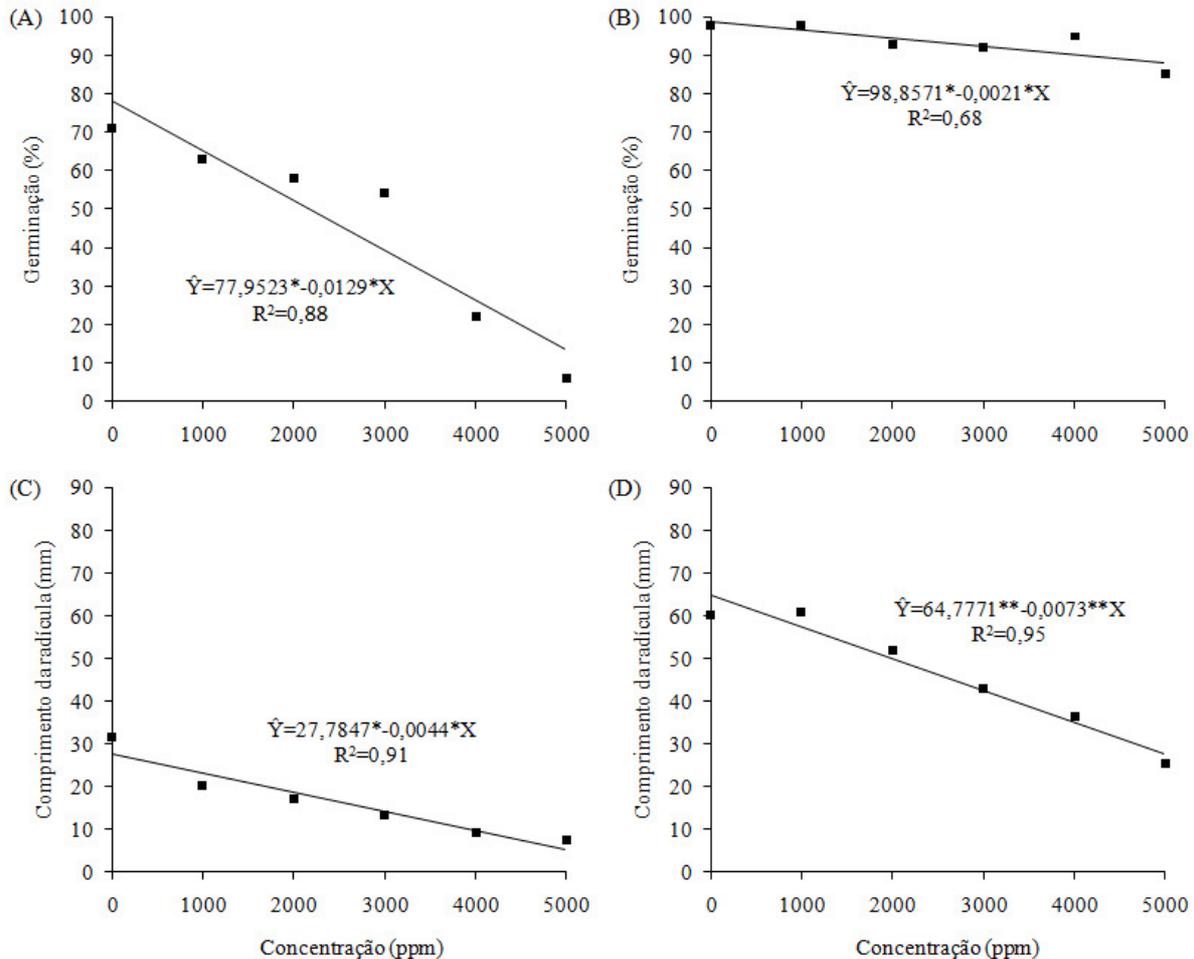
No presente trabalho, os efeitos inibitórios estiveram positivamente associados à concentração do óleo e às espécies receptoras, tanto quando se analisaram os efeitos sobre a germinação das sementes (Figura 1A e 1B), quanto o desenvolvimento da radícula (Figura 1C e 1D) das duas espécies de plantas receptoras.

Inibições crescentes foram sempre obtidas com o aumento da concentração. Invariavelmente, as inibições máximas foram sempre observadas na

concentração mais elevada (5.000 ppm). No mesmo sentido, o sorgo apresentou maior sensibilidade aos efeitos potencialmente alelopáticos do que o pepino, sendo essa observação mais marcante quando se analisaram os efeitos sobre a germinação das sementes e menos marcante para os efeitos sobre o desenvolvimento da radícula.

A partir da probabilidade observada nos modelos de regressão, da significância dos coeficientes das regressões e dos coeficientes de determinação, notou-se que o modelo de regressão que melhor se ajustou para explicar, tanto o comportamento da germinação das sementes quanto do crescimento radicular em função do aumento da concentração do óleo essencial foi o modelo linear decrescente. Logo, uma redução linear na capacidade de germinação e no desenvolvimento radicular ocorreu quando as sementes foram expostas ao óleo, indicando que o mesmo apresenta atividade alelopática.

Estudando a aplicação de óleos essenciais de eucalipto em diferentes concentrações, Steffen et al. (2010) também observaram que o aumento na concentração do óleo essencial causou um efeito inibitório no crescimento de mudas da própria cultura.



**Figura 1.** Germinação de sorgo (A) e pepino (B), e comprimento da radícula de sorgo (C) e pepino (D), em função do aumento da concentração do óleo essencial de *E. citriodora*.

Os efeitos do óleo essencial sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento de plantas são frequentemente explicados em termos individuais de alguns dos seus principais constituintes. Entretanto, é válido ressaltar que o óleo essencial é uma mistura complexa de diferentes componentes em proporções variadas e, normalmente, é desconhecido como esses constituintes interagem entre si e promovem seus efeitos sobre outros organismos (SOUZA FILHO et al., 2009a).

O efeito inibitório causado pela aplicação de óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. pode ocorrer devido a presença de terpenos e monoterpenos no óleo essencial extraído das folhas de eucalipto. Esses compostos, quando depositados no solo, causam a decomposição, volatilização, lixiviação e exudação de compostos presentes nos tecidos vegetais, inibindo o desenvolvimento de outras plantas (HARBONE, 1991).

As diferenças na intensidade do efeito alelopático de óleos essenciais também estão

relacionadas às variações na composição química. Komai et al. (1991) observaram que os óleos essenciais constituídos principalmente por sesquiterpenos, que continham o grupo cetona ou hidroxila, apresentavam maiores índices de inibição alelopática que os óleos que continham hidrocarbonetos. Dados da literatura revelam que os monoterpenos inibem a germinação e o crescimento radicular de diversas espécies de vegetais (MULLER, 1965; FISCHER, 1986, 1994). Estes compostos, por causarem a redução da atividade mitótica e a formação de glóbulos lipídicos nas plantas, apresentam atividades fitotóxicas em diversas espécies, ao exemplo do milho, trigo, soja, alfafa e pepino (VAUGHN; SPENCER, 1993).

Einhellig (1983) afirma que terpenos oxigenados são agentes inibidores mais potentes que terpenos não oxigenados, podendo esse fato estar relacionado à maior solubilidade dos primeiros em água. Esse fato se torna importante neste trabalho, visto que 95,62% dos compostos identificados no

óleo pertencem à classe dos terpenos oxigenados, destacando-se o citronelal (64,72%).

Kohli et al. (1998) também relataram diminuição da germinação de sementes quando os óleos essenciais de *E. tereticornis* e *E. citriodora* foram aplicados, na forma de vapor, sobre a planta daninha *Parthenium hysterophorus*. Os mesmos autores afirmam que o óleo de *E. citriodora* causou mais fitotoxicidade do que o óleo de *E. tereticornis*, sendo esse fato atribuído às diferenças na constituição química desses óleos. Além disso, a aplicação do óleo de eucalipto provocou redução no crescimento, no teor de clorofila e no teor de água, com consequente diminuição da respiração celular das plantas.

Batish et al. (2004), estudando a influência do óleo essencial de *E. citriodora* sobre o desenvolvimento inicial de *Triticum aestivum*, *Zea mays*, *Raphanus sativus*, *Cassia occidentalis*, *Amaranthus viridis* e *Echinochloa crus-galli*, identificaram um efeito herbicida, independentemente da concentração utilizada. No

entanto, resultados divergentes são encontrados na literatura sobre o emprego de óleos essenciais extraídos de diferentes espécies do mesmo gênero, o que pode estar associado a diferenças na composição dos óleos essenciais (ESTANISLAU et al., 2001).

Alguns metabólitos secundários nas plantas podem regular o desenvolvimento de outras vegetais, da mesma ou de outras espécies. Logo, a aplicação de óleos contendo esses metabólitos pode ter o mesmo efeito regulatório, que pode ser de promoção ou inibição do crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2006).

## CONCLUSÕES

O óleo essencial de *E. citriodora* apresenta efeito alelopático.

O aumento da concentração do óleo leva a uma redução linear na capacidade germinativa e no desenvolvimento da radícula.

---

**ABSTRACT:** Essential oils consist of a type of secondary metabolite that holds great economic importance, they have been increasingly studied and used as potent inhibitors of seeds and growth of various plants. The present work aimed at the qualitative and quantitative chemical analysis and evaluation of the allelopathic activity of the essential oil extracted from fresh leaves of eucalyptus (*Eucalyptus citriodora*) over the germination and root development of seeds of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.), grown in a Petri dish. The essential oil was obtained by steam distillation, using a Clevenger apparatus, and analyzed by chromatography in gas phase with flame ionization detector and mass spectrometry. It was possible to identify twelve chemical constituents corresponding to 97.69%, with predominance of oxygenated monoterpenes citronellal (64.92%) and iso-isopulegol (10.20%) and citronellol (8.25%). The biological essays using the essential oil showed the presence of an allelopathic effect, affecting the germination and radicle length of sorghum and cucumber seeds, the germination reduction being more pronounced in sorghum, also the increase of the oil concentration leads to a linear decrease in the germination and in the radicle length.

**KEYWORDS:** *Eucalyptus citriodora*. Allelopathy. Volatile Oil. Sorghum. Cucumber.

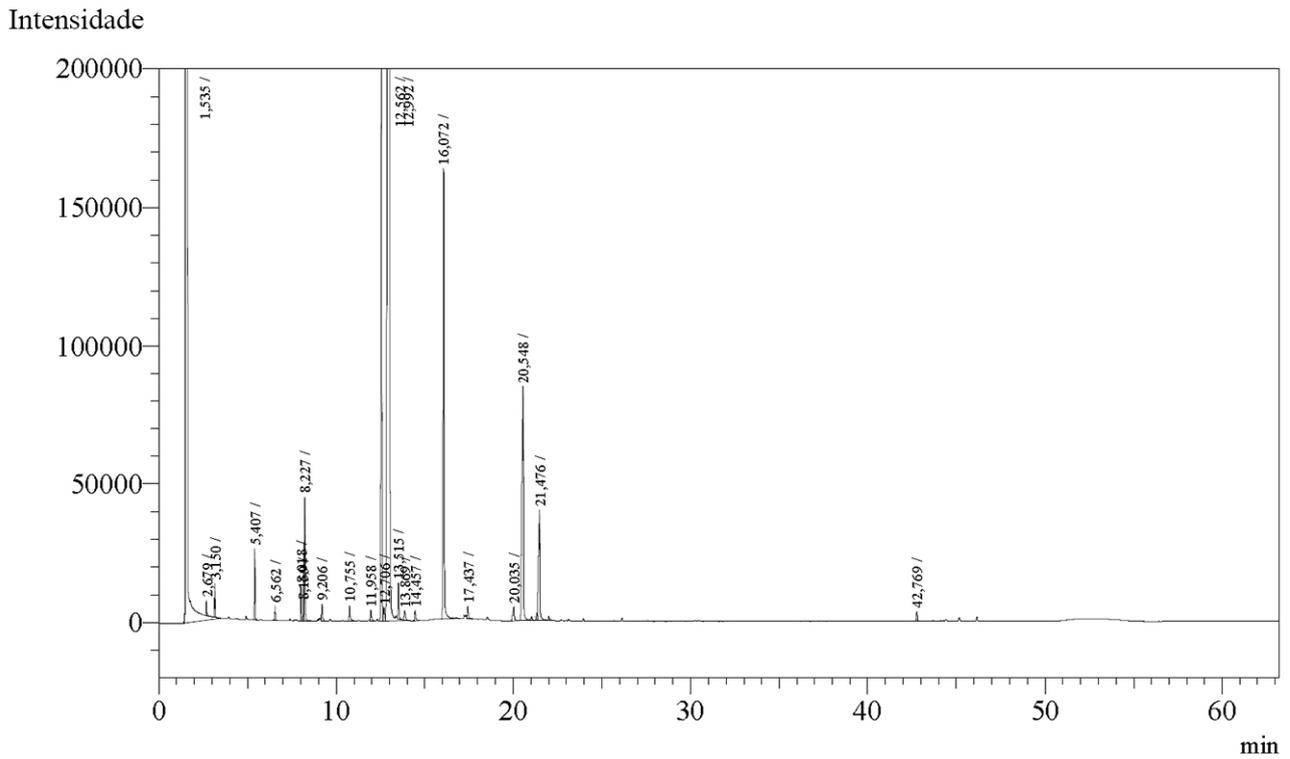
---

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectrometry.** London: Allured Pub. Corp., 2007. 804p.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, Amsterdam, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.
- BARBOSA, L. C. A. **Os pesticidas, o homem e o meio ambiente.** Viçosa: UFV, 2004. 215 p.
- BATISH, D. R.; SETIA, N.; SINGH, H. P.; KOHLI, R. K. Phytotoxicity of lemon-scented oil and its potential use as a bioherbicide. **Crop Protection**, Oxford, v. 23, p. 1209-1214, 2004.
- BATISH, D. R.; SINGH, H. P.; KOHLI, R. K.; KAUR, S. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, p. 2166-2174, 2008.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília : MAPA/ACS, 2009. 399p.
- BRITO, A. M. G. **Avaliação da atividade antileishmanial dos óleos essenciais das plantas *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf., *Eucalyptus citriodora* Hook., *Mentha arvensis* L., e *Mentha piperita* L.** 2007. 75 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) - Universidade Tiradentes, Aracajú, 2007.
- CASTRO, H. G.; OLIVEIRA, L. O.; BARBOSA, L. C. A.; FERREIRA, F. A.; SILVA, D. J. H.; MOSQUIM, P. R.; NASCIMENTO, E. A. Teor e composição do óleo essencial de cinco acessos de mentrasto. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 55-57, 2004 .
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV, 2006. 285p.
- EINHELLIG, F. A.; SCHAN, M. K., RASMUNSEM, J. A. Synergistic effects of four cinnamic acid compounds again sorghum. **Plant Growth Regulators**, New York, p. 251-257, 1983.
- ESTANISLAU, A. A.; BARROS, F. A. S.; PEÑA, A. P.; SANTOS, S. C.; FERRI, P. H.; PAULA, J. R. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de cinco espécies de *Eucalyptus* cultivadas em Goiás. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 95-100, 2001.
- FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, n. 12, p. 175-204, 2000.
- FERREIRA, M. C.; SOUZA, J. R. P.; FARIAS, T. J. Potenciação alelopática de extratos vegetais na germinação e no crescimento inicial de picão-preto e alface. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1054-1060, 2007.
- FISCHER, N. H. The function of mono e sesquiterpenes as plant germination and growth regulators. In: PUTNAM, A. R.; TANG, C. S. **The Science of Allelopathy**. New York: John Wiley, 1986. p. 203-218.
- FISCHER, N. H.; WILLIAMSON, G. B.; WEIDENHAMER, J. D.; RICHARDSON, D. R. In search of allelopathy in the Florida scrub: the role of terpenoids. **Journal of Chemical Ecology**, Washington, v. 20, n. 6, p. 1355-1380, 1994.
- HARBONE, J. B. Recent advances in the ecological chemistry of plant terpenoids. In: HARBONE, J. B.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. **Ecological Chemistry and Biochemistry of plant Terpenoids**. Oxford: Oxford University Press, 1991. p. 399-426.
- KOHLI, R. K.; BATISH, D. R.; SINGH, H. P. Eucalyptus oil for the control of parthenium (*Parthenium hysterophorus* L.). **Crop Protection**, Oxford, v. 17, p. 119-122, 1998.
- KOMAI, K.; TANG, C. S.; NISHIMOTO, R. K. Chemotypes of *Cyperus rotundus* in Pacific Rim and inhibitory of their essential oils. **Journal Chemical Ecology**, Washington, v. 17, n. 1, p. 1-11, 1991.
- LORENZI, H.; SOUZA, V. C. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 640p.
- MULLER, C. H. Inhibitory terpenes volatilized from salvia shrubs. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, New York, v. 92, n. 1, p. 38-45, 1965.
- OOTANI, M. A.; AGUIAR, R. W. S.; MELLO, A. V.; DIDONET, J.; PORTELLA, A. C. F.; NASCIMENTO, I. R. Toxicidade de óleos essenciais de eucalipto e citronela sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 4, p. 609-618, 2011.

- PEREIRA, J. L. **Composição química dos óleos essenciais de espécies de *Eucalyptus* L' Herit (Myrtaceae)**. 2010. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- RAMEZANI, H.; SINGH, H. P.; BATISH, D. R. O.; KOHLI, R. K. Antifungal activity of volatile oil of *Eucalyptus citriodora*. **Fitoterapia**, Amsterdam, v. 73, p. 261-262, 2002.
- SILVA, J.; ABEBE, W.; SOUSA, S. M.; DUARTE, V. G.; MACHADO, M. I.; MATOS, F. J. Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of eucalyptus. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 89, n. 23, p. 277-283, 2003.
- SOUZA FILHO, A. P. S. **Alelopatia e as plantas**. Belém: Embrapa, 2006. 159 p.
- SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M. Potencial alelopático de plantas de acapu (*Vouacapoua americana*): efeitos sobre plantas daninhas de pastagens. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 435-441, 2000.
- SOUZA FILHO, A. P. S.; BAYMA, J. C.; GUILHON, G. M. S. P.; ZOGHBI, M. G. B. Atividade potencialmente alelopática do óleo essencial de *Ocimum americanum*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 3, p.499-505, 2009a.
- SOUZA FILHO, A. P. S.; GUILHON, G. M. S. P.; ZOGHBI, M. G. B.; CUNHA, R. L; Análise comparativa do potencial alelopático do extrato hidroalcoólico e do óleo essencial de folhas de cipó-d'alho (Bignoniaceae). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 647-653, 2009b.
- SOUZA FILHO, A. P. S.; VASCONCELOS, M. A. M.; ZOGHBI, M. G. B.; CUNHA, R. L. Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium* C. DC. e *Pogostemon heyneanus* Benth sobre plantas daninhas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 389-396, 2009c.
- STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K. Efeito estimulante do óleo essencial de eucalipto na germinação e crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 63, p. 199-206, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 4. ed. Sinauer Associates, Inc: Massachusetts, 2006. 764 p.
- VAUGHN, S. F.; SPENCER, G. F. Volatile monoterpenes as potencial parent structures for new herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 41, p. 114-119, 1993.
- VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. **Óleo essencial de eucalipto**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 26p. (Documentos florestais nº 17).



**Apêndice 1.** Cromatograma do óleo essencial de folhas de *E. citriodora*.