

Características produtivas e químicas de duas espécies de plantas bioativas: *Cymbopogon martini* e *Ocimum gratissimum*, com óleo essencial rico em geraniol

Rovier Verdi^{1*}, Fabiano Cleber Bertoldi², Fábio Martinho Zamboni³

¹Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Av. Luiz de Camões, 2090 - Conta Dinheiro - Lages - SC, CEP: 88.520-000; ²Estação Experimental de Itajaí, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Caixa Postal 277, Itajaí – SC, CEP 88.318-112; ³Estação Experimental de Itajaí, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Caixa Postal 277, Itajaí – SC, CEP 88.318-112. *Autor para correspondência: rovierverdi@hotmail.com

RESUMO: O geraniol é o componente principal do óleo essencial da palmarosa (*Cymbopogon martini*), é utilizado mundialmente pelas indústrias de perfumaria, condimentos, alimentos e cosméticos, sendo essa espécie a mais cultivada para sua obtenção. Em 1992 foi descrito um novo quimiotipo de alfavaca africana (*Ocimum gratissimum*) rico em geraniol. O objetivo desse trabalho foi comparar as características produtivas e químicas das espécies, dando ênfase ao geraniol. O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Epagri de Itajaí-SC, em casa de vegetação com irrigação automática. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com 5 repetições e 3 plantas por repetição, sendo cada espécie um tratamento. As plantas foram obtidas por propagação vegetativa. A colheita foi realizada aos 75 dias após o transplante. O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação e caracterização química determinada por cromatografia gasosa acoplado a um detector de espectrometria de massa (CG/EM). A palmarosa apresentou geraniol (70,23%) e acetato de geraniol (26,81%) como componentes majoritários na composição do óleo essencial. A alfavaca africana apresentou 86,02% de geraniol seguido por outros componentes em menor quantidade. Apesar da alfavaca africana ter apresentado maior concentração de geraniol no óleo essencial, observou-se que a palmarosa apresentou maior biomassa útil para a extração. Entretanto, na relação efetiva, na produção de geraniol entre as duas espécies não apresentou diferença significativa. Sendo assim, por tratar-se de uma espécie pouco estudada no Brasil, a alfavaca africana quimiotipo geraniol apresenta uma opção na obtenção de um óleo essencial rico em geraniol, uma vez que na atualidade a palmarosa é a única fonte com características químicas similares.

Palavras chave: Geraniol, palmarosa (*Cymbopogon martini*), alfavaca africana (*Ocimum gratissimum*), plantas aromáticas..

ABSTRACT: Productive and chemical characteristics of two species of bioactive plants: *Cymbopogon martini* e *Ocimum gratissimum*, with essential oil rich in geraniol. Geraniol is the main component of the essential oil of palmarosa (*Cymbopogon martini*), used worldwide by the perfumery, condiments, food and cosmetics industries, being the most cultivated species for its production. In 1992, a new chemotype of african alfavaca (*Ocimum gratissimum*) rich in geraniol was described. The objective of this work was to compare the productive and chemical characteristics of the species, emphasizing geraniol. The experiment was conducted at the Epagri Experimental Station of Itajaí-SC, in a greenhouse with automatic irrigation. A randomized complete block design was used, with 5 replicates and 3 plants per replicate, each species being a treatment. The plants were obtained by vegetative propagation. The harvest was carried out at 75 days after transplanting. The essential oil was extracted by hydrodistillation and chemical characterization determined by gas chromatography coupled to a mass spectrometry detector (GC / MS). Palmarosa presented geraniol (70.23%) and geranyl acetate (26.81%) as major components in the essential oil composition. The african alfavaca showed 86.02% of geraniol followed by other components in smaller amounts. Although the African alfavaca presented a higher concentration of geraniol in the essential oil, it was observed that the palmarosa had a higher biomass useful for the extraction. However, in the effective relationship, in the geraniol

Recebido para publicação em 23/06/2017

Aceito para publicação em 12/08/2021

Data de publicação em 28/10/2021

ISSN 1983-084X

© 2019 Revista Brasileira de Plantas Medicinais/Brazilian Journal of Medicinal Plants.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

production between the two species did not present significant difference. Therefore, because it is a species not studied in Brazil, the african alfavaca quimiotipo geraniol presents an option to obtain an essential oil rich in geraniol, since palmarosa is currently the only source with similar chemical characteristics.

Key words: Geraniol, palmarosa (*Cymbopogon martini*), african alfavaca (*Ocimum gratissimum*), aromatic plants..

INTRODUÇÃO

O *Cymbopogon martini* (Roxb.) Will. Watson conhecido popularmente como capim palmarosa pertence à família das poáceas e é uma espécie exótica naturalizada, pouco conhecida no Brasil, mesmo sendo encontrado vegetando em muitas áreas de Santa Catarina (Epagri 2010). A palmarosa apresenta como propriedades medicinais efeitos digestivos, estimula o apetite, favorece a restauração da flora intestinal e é usada também nos casos de anorexia e infecção intestinal, além disso, estimula a regeneração das células epiteliais e reduz o estresse (Dubey et al. 2003; Salerno et al. 2004).

A Índia é o principal produtor e exportador de óleo essencial de palmarosa, parte dessa produção vem de plantas selvagens que crescem naturalmente e são destiladas uma vez por ano. (Rao 2011). Segundo o autor ela alcança produção de 23 a 37 t/ha de biomassa fresca e rendimentos de 0,43% de óleo essencial em matéria fresca.

O *Cymbopogon martini* (Roxb.) Will. Watson apresenta duas variedades sendo morfológicamente indistinguível (var. *motia* e var. *sofia*), entre as duas foi observado uma semelhança genética de 54% e um maior grau de diversidade dos constituintes do óleo (64%) (Khanuja et al., 2005). Segundo o autor a var. *motia* que é considerada de elite possui em seu óleo alta concentração de geraniol (74%), quando comparada com a var. *sofia* (12%). O geraniol e o acetato de geraniol são os principais componentes do óleo essencial da palmarosa, o geraniol pode chegar a concentrações em torno de 82%, sendo a mesma uma das principais espécies para a sua extração. (Dubey et al. 2003; Salerno et al. 2004).

Ocimum gratissimum L. (alfavaca africana) é um subarbusto aromático, ereto, com até 1 m de altura, tem origem no oriente e ocorre subespontaneamente em todo o Brasil e do qual existe diversos quimiotipos (Lorenze e Matos, 2002). A planta tem poder antisséptico, utilizada nas preparações de banhos antigripais em crianças (Morais et al. 2005), para tratar casos de nervosismo e paralisia, na utilização de chás como diurética, sudorífera e carminativa (Matos et al. 2000). Alguns dos usos foram verificados cientificamente como ação relaxante sobre o musculo liso do intestino (Madeira et al. 2002) e a ação fungicida contra quatro espécies do gênero *Candida* (Nakamura et al. 2004).

Os três principais quimiotipos são o eugenol, timol e geraniol, sendo classificados pelo componente majoritário do óleo essencial, o rendimento do seu óleo varia de 0,8% a 1,2% (Vieira et al. 2001). A ocorrência de quimiotipos ou raças químicas é frequente em plantas ricas em óleos voláteis; seriam aqueles vegetais botanicamente idênticos, mas que diferem quimicamente (Simões e Spitzer 2000).

O Brasil apresenta lugar de destaque na produção mundial de óleos essenciais, apresentando esse mercado crescimento impulsionado principalmente pelo interesse dos consumidores em produtos de origem natural, com respeito a biodiversidade e preservação ambiental (Bizzo et al. 2009).

O geraniol (3,7-dimethylocta-trans-2,6-dien-1-ol) é uma substância de coloração amarelo pálido de fórmula química $C_{10}H_{18}O$, encontrado em plantas aromáticas como a palmarosa (*Cymbopogon martini*). O geraniol exibe diversos efeitos bioquímicos e farmacológicos, como um eficiente inseticida, potencial antioxidante, anti-inflamatório, antimicrobiano, *in vivo* e *in vitro*, apresenta atividade contra leucemia e células do melanoma, juntamente com baixa toxicidade em mamíferos e alta degradabilidade no ambiente. Ainda é utilizado como potencializador natural para melhorar a penetração na pele (Chen & Viljoen 2010). Também é muito utilizado em produtos de limpeza e higiene pessoal pelas suas características antissépticas e em cosméticos pela sua fragrância. Além disso, mesmo com alta exposição diária, o geraniol não apresenta risco a saúde humana (Nijkamp et al. 2015).

O objetivo desse trabalho foi comparar as características produtivas e químicas das espécies, dando ênfase ao geraniol, gerando informações para produtores e empresários interessados no cultivo e desenvolvimento de produtos bioativos a base de geraniol.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa com irrigação automática nos meses de maio a outubro de 2015, onde os tratamentos foram submetidos as mesmas condições. Cada tratamento foi composto por uma espécie: *Cymbopogon martini* (Roxb.) Will.

Watson e *Ocimum gratissimum* Lineu quimiotipo geraniol.

As mudas de *Cymbopogon martini* (Roxb.) Will. Watson var. *motia* foram obtidas por divisão de touceira, as mudas de *Ocimum gratissimum* Lineu quimiotipo geraniol foram obtidos por estaquia, ambas propagadas de plantas matrizes do Banco de Germoplasma de Plantas Bioativas da Estação Experimental de Itajaí da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Santa Catarina. Exsicatas das plantas foram classificadas e depositadas no Herbário LUSC na Universidade do Estado de Santa Catarina sob os números de registro: LUSC001962 para *Cymbopogon martini* e LUSC001960 para *Ocimum gratissimum*.

As plantas foram mantidas em sacos plásticos de 0,5 l de substrato formado pela mistura, na proporção de 3:2:5 (v/v), de cama de aviário, cinza de casca de arroz e subsolo argiloso, respectivamente. Após 45 dias as plantas foram transplantadas para vasos de 5 l contendo o mesmo substrato utilizados nos sacos de preparo das mudas, onde permaneceram por 75 dias em casa de vegetação com irrigação automática, as plantas espontâneas foram retiradas manualmente quando necessário. Não foi realizado nem um tipo de controle de insetos e de doenças durante a condução do experimento.

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados com 2 tratamentos (*Cymbopogon martini* var. *motia* e *Ocimum gratissimum* quimiotipo geraniol) e 5 repetições (blocos). Cada unidade amostral foi constituída por três plantas, totalizando 10 unidades amostrais.

A colheita foi realizada 75 dias após o transplante das mudas nos vasos sendo esse o período que a palmarosa apresenta maior rendimento de geraniol e acetato de geranila (Kakararaparthi et al. 2015). As plantas foram colhidas no mesmo horário (08:00 horas), em dias consecutivos, sendo colhido 1 bloco por dia, durante uma semana. O corte foi realizado 5 cm de altura acima do solo e submetidas a análises fitométricas, obtendo-se da palmarosa o peso fresco total e da alfavaca africana além do peso fresco total, foram obtidos o peso fresco das folhas e caules separadamente, pela razão da extração de óleo desta espécie ser feita somente das folhas.

De cada amostra, foi retirada uma porção de 50 g e armazenadas em sacos de papel "Kraft", levados à estufa a 105 °C até peso constante para determinação da massa seca total.

A obtenção do óleo essencial foi realizada no laboratório de óleos essenciais (LABOE) da estação experimental da Epagri de Itajaí-SC pelo método de hidrodestilação em aparelho Clevenger,

acoplado a um balão de 5 l na proporção de 250 g de material vegetal fresco picado e 2,5 l de água destilada. Cada destilação foi realizada por um período de 3 h. Após esse período, foram coletados os dados de volume do óleo essencial e convertidos em gramas com base na densidade dos óleos. O rendimento de óleo foi expresso por massa em base seca. Os óleos foram então armazenados em frascos âmbar e conservados a -18 °C até o momento das análises químicas.

A caracterização química dos óleos essenciais foi determinada por cromatografia gasosa acoplado com detector de espectrometria de massa (CG/EM) da marca Shimadzu, modelo GCMS - QP2010. Foi utilizada coluna capilar ZB-5MS, 30 m x 0,25 mm x filme 0,25 µm. Temperatura de injetor foi de 250 °C, fluxo de gás de arraste hélio de 1,0 ml/min. O forno do cromatógrafo foi otimizado com temperatura inicial de 60 °C por 4 min até atingir 210 °C, permanecendo por 6 min, totalizando 35 min no total de corrida cromatográfica. As amostras de óleos foram diluídas 200 vezes em hexano grau cromatográfico para posterior injeção no CG/EM. A quantificação foi determinada pela normalização da área (%) do pico de cada constituinte químico, sendo a área total a somatória de todas as áreas dos picos do cromatograma (100%). As identificações dos componentes químicos foram realizadas através da comparação dos espectros de massa com os do banco de dados das bibliotecas NIST do CG/EM e também pela comparação dos índices de retenção calculados com os encontrados na literatura (Adams 2007) Os índices de retenção foram calculados a partir de padrões de n-alcenos (C10-C21), nas mesmas condições cromatográficas das amostras dos óleos essenciais.

Realizou-se a análise de variância dos dados por meio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da quantificação e identificação dos componentes dos óleos essenciais das duas espécies (*Cymbopogon martini* e *Ocimum gratissimum*), através da análise por CG/EM, permitiu identificar um total de 9 componentes químicos, distribuído nas duas espécies (Tabela 1). Conforme observado, no presente trabalho, as duas espécies estudadas apresentaram como componente majoritário o geraniol. A palmarosa apresentou o geraniol com 70,23% da composição de seu óleo seguido por acetato de geranila com 26,81%, linalol com 1,77% e β-cariofileno com 1,15% (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados em avaliações de comparação com a melhor época e período

de colheita realizadas na Índia, centro de origem da espécie, aonde a maior produção de geraniol chegou a 78,35% e de acetato de geranila chegou a 25%, nunca se observa os dois componentes no máximo pois quando um aumenta o outro diminui (Kakarparthi 2015).

Na alfavaca africana o geraniol é responsável por 86,02% da composição do seu óleo essencial, seguido pelo geranial com 3,37%, γ -muuroloeno com 3,32%, nerol com 2,11%, limoneno com 2,05%, nerol com 1,73% e β -cariofileno com 1,40% (Tabela 1).

Para as variáveis biométricas, a alfavaca africana apresentou maior produção de biomassa fresca e seca total por planta, devido a arquitetura e estrutura caulinar da planta. Já quando foram avaliados os tecidos vegetais que são utilizados para destilação, a palmarosa foi superior, apresentando 196,64 g de massa fresca e 36,26 g de massa seca, enquanto a alfavaca africana apresentou 129,20 g de massa fresca e 23,69 g de massa seca (Tabela 2). Esta diferença observada na matéria seca destilada ocorre porque toda parte aérea da palmarosa é destilada, enquanto, na alfavaca africana somente as folhas são destiladas devido aos caules não possuírem quantidades significativas de óleo. Foram realizados ensaios preliminares com a destilação dos caules da alfavaca africana, porém, os volumes de óleo obtidos foram insignificantes.

A Tabela 2 apresenta os valores de rendimento de óleo essencial das duas espécies. O teor de óleo essencial apresentou diferença estatística entre as espécies. A alfavaca africana

apresentou rendimento superior, com 1,94% de óleo em base de matéria seca, enquanto a palmarosa apresentou rendimento de 1,64%. Na Índia em condições experimentais nas quais se avaliou diversos clones e épocas de colheita da palmarosa, os rendimentos variaram em torno de 0,85% a 2,56% (Smitha e Virendra 2015). Isso mostra que as condições que foi realizado esse estudo tem representatividade com as condições ideais de cultivo.

O teor de geraniol nos óleos das duas espécies mostrou-se superior na alfavaca africana. Nesta espécie a concentração média no óleo foi de 86,02% de geraniol, enquanto na palmarosa foi de 70,27%. O teor de geraniol encontrado por Smitha e Rana (2015) variou de 51,71 a 87,55%. No entanto, a massa de geraniol por planta não apresentou diferença estatística, com 0,42 e 0,40 g por planta de palmarosa e alfavaca africana, respectivamente.

As duas espécies apresentam a composição de seus óleos semelhante quando analisado seu componente majoritário, o geraniol, que para essas duas espécies constitui o componente de maior interesse para as indústrias de aromas, sabores, produtos de limpeza, e produtos farmacêuticos. Ambas as plantas se mostram como boa alternativa para a obtenção de geraniol natural.

Apesar de a palmarosa apresentar um teor de geraniol inferior ela ainda conta com uma concentração razoável de acetato de geranila (26,81%) que quando natural atinge altos valores no mercado.

TABELA 1. Caracterização química do óleo essencial de duas espécies ricas em geraniol: *Cymbopogon martini* e *Ocimum gratissimum* (valores expressos em porcentagem do óleo). Plantas colhidas e destiladas (n=5) aos 75 dias após o transplante. Epagri/Estação Experimental de Itajaí, SC, 2015.

Componentes	TR	IRc	IRt	<i>Cymbopogon martini</i>	CV	<i>Ocimum gratissimum</i>	
						%	
Limoneno	8,96	1031	1029	-	-	2,05±0,13	6,67
Linalol	10,93	1098	1095	1,77±0,84	47,92	-	-
Nerol	14,19	1223	1228	-	-	1,73±0,29	17,31
Neral	14,53	1238	1240	-	-	2,11±0,16	7,60
Geraniol	14,83	1250	1252	70,26±0,73	1,04	86,02±0,73	0,85
Geranial	15,25	1267	1267	-	-	3,37±0,33	9,93
Acetato de geranila	17,81	1375	1381	26,81±11,11	41,44	-	-
β -cariofileno	18,83	1421	1418	1,15±1,06	92,45	1,40±0,31	22,19
γ -muuroloeno	20,14	1482	1477	-	-	3,32±0,64	19,52

Médias de cinco repetições seguidas do desvio padrão. TR: tempo de retenção (minutos). IRt: índice de retenção tabelado (Adams 2007). IRc: índice de retenção calculado. %: porcentagem do componente. CV: coeficiente de variação

TABELA 2. Variáveis biométricas de rendimento, valores médios por tratamento comparando palmarosa (*Cymbopogon martini*) e alfavaca africana (*Ocimum gratissimum*). Plantas colhidas e destiladas (n=5) aos 75 dias após o transplante. Epagri/Estação Experimental de Itajaí, SC, 2015.

Espécies	Parte aérea total ¹		Tecidos vegetais destilados ²		Rendimento de óleo essencial		
	Massa fresca	Massa seca	Massa fresca útil	Massa seca útil	Teor de óleo essencial em massa seca	Concentração de geraniol no óleo essencial	Quantidade total de geraniol
	g/planta		g/planta		%		g/planta
Palmarosa	196,64*	36,26*	196,64*	36,26*	1,64*	70,27*	0,42 ^{ns}
Alfavaca a.	242,65	60,01	129,20	23,69	1,94	86,02	0,40
CV (%)	11,85	9,19	15,74	15,03	13,69	2,38	16,55

¹: Biomassa total da parte aérea de cada planta. ²: Somente o tecido destilado no caso da palmarosa toda a planta é destilada e da alfavaca africana somente as folhas, devido ao caule não apresentar quantidades significativas de óleo essencial. *: Diferença estatística a 5% de probabilidade. ^{ns}: Não significativo a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variância.

O geraniol pode ser utilizado como princípio para a obtenção de aromas tendo a reação realizada por enzimas (lipases), formando assim ésteres como o propionato de geraniol e acetato de geraniol, sendo assim, considerado um aroma natural, diferente de quando a reação é realizada por solventes orgânicos (Paroul et al. 2010; Ferraz et al. 2015). O valor de aromas naturais é superior aos aromas obtidos por reações com solvente orgânicos, isso pode ser observado em sites de empresas especializadas como: Sigma-aldrich (2016), o geraniol natural com 97% de pureza é comercializado por cerca de R\$ 537,00/kg, enquanto o geraniol sintético com a mesma pureza é comercializado por aproximadamente R\$ 387,00/kg. Já o propionato de geraniol natural, com 95% de pureza chega a R\$ 5.394,00/kg, o sintético a R\$ 944,00/kg e o acetato de geraniol natural a R\$ 1.373,00/kg e o sintético R\$ 279,00. Observa-se a real valorização dos compostos obtidos por vias naturais e, nesse caso específico, se faz necessário a produção de geraniol obtido por meio de cultivo e processamento de plantas como alfavaca africana e palmarosa.

O rendimento de óleo essencial por planta alcançado nesse trabalho foi de um cultivo em casa de vegetação e em vasos de 5 l, o que de certa forma pode interferir no crescimento e no porte de cada espécie. Para uma estimativa de rendimento por hectares, serão necessários mais estudos em campo, assim podendo conhecer o comportamento de cada espécie com maior detalhamento para uma produção comercial.

Pode-se concluir que a alfavaca africana quimiotipo geraniol apresenta uma promissora opção na obtenção de um óleo essencial rico em geraniol, sendo seu rendimento equivalente a palmarosa.

REFERÊNCIAS

- Adams RP (2007). Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectrometry. 4.ed. Illinois: Allured Publishing Corporation. 804p.
- Bizzo HR, Hovell AMC, Rezende CM (2009) Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. Quím Nova 32: 588-594. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300005>
- Chen W, Viljoen AM (2010) Geraniol—a review of a commercially important fragrance material. S. Afr J Bot 76(4): 643-651. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.05.008>
- Dubey VS, Bhalla R, Luthra R (2003) An esterase is involved in geraniol production during palmarosa inflorescence development. Phytochemistry 63(3): 257-264. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00114-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00114-6)
- Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2010) Cultivo de plantas bioativas. 1 ed. Florianópolis: Gmc/epagri, 2010. 60 p.
- Ferraz LIR, Possebom G, Alvez EV, Cansian RL, Paroul N, de Oliveira D, Treichel H (2015) Application of home-made lipase in the production of geranyl propionate by esterification of geraniol and propionic acid in solvent-free system. Biocatal Agric Biotechnol 4(1): 44-48. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2014.07.003>
- Kakaraparthi PS, Srinivas KVNS, Kumar JK, Kumar AN, Rajput DK, Anubala S (2015) Changes in the essential oil content and composition of palmarosa (*Cymbopogon martini*) harvested at different stages and short intervals in two different seasons. Ind Crops Prod 69: 348-354. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.020>
- Khanuja SP, Shasany AK, Pawar A, Lal RK, Darokar MP, Naqvi AA, Kumar S (2005) Essential oil constituents and RAPD markers to establish species relationship in *Cymbopogon Spreng.* (Poaceae). Biochem Syst Ecol 33(2): 171-186. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2004.06.011>
- Lorenzi H, Matos FJA (2002) Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2002. 544p.

- Madeira SV, Matos FJA, Leal-Cardoso JH, Criddle DN (2002) Relaxant effects of the essential oil of *Ocimum gratissimum* on isolated ileum of the guinea pig. *J Ethnopharmacol* 81(1): 1-4. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(02\)00049-1](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(02)00049-1)
- Mahmoud SS, Croteau RB (2002) Strategies for transgenic manipulation of monoterpene biosynthesis in plants. *Trends Plant Sci* 7(8): 366-373. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02303-8](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02303-8)
- Matos FJA (2000) Plantas medicinais: guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil. 2. ed. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 344p.
- Morais SMD, Dantas J, Silva ARAD, Magalhães EF (2005) Plantas medicinais usadas pelos índios Tapebas do Ceará. *Rev Bras Farmacogn* 15(2): 169-177. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2005000200017>
- Nakamura CV, Ishida K, Faccin LC, Dias Filho BP, Cortez DAG, Rozental S, Ueda-Nakamura T (2004) In vitro activity of essential oil from *Ocimum gratissimum* L. against four *Candida* species. *Res Microbiol* 155(7): 579-586. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2004.04.004>
- Nijkamp MM, Bokkers BGH, Bakker MI, Ezendam J, Delmaar JE (2015) Quantitative risk assessment of the aggregate dermal exposure to the sensitizing fragrance geraniol in personal care products and household cleaning agents. *Regul Toxicol Pharmacol* 73(1): 9-18. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.06.004>
- Paroul N, Grzegozeski LP, Chiaradia V, Treichel H, Cansian RL, Oliveira JV, Oliveira D (2010) Production of geranyl propionate by enzymatic esterification of geraniol and propionic acid in solvent-free system. *J Chem Technol Biotechnol* 85(12): 1636-1641. <https://doi.org/10.1002/jctb.2475>
- Rao BRR (2001) Biomass and essential oil yields of rainfed palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats. var. motia Burk.) supplied with different levels of organic manure and fertilizer nitrogen in semi-arid tropical climate. *Ind Crops Prod* 14(3): 171-178. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(01\)00081-4](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00081-4)
- Salerno AR, Rebelo AM, Silva Junior AA (2004). Plantas aromáticas para cultivo em Santa Catarina. *Agropec Catarinense* 17(2): 46-49.
- Sigma-Aldrich (Usa). Geraniol. 2016. Disponível em: <<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=Geraniol+Natural&interface=All&N=0mode=matchpartimax&lang=pt&ion=BR&focus=product>>. Acesso em: 13 julho. 2016.
- Simões CMO, Spitzer V (2000) Óleos voláteis. In: Simões CMO, Schenkel EP, Gosmann G, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 1. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 394-412.
- Smitha GR, Rana VS (2015) Variations in essential oil yield, geraniol and geranyl acetate contents in palmarosa (*Cymbopogon martinii*, Roxb. Wats. var. motia) influenced by inflorescence development. *Ind Crops Prod* 66: 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.062>
- Universidade Federal de Viçosa - SAEG, UFV. Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 8.1. Viçosa, MG: 2000. (Manual do usuário).
- Vieira RF, Grayer RJ, Paton A, Simon JE (2001) Genetic diversity of *Ocimum gratissimum* L. based on volatile oil constituents, flavonoids and RAPD markers. *Biochem Syst Ecol*, 29(3): 287-304. [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(00\)00062-4](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(00)00062-4)