FITOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Peperomia alata* EM BIOENSAIOS VEGETAIS

Nicole Lima dos Santos; Maria Eliza Soarez Queiroz, Mirela Verediano Izidio, Alda Francisca Rodrigues de Sousa Fernandes, João Paulo de Morais Oliveira, Milene Miranda Praça Fontes.

Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/n, Bairro Guararema, Alegre - ES, CEP 29500-000

nicolels3@icloud.com; mariaelizasqueiroz@gmail.com; miveredianoizidio@gmail.com; aldarodriguesbio@gmail.com; joaopaulo.ueg@gmail.com; milenemiranda@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho objetivou caracterizar o óleo essencial de *Peperomia alata* avaliando seu efeito fitotóxico em sementes de *Lactuca sativa* e *Sorghum bicolor*. Os bioensaios de fitotoxicidade avaliaram parâmetros de germinação e crescimento radicular e aéreo após exposição a diferentes concentrações do óleo. Obteve-se 0,51% de rendimento, identificando-se como compostos majoritários miristicina (37,87%), gama-cadineno (28,13%), safrol (16,37%) e o-metileugenol (9,74%). Como resultado o OE de *P. alata* apresentou efeito fitotóxico em ambas as espécies, promovendo inibição gradual das variáveis analisadas. Destaca-se que a concentração de 3000 ppm resultou em 100% de inibição de germinação e crescimento, sendo que as concentrações de 1500 e 750 ppm também afetaram significativamente o desenvolvimento. Conclui-se que o óleo essencial de P. alata possui compostos bioativos com expressiva ação fitotóxica tanto em eudicotiledôneas quanto em monocotiledôneas, indicando seu potencial para o desenvolvimento de novos produtos biotecnológicos com ação bioherbicida.

Palavras-chave: *Peperomia alata*, Bioensaios, Óleo esssencial, Bioherbicida, Fitotoxicidade.
Área do Conhecimento: Genética.

Introdução

A Piperaceae está entre as famílias mais representativas de angiospermas basais, abrangendo cerca de 36% de todas as espécies desse grupo. É amplamente reconhecida por sua rica biodiversidade, elevado potencial biológico e pela produção de metabólitos secundários com atividades biológicas comprovadas (Cria, 2016; Stevens, 2017). Dentro dessa família, o gênero *Peperomia* Ruiz & Pávon se destaca pela produção de óleos essenciais ricos em compostos biologicamente ativos (Silva *et a*l., 1999; Gutierrez, 2016). Esse gênero é o segundo maior da família, com aproximadamente 1500 espécies (Mathieu, 2001-2020). Estudos fitoquímicos revelam que *Peperomia* contribui com aproximadamente 15% do total desses compostos bioativos conhecidos e descritos para essa família (Lopez *et al*., 2010). Os compostos bioativos identificados nesse gênero incluem óleos essenciais com natureza terpênica, conhecidos por suas propriedades antimicrobianas, antifúngicas e anti-inflamatórias. Além disso, *Peperomia* é caracterizada pela presença de fenilpropanóides, que estão associados a diversas atividades farmacológicas e terapêuticas, ampliando seu potencial para aplicações na medicina e na indústria de produtos naturais (Mora *et al*., 2016; Pinheiro *et al*., 2011).

Em virtude de suas características, a Piperaceae, especialmente o gênero *Peperomia,* tem atraído atenção científica. Atualmente, o foco das pesquisas está na descoberta de espécies promissoras e na análise dos óleos essenciais que elas produzem. Além disso, há um interesse crescente em explorar o potencial desses compostos naturais para desenvolver alternativas sustentáveis e formular novos produtos naturais (Butler, 2008; Estevam *et al*., 2016). Para alcançar esses objetivos, é essencial caracterizar os mecanismos de ação dos óleos e validar sua eficácia por meio de bioensaios. Esses testes possibilitam avaliar a toxicidade, confirmar a eficácia e comprovar a segurança desses compostos (Figueredo *et al*., 2014; Nascimento *et al*., 2018). Uma abordagem eficaz para monitorar a bioatividade dos óleos essenciais e compostos isolados, bem como para identificar potenciais substâncias tóxicas, é a realização de bioensaios utilizando espécies vegetais, como *Lactuca sativa* e *Sorghum bicolor* (Pinheiro *et al*., 2015; Aragão *et al*., 2017; Alves *et al*., 2018). Assim, objetivamos caracterizar o óleo essencial extraído de folhas de *Peperomia alata* e avaliar o seu efeito fitotóxico por meio de bioensaios com *L. sativa* e *S. bicolor*.

Metodologia

Para a extração do óleo essencial, as folhas de *P. alata* foram coletadas no Parque Estadual do Forno Grande, localizado no município de Castelo no estado do Espírito Santo, Brasil. Para os ensaios biológicos, foram utilizadas sementes comerciais de *L. sativa* (variedade Crespa), e de *S. bicolor* (Cultivar: IAC Santa Elisa). A extração do óleo essencial foi realizada utilizando hidrodestilação em um aparelho Clevenger por quatro horas, conforme a metodologia da Farmacopeia Brasileira para óleos voláteis (Souza *et al*., 2010). Foram usadas 260 g de folhas frescas em 1 L de água de osmose reversa. Após a centrifugação do hidrolato, o óleo essencial foi separado e armazenado em frasco âmbar no freezer (Pinheiro *et al*., 2015, Mendes *et al*., 2018). A caracterização do óleo essencial foi em cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (GC-FID) e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS). As amostras foram analisadas sob condições específicas de temperatura e fluxo de gás, e os componentes foram identificados comparando os espectros de massa com bancos de dados e índices de retenção. O percentual relativo de cada composto foi calculado com base na área dos picos obtidos nas análises, considerando como majoritários os compostos com mais de 5% de área relativa. Os resultados das análises de fitotoxicidade foram submetidos à análise de variância e a teste de *Dunnett* à 5% de significância.

Resultados

O rendimento do óleo essencial de *P. alata* foi de 0,51%, por fração fresca de folha. A partir das análises cromatográficas foram identificados 7 compostos, correspondendo à 63,98% de fenilpropanóides; 31,94% de sesquiterpenos e 4,08% de monoterpenos (Tabela 1). Foram encontrados os seguintes compostos majoritários: miristicina (37,87%), gama-cadineno (28,13%), safrol (16,37%) e o-metileugenol (9,74%).

Tabela 1. Compostos identificados (>0,5%) no óleo essencial de *P. alata*.

Composto [a]	Tempo de retenção (min)	Índice de Retenção calculado [b]	Índice de retenção literatura [c]	Área relativa (%) [d]	Classificação [e]
D-limoneno	12,42	1027	1024	3,00	Monoterpeno
Alfa-terpineol	19,95	1191	1186	1,08	Monoterpeno
Safrol	23,69	1273	1278	16,37	Fenilpropeno
o-metileugenol	29,60	1409	1403	9,74	Fenilpropeno
Biciclogermacreno	33,09	1494	1500	3,81	Sesquiterpeno
Gama-cadineno	33,61	1507	1513	28,13	Sesquiterpeno
miristicina	34,40	1528	1526	37,87	Fenilpropeno

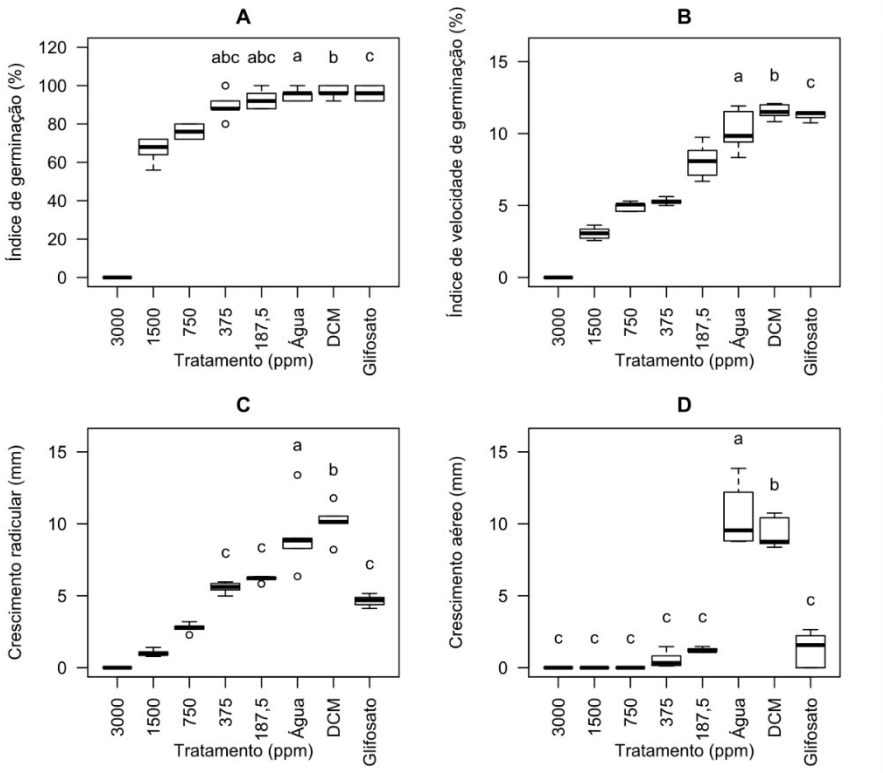
Fonte: elaborado pelo próprio autor. Ano 2025

[a] Os compostos foram identificados pelo Índice LTPRI (GC/FID) e Espectrometria de Massa (GC/MS) utilizando a coluna Rtx ®-5MS. [b] Índice de retenção calculado a partir de dados obtidos por amostragem de n-alcanos saturados (C7-C40). [c] Índice de Retenção Tabulado (Adams, 2007; NIST, 2011). [d] Foram identificados compostos com áreas relativas >0,5%. [e] Classificação dos compostos.

O óleo essencial de *P. alata* demonstrou efeito fitotóxico em *L. sativa* e *S. bicolor* (Fig. 1 e 2). Em *L. sativa*, a aplicação de 3000 ppm (µg mL^{-1}) de óleo essencial resultou em 100% de inibição para todas as variáveis analisadas (Fig. 1). Nas concentrações de 1500 e 750 ppm (µg mL^{-1}), observou-se uma redução no índice de germinação, com médias inferiores às dos controles negativo e positivo (Fig. 1A). Em concentrações mais baixas, de 375 e 187,5 ppm (µg mL^{-1}), o índice de germinação não diferiu dos controles. O índice de velocidade de germinação reduziu em todas as concentrações testadas, em comparação com os controles (Fig. 1B). O crescimento radicular foi drasticamente inibido nas

concentrações de 3000, 1500 e 750 ppm (μg mL⁻¹), apresentando resultados diferentes dos controles. Por outro lado, nas concentrações de 375 e 187,5 ppm (μg mL⁻¹), embora o crescimento tenha sido reduzido, a inibição foi menos pronunciada, com resultados semelhantes ao controle positivo e distintos dos controles negativos (Fig. 1C). O crescimento aéreo foi significativamente reduzido em todas as concentrações testadas, apresentando resultados semelhantes ao controle positivo e distintos dos controles negativos.

Figura 1: Fitotoxicidade de sementes de *L. sativa* expostas a diferentes concentrações do óleo essencial de *P. alata*.

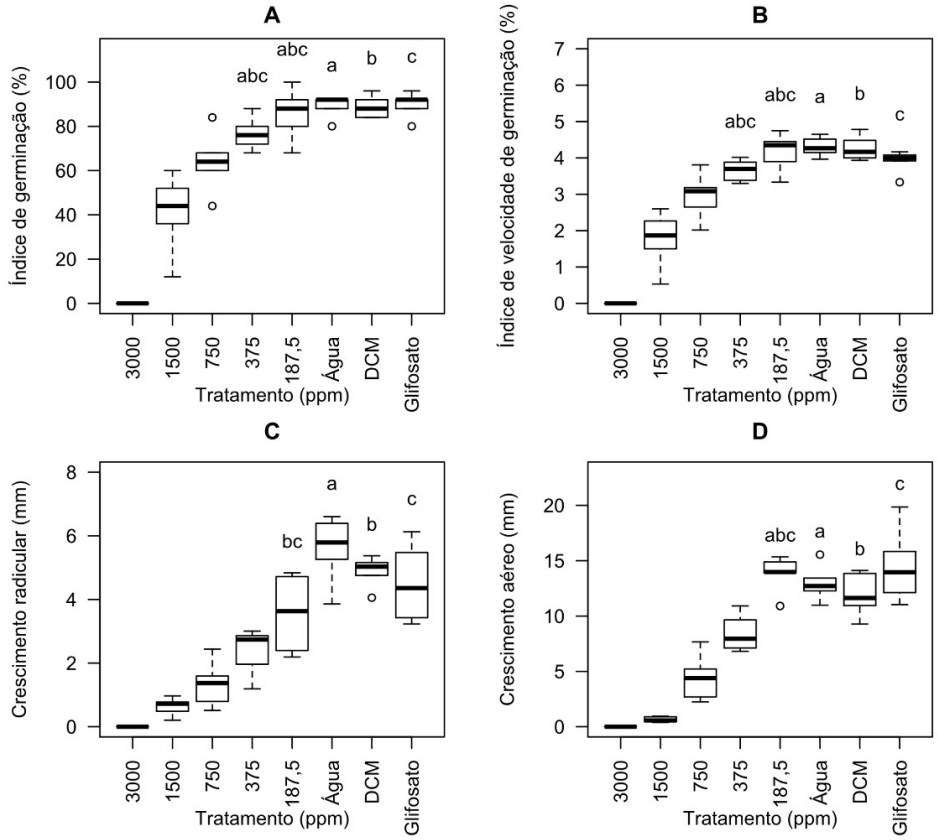


Fonte: elaborado pelo próprio autor. Ano 2025

(A) Índice de germinação; (B) Índice de velocidade de germinação; (C) Crescimento radicular; (D) Crescimento aéreo.

Em *S. bicolor*, a aplicação de 3000 ppm (μg mL⁻¹) de óleo essencial de *P. alata* resultou em 100% de inibição para todas as variáveis analisadas (Fig. 2). Nas concentrações de 1500 e 750 ppm (μg mL⁻¹), observou-se uma redução no índice de germinação e na velocidade de germinação em comparação com os controles negativo e positivo (Fig. 2A-B). Nas concentrações de 375 e 187,5 ppm (μg mL⁻¹), o índice de germinação foi semelhante ao dos controles, enquanto o índice de velocidade de germinação apresentou valores distintos (Fig. 2A-B). Para o crescimento radicular, as concentrações de 187,5 e 375 ppm (μg mL⁻¹) reduziram parcialmente as raízes e não diferiram do controle positivo, mas apresentaram diferenças em relação ao controle negativo. Por outro lado, as demais concentrações diferiram para ambos os controles, o crescimento radicular foi drasticamente reduzido (Fig. 2C). Em relação ao crescimento aéreo, todas as concentrações testadas provocaram uma redução acentuada dessa variável, apresentando resultados semelhantes ao controle positivo e distintos dos controles negativos (Fig. 2D).

Figura 2: Fitotoxicidade de sementes de *S. bicolor* expostas a diferentes concentrações do óleo essencial de *P. alata*.



Fonte: elaborado pelo próprio autor. Ano 2026

(A) Índice de germinação; (B) Índice de velocidade de germinação; (C) Crescimento radicular; (D) Crescimento aéreo.

Discussão

O óleo essencial de *P. alata* apresentou predominância de fenilpropanoides (63,98%) e sesquiterpenos (31,94%), com menor proporção de monoterpenos (4,08%). Entre os compostos majoritários destacaram-se miristicina, gama-cadineno, safrol e o-metileugenol. A diversidade química do óleo pode contribuir para sua bioatividade, inclusive por possíveis efeitos sinérgicos entre seus constituintes (Bakkali *et al*., 2008; Kostić *et al*., 2013).

Nos bioensaios com *L. sativa* e *S. bicolor*, observou-se aumento progressivo da fitotoxicidade com a elevação da concentração do óleo essencial de *P. alata*, evidenciado pela redução da germinação, da velocidade de germinação e do crescimento inicial. A resposta foi mais pronunciada nas maiores concentrações e apresentou diferenças entre as espécies, indicando que a intensidade do efeito depende não apenas da concentração dos compostos, mas também da sensibilidade do organismo-teste (Souza-Filho *et al*., 2009; Oliveira *et al*., 2012). Compostos presentes no óleo, como miristicina, safrol, o-metileugenol, biciclogermacreno e D-limoneno, apresentam atividades biológicas que podem contribuir para o efeito fitotóxico observado (Sampietro, 2017; Souza-Filho *et al*., 2009).

A inibição da germinação e do crescimento pode estar relacionada à interferência desses compostos em processos fisiológicos essenciais. Aleloquímicos e constituintes de óleos essenciais podem promover alterações no equilíbrio oxidativo, na fotossíntese e na permeabilidade das membranas celulares, comprometendo o estabelecimento inicial das plantas (Qian *et al*., 2009; Gill e Tuteja, 2010; Latif *et al*., 2017; Benchaa *et al*., 2018). Assim, a resposta observada em espécies

pertencentes a diferentes grupos botânicos reforça o potencial fitotóxico do óleo essencial de *P. alata* e sustenta sua investigação como fonte de compostos naturais com possível aplicação bioherbicida.

Conclusão

Os testes realizados com os bioensaios em *L. sativa* e *S. bicolor* demonstraram que o óleo essencial de *P. alata* possui compostos bioativos. Os efeitos de inibição gradual observados na germinação, na velocidade de germinação, crescimento radicular e aéreo evidenciam seu efeito fitotóxico, principalmente nas concentrações 3000, 1500 e 750 ppm, em eudicotiledoneas e monocotiledôneas. Esses resultados sugerem que o óleo essencial de *P. alata* pode ser utilizado para fabricação de novos produtos à base de substâncias naturais, com potencial bioherbicida.

Referências

ALVES, T. A.; PINHEIRO, P. F.; PRAÇA-FONTES, M. M.; ANDRADE-VIEIRA, L. F.; CORRÊA, K. B.; ALVES, T. A.; DA CRUZ, F. A.; LACERDA JÚNIOR, V.; FERREIRA, A.; SOARES, T. C. B. Toxicity of thymol, carvacrol and their respective phenoxy acetic acids in *Lactuca sativa* and *Sorghum bicolor*. **Industrial Crops and Products,** v. 114, p. 59-67, 2018.

ARAGÃO, F. B.; QUEIROZ, V. T.; FERREIRA, A.; COSTA, A. V.; PINHEIRO, P. F.; CARRIJO, T. T.; ANDRADE-VIEIRA, L. F. Phytotoxicity and cytotoxicity of *Lepidaploa rufogrisea* (Asteraceae) extracts in the plant model *Lactuca sativa* (Asteraceae). **Revista de Biologia Tropical**, v. 65, p. 1-10, 2017.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils - a review. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, p. 446-475, 2008.

BENCHAA, S.; HAZZIT, M.; ABDELKRIM, H. Allelopathic Effect of *Eucalyptus citriodora* Essential Oil and Its Potential Use as Bioherbicide. **Chemistry & Biodiversity**, v. 15, n. 8, 2018.

BUTLER, M.S. Natural products to drugs: Natural product – derived compounds in clinical trials. **Natural Product Reports**, v.25, p.475-516, 2008.

CRIA – speciesLink. Disponível em: <https://goo.gl/0u1QxH>. Acesso em: 12 maio 2016.

ESTEVAM, E. B. B.; MIRANDA, M. L. D.; ALVES, J. M.; EGEA, M. B.; PEREIRA, P. S.; MARTINS, C. H. G.; ESPERANDIM, V. R.; MAGALHÃES, L. G.; BOLELA, A. C.; CAZAL, C. M.; SOUZA, A. F.; ALVES, C. C. F. Composição química e atividades biológicas dos óleos essenciais das folhas frescas de *Citrus limonia Osbeck* e *Citrus latifolia Tanaka* (Rutaceae). **Revista Virtual de Química**, p. 1842-1854, 2016.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 909- 930, 2010.

GUTIERREZ, Y. V.; YAMAGUCHI, L. F.; MORAES, M. M.; JEFFREY, C. S.; KATO, M. J. Natural products from Peperomia: occurrence, biogenesis and bioactivity. **Phytochem Ver**, 15, 1009-1033, 2016.

KOSTIC, I.; PETROVIC, O.; MILANOVIC, S.; POPOVIC, Z.; STANKOVIC, S.; TODOROVIC, G.; KOSTIC, M. Biological activity of essential oils of *Athamanta haynaldii* and *Myristica fragrans* to gypsy moth larvae. **Industrial Crops Products**, v.41, p.17-20, 2013.

LATIF, S.; CHIAPUSIO, G.; WESTON, L. A. Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defence. **Advances in Botanical Research. Academic Press**, v. 82, s/n, p.19-54, 2017.
LOPEZ, S. N.; LOPES, A. A.; BATISTA, J. M.; FLAUSINO, O.; BOLZANI, V. D.; KATO, M. J.; FURLAN, M. Geranylation of benzoic acid derivatives by enzymatic extracts from *Piper crassinervium* (Piperaceae). **Bioresour. Technol.,** 101, 4251-4260, 2010.

MATHIEU, G. Taxonomic Repertory of the Genus *Peperomia* 2001-2020. Disponível em: <http://www.peperomia.net> Acesso em: out. 2020.

MENDES, K. F.; ALMEIDA, C. S.; INOUE, M. H.; MERTENS, T. B.; TORNISIELO, L. Impacto do biochar no comportamento de herbicidas em solos: um enfoque no Brasil. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, p. 106-117, 2018.

MORA, F.; VELASCO, J.; DÍAZ, T.; ROJAS, L.; DE TORRES, L; RÍOS, N.; CARMONA, J. Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Peperomia acuminata* de los Andes venezolanos. **Revista Peruana de Biología**, 23, 301-304, 2016.

NASCIMENTO, C.; PONTES, E. D. S.; ALVES, M. E. F.; SOUZA, M. L. A.; SILVA, E. C. A.; DANTAS, C. M. G.; COSTA, T. A. M.; SILVA, E. C. A. Regulamentação e Consumo de Fitoterápicos no Brasil como Prática Complementar de Saúde. **International Journal of Nutrology**, v. 11, p. 67-74, 2018.

OLIVEIRA, S.C.C.; GUALTIERI, S. C. J.; DOMÍNGUEZ, F. A. M.; MOLINILLO, J. M. G.; MONTOYA, R. V. Estudo fitoquimico de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil (Solanaceae) e sua aplicação na alelopatia. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p.607-618, 2012.

PINHEIRO, B. G.; SILVA, A. S. B.; SOUZA, G. E. P.; FIGUEIREDO, J. G.; CUNHA, F. Q.; LAHLOU, S.; ... & SOUSA, P. J. C. Chemical composition, antinociceptive and anti-inflammatory effects in rodents of the essential oil of *Peperomia serpens* (Sw.) Loud. **Journal of ethnopharmacology**, v. 138(2), p. 479- 486, 2011.

PINHEIRO, P. F.; COSTA, A. V.; ALVES, T. A.; GALTER, I. N.; PINHEIRO, C. A.; PEREIRA, A. F.; OLIVEIRA, C. M. R.; PRAÇA-FONTES, M. M. Phytotoxicity and cytotoxicity of essential oil from leaves of *Plectranthus amboinicus*, carvacrol and thymol in plant bioassays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v. 63, p. 8981-8990, 2015.

QIAN, H. et al. Allelochemical stress causes oxidative damage and inhibition of photosynthesis in *Chlorella vulgaris*. **Chemosphere**, v. 75, p. 368-375, 2009.

SAMPIETRO, D. A. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. linea). **Fac. de Bioquím., Quím. y Farm. Un. Nac. de Tucumán, Arg.** Disponível em: <http://www.mdp.edu.ar/illia/nueva/alelopatia/alelopatía>, 2001. acessado em 25 de maio de 2017.

SILVA, M. H. L.; ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H. A.; MAIA, J. G. S. The essential oils of *Peperomia pellucida Kunth* and *P. circinnata Link* var. circinnata. **Flavour and Fragrance Journal,** v. 14, p. 312-314, 1999.

SIMÕES, C. M. O., SCHENKEL, E. P., GOSMANN, G., MELLO, J. C. P., MENTZ, L. A., PETROVIK, P. R. **Farmacognosia: da Planta ao Medicamento.** Editora UFRGS. Porto Alegre, 2010.

SOUZA-FILHO, A. P. S.; VASCONCELOS, M. A. M.; ZOGHBI, M. G. B., CUNHA, R. L., Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum C. DC.* e *Pogostemon heyneanus Benth* sobre plantas daninhas. **Revista Acta amazônica**, v. 39, p.389- 396, 2009.

SOUZA, M. T. M.; SALGADO, H. R. N.; PIETRO, R. C. L. R. O Brasil no contexto de controle de qualidade de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, p. 435-440, 2010.

STEVENS, P. F. Angiosperm Phylogeny Website. Disponível em: <http://goo.gl/S8Oh1O>. Acesso em: 16 agosto 2017.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais (LABCITO) e à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo apoio acadêmico e institucional ao desenvolvimento deste trabalho, além das instituições CAPES, FAPES, CNPq pelo apoio financeiro.