

JOSÉ LUIZ PEREIRA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE
ESPÉCIES DE *EUCALYPTUS* L' HERIT (MYRTACEAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010**

JOSÉ LUIZ PEREIRA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE
ESPÉCIES DE *EUCALYPTUS* L' HERIT (MYRTACEAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 11 de agosto de 2010

Prof. Antonio Lelis Pinheiro

Prof. Adalberto Manoel da Silva

Prof^ª. Célia Regina Álvares Maltha
(Coorientadora)

Prof. Antonio Jacinto Demuner
(Coorientador)

Prof. Luiz Cláudio de Almeida Barbosa
(Orientador)

BIOGRAFIA

JOSÉ LUIZ PEREIRA, filho de Pedro Pereira e Francisca Liberata Pereira, Nasceu no dia 23 de maio de 1961, em Cajuri, Minas Gerais.

Em novembro de 1978 ingressou na Universidade Federal de Viçosa como funcionário, no cargo de servente. Em 1980 ainda como servente trabalhou na função de contínuo na Prefeitura de Campus da UFV, em 1984 transferiu-se para o Departamento de Química, onde passou a trabalhar posteriormente como auxiliar de laboratório, passando a laboratorista e em seguida a técnico de laboratório, cursando concomitante o curso de Bacharelado em Química, vindo a concluí-lo em abril de 1992.

Em 1993, licenciou-se da UFV e ingressou na Sociedade Brasileira de Eletrólise (Fábrica de Bióxido de Manganês), em Conselheiro Lafaete-MG, permanecendo até dezembro de 1994.

Em 1995, retornou para UFV retomando suas atividade de técnico de laboratório e também seus estudos na UFV, agora de Licenciatura em Química, vindo a concluí-lo em julho de 1997.

Em agosto de 2009, iniciou seus estudos no curso de Mestrado em Agroquímica na UFV, cumprindo os requisitos para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em agosto de 2010.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela presença constante e a vida que me deste.

Aos meus queridos pais Sr. Pedro Pereira e Da. Francisca Liberata, por serem os responsáveis pela minha existência e ter me feito homem.

Aos meus onze irmãos, pela amizade e incentivo.

À minha esposa Graça e meus três filhos Wagner, Wander e Kélen, por serem a razão da minha vida.

Emfim à toda minha família pelo incentivo e compreensão.

Ao professor Luiz Cláudio pelo insistente incentivo e por ter aceitado orientar-me.

Aos professores Antonio Demuner e Célia por serem meus co-orientadores.

Ao professor Antonio Lelis do Departamento de Engenharia Florestal por ter contribuído com o tema e por ter cedido as plantas.

À Universidade Federal de Viçosa, por fazer parte do seu quadro administrativo e pela oportunidade concedida.

Ao Cleber, Montanari e Adalberto pela valiosa colaboração, enfim à toda equipe do LASA que de uma forma ou de outra contribuíram para o êxito deste trabalho.

À Professora Vanderlúcia da UESB - Universidade Estadual da Bahia, pelas valiosas contribuições.

A todos os funcionários do DEQ, em especial Eduardo Resende e Marisa Vieira pela amizade e colaboração.

Emfim, aos não citados, mas que de muitas formas me auxiliaram e incentivaram na realização deste trabalho.

Deus abençoe a todos.

CONTEÚDO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 – Família Myrtaceae	3
2.2 – Gênero <i>Eucalyptus</i>	4
2.3 – Óleos essenciais	9
2.4 – Óleos essenciais de Eucalipto (<i>Eucalyptus</i> spp.)	12
2.4.1 – Classificação dos óleos essenciais de <i>Eucalyptus</i>	14
2.4.2 – Eucaliptol (1,8-cineol).....	16
2.5 – Atividades Biológicas de Óleos Essenciais de <i>Eucalyptus</i>	16
2.5.1 – Atividade inseticida/repelente de insetos	17
2.5.2 – Atividade Acaricida.....	18
2.5.3 – Atividade antimicrobiana e antiviral	19
2.5.4 – Atividade Herbicida	21
3 – MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 – Coleta e identificação do Material Vegetal.....	23
3.2 – Determinação do Teor de Matéria Seca	23
3.3 – Extração dos Óleos Essenciais	24
3.4 – Identificação e Quantificação dos Componentes dos Óleos Essenciais por Cromatografia em Fase Gasosa	24
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 – Rendimento dos Óleos Essenciais	26
4.2 – Composição Química dos Óleos Essenciais	29

5 – CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	39
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
APÊNDICE	54

RESUMO

PEREIRA, José Luiz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2010. **Composição química dos óleos essenciais de espécies de *Eucalyptus* L' Herit (Myrtaceae)**. Orientador: Luiz Claudio de Almeida Barbosa. Coorientadores: Célia Regina Álvares Maltha e Antonio Jacinto Demuner.

O presente trabalho descreve a análise química dos óleos essenciais das folhas de dez espécies australianas de *Eucalyptus* e de um híbrido, cultivados na cidade de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Folhas das espécies *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden., *E. camaldulensis* Dehnh., *E. tereticornis* Sm., *E. urophylla* S. T. Blake, *E. robusta* Sm., *E. paniculata* Sm., *E. saligna* Sm., *E. microcorys* F. Muell., *E. cloeziana* F. Muell., *E. pilularis* Sm. e do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* foram coletadas em dezembro de 2009 de plantas cultivadas no arboreto do setor de Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal da UFV e submetidas à extração por hidrodestilação, por três horas, em aparelho tipo Clevenger. A identificação e quantificação dos constituintes dos óleos foram realizadas por cromatografia em fase gasosa e por espectrometria de massas. Apresentaram maior rendimento (m/m) as espécies *E. camaldulensis* (3,00%) e *E. tereticornis* (2,30%) seguidas de *E. microcorys* (1,70%), do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (1,56%), *E. saligna* (1,42%), *E. urophylla* (0,77%), *E. pilularis* (0,73%) e *E. paniculata* (0,60%). Os menores rendimentos foram observados para as espécies *E. robusta* (0,34%), *E. grandis* (0,26) e *E. cloeziana* (0,13%). Observou-se predominância de hidrocarbonetos monoterpênicos nas espécies *E. saligna* (95,7%), *E. robusta* (89,8%), *E. grandis* (89,0%), *E. tereticornis* (65,4%), *E. pilularis* (50,5%), e no híbrido *E. Urophylla* x *E. grandis* (56,4%). As espécies com maior teor de monoterpênicos oxigenados foram *E. microcoris* (85,0%), *E. urophylla* (75,0%), *E. camaldulensis* (47,3%). Apenas *E. cloeziana* e *E. paniculata* apresentaram elevados teores de sesquiterpenos oxigenados (41,4% e 41,2% respectivamente). As espécies que apresentaram maiores teores de 1,8-cineol foram *E. microcorys* (66,2%), *E. urophylla* (65,4%) e *E. camaldulensis* (44,8%) e o híbrido *E. urophylla* x *E.*

grandis (33,0%). *E. grandis* apresentou *p*-cimeno (59,6%) e γ -terpineno (29,2%) como componentes majoritários. Para *E. tereticornis* os componentes majoritários foram β -pineno (22,4%), 1,8-cineol (19,3%), α -pineno (13,6%), α -felandreno (10,3%), γ -terpineno (8,4%) e *p*-cimeno (8,1%). A espécie *E. paniculata* apresentou 22,6% de espatulenol e 19,4% *p*-cimeno. O óleo volátil de *E. saligna* apresentou 92,3% de α -pineno. *E. robusta* apresentou α -felandreno (36,6%), α -pineno (16,6%), *p*-cimeno (14,8%) e β -pineno (11,8%) como componentes majoritários. *E. cloeziana* apresentou α -pineno (27,5%), β -eudesmol (11,3%), α -eudesmol (10,8%) e espatulenol (10,4%). A espécie *E. pilularis* apresentou como componentes majoritários *p*-cimeno (38,0%), um componente não identificado (14%), cujo valor do índice de Kovats foi 1738, e iso-espatulenol (8,0%). Os dados da espectrometria de massas e o valor do índice de Kovats sugerem que este componente não identificado corresponda a uma cetona sesquiterpênica com esqueleto do tipo aromadendreno estruturalmente semelhante à ciclocolorenona. Com base nos resultados, foi possível concluir que as espécies e o híbrido de *Eucalyptus* cultivados em Viçosa constituem fontes promissoras para a exploração comercial de terpenos bioativos.

ABSTRACT

PEREIRA, José Luiz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2010.
Chemical composition of essential oils from *Eucalyptus* L' Herit (Myrtaceae). Adviser: Luiz Claudio de Almeida Barbosa. Co-advisers: Célia Regina Álvares Maltha and Antonio Jacinto Demuner.

The present investigation describes the chemical analysis of essential oils from leaves of ten Australian *Eucalyptus* species and a hybrid, grown in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. Leaves of species: *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden., *E. camaldulensis* Dehnh., *E. tereticornis* Sm., *E. urophylla* S. T. Blake, *E. robusta* Sm., *E. paniculata* Sm., *E. saligna* Sm., *E. microcorys* F. Muell., *E. cloeziana* F. Muell., *E. pilularis* Sm. and the hybrid *E. urophylla* x *E. grandis* were collected in December 2009 from plants grown in the arboreto of Dendrology, Department of Forest Engineering, UFV and extracted by hydrodistillation for three hours in Clevenger type apparatus. The identification and quantification of essential oils constituents were carried out by gas chromatography and mass spectrometry. *E. camaldulensis* (3.00%) e *E. tereticornis* (2.30%) gave the highest oil yield, followed by *E. microcorys* (1.70%), the hybrid *E. urophylla* x *E. grandis* (1.56%), *E. saligna* (1.42%), *E. urophylla* (0.77%), *E. pilularis* (0.73%) e *E. paniculata* (0.60%). The lowest yields were shown by *E. robusta* (0.34%), *E. grandis* (0.26) e *E. cloeziana* (0.13%). Hydrocarbon monoterpenes were predominant in *E. saligna* (95.7%), *E. robusta* (89.8%), *E. grandis* (89.0%), *E. tereticornis* (65.4%), *E. pilularis* (50.5%) and the hidrid *E. Urophylla* x *E. grandis* (56.4%). The species with higher content of oxygenated monoterpenes were *E. microcoris* (85.0%), *E. urophylla* (75.0%), *E. camaldulensis* (47.3%). Only *E. cloeziana* and *E. paniculata* presented high levels of oxygenated sesquiterpenes (41.4% and 41.2% respectively). The species that showed higher levels of 1,8-cineole were *E. microcorys* (66.2%), *E. urophylla* (65.4%) e *E. camaldulensis* (44.8%) and the hidrid *E. urophylla* x *E. grandis* (33.0%). The essential oil of *E. grandis* showed *p*-cimeno (59.6%) and γ -terpinene (29.2%) as major components. For *E. tereticornis* the major components corresponded to β -pinene (22.4%), 1,8-cineole (19.3%), α -pinene (13.6%), α -

phellandrene (10.3%), γ -terpinene (8.4%) and *p*-cymene (8.1%). *E. paniculata* showed a high level of spathulenol (22.6%) and *p*-cymene (19.4%). The volatile oil of *E. saligna* showed 92.3% of α -pinene. *E. robusta* showed α -phellandrene (36.6%), α -pinene (16.6%), *p*-cymene (14.8%) and β -pinene (11.8%) as major components. *E. cloeziana* presented α -pinene (27.5%), β -eudesmol (11.3%), α -eudesmol (10.8%) and spathulenol (10.4%) as major compounds. The species *E. pilularis* presented as major components *p*-cymene (38.0%), an unidentified component (14%), with Kovats index 1738, and isoespatulenol (8.0%). Mass spectrometry data and Kovats index value suggest that the unidentified component can be a sesquiterpene ketone with a aromadendrene type skeleton, structurally similar to cyclocolorenone. It was possible to conclude that the species and the hybrid of *Eucalyptus* grown in Viçosa are promising sources for the commercial exploitation of bioactive terpenes.

1 – INTRODUÇÃO

As plantas e produtos de origem animal e mineral têm sido utilizados desde os tempos remotos em rituais de cura, magia e religião, bem como na culinária e cosmética. Plantas aromáticas e seus óleos essenciais têm sido utilizados não só em medicamentos como antibióticos e outros, mas também como aditivos de fragrâncias e sabor em condimentos, ou ainda, como agentes inseticidas para repelir insetos e proteger os produtos armazenados (Dorman e Deans, 2000; Bakkali *et al.*, 2008).

A maioria dos óleos essenciais são obtidos através de destilação por arraste a vapor, a partir de órgãos vegetais como raízes, caules, folhas e frutos. Esses óleos são muitas vezes responsáveis pelo odor de uma planta sendo ainda uma importante estratégia de defesa das plantas, particularmente contra pragas (insetos e herbívoros) e microorganismos patogênicos (fungos e bactérias) (Langenheim, 1994). Também desempenham um papel fundamental nas interações planta-planta e servem como atrativos para os polinizadores (Tholl, 2006).

Muitos óleos essenciais têm baixa toxicidade em mamíferos e baixa persistência no ambiente quando comparados com os inseticidas sintéticos, e alguns desses óleos são bastante eficazes contra uma ampla variedade de insetos-praga (Tolosa *et al.*, 2006).

Estima-se que 3000 óleos essenciais são conhecidos, dos quais 300 são de grande importância comercial. Entre as plantas que contêm óleos essenciais estão as espécies de *Eucalyptus*, pertencente à família Myrtaceae. Várias centenas de espécies de *Eucalyptus* contêm óleos voláteis, embora provavelmente menos de 20 dessas já foram exploradas comercialmente para a produção de óleo essencial (Doran, 1991). Entre as espécies de *Eucalyptus* produtoras de óleos destacam-se *E. citriodora* (atualmente *Corymbia Citriodora*) (HILL 1995), *E. globulos*, *E. polybractea* e *E. camaldulensis*.

Além de importantes fontes de biomassa combustível (produção de carvão vegetal) as espécies de *Eucalyptus* fornecem óleos essenciais considerados superiores em qualidade sobre os óleos essenciais de outras espécies arbóreas, uma vez que têm múltiplos usos industriais. Esses óleos

são classificados, comercialmente, em três grandes categorias de acordo com sua composição e uso principal como: a) medicinais; b) para perfumaria; e c) para outras indústrias (Boland *et al.*, 1991).

O principal componente geralmente encontrado nos óleos essenciais das folhas de eucalipto é o 1,8-cineol, sendo um dos responsáveis por suas propriedades terapêuticas (Estanislau *et al.*, 2001). No entanto, óleos essenciais são misturas complexas contendo uma variedade de substâncias, entre elas, monoterpenos e sesquiterpenos que podem conter diferentes funções orgânicas como fenóis, éteres, álcoois, ésteres, aldeídos e cetonas. Além disso, a exata composição e proporção destes componentes podem variar tanto de uma espécie para outra como em resposta as diferentes condições do ambiente de cultivo (Brooker e Kleinig, 2006).

A presente dissertação descreve a análise química do óleo essencial extraído por hidrodestilação das folhas de dez espécies australianas de *Eucalyptus* e de um híbrido, cultivados na cidade de Viçosa, proporcionando conhecimento e comparações acerca de suas características químicas.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Família Myrtaceae

A Família Myrtaceae, possui distribuição predominantemente pantropical e subtropical, concentrada na região neotropical e na Austrália. Inclui cerca de 130 gêneros e 4000 espécies, representando uma das principais famílias da flora brasileira, com 26 gêneros e aproximadamente 1000 espécies (Souza e Lorenzi, 2008). Muitas espécies desta família são importantes fontes de frutos comestíveis, temperos, plantas ornamentais e medicinais (Hora, 1978).

É dividida em duas grandes subfamílias, Myrtoideae (espécies com frutos carnosos baciformes e folhas opostas) e Leptospermoideae (espécies com fruto seco, geralmente cápsulas loculicidas e folhas alternas). Apresenta dois centros de diversidade no mundo, que podem ser facilmente associados a determinadas características morfológicas. Um destes centros ocorre na região Neotropical; as folhas são verticiladas e os frutos carnosos. Outro centro de diversidade é a Oceania onde ocorrem gêneros como *Eucalyptus*, *Melaleuca*, *Callistemon*, *Kunzea* e *Leptospermum* com folhas alternas e fruto seco (Souza e Lorenzi, 2008).

A subfamília de frutos carnosos, Myrtoideae, inclui muitas espécies alimentícias economicamente importantes, incluindo culturas agrícolas e plantas ornamentais, como as do gênero *Myrtus* (murta), especiarias como cravo (*Syzygium aromaticum*), pimenta da Jamaica (*Pimenta dioica*), e os frutos do gênero *Psidium* (goiabas), *Myrciaria*, *Eugenia*, *Syzygium*, *Plinia* e *Luma* (Reynertson *et al.*, 2008).

Também se destaca o gênero *Eucalyptus*, pertencente à subfamília Leptospermoideae, com várias espécies de crescimento rápido, cultivadas para diversos fins econômicos.

2.2 – Gênero *Eucalyptus*

Segundo Lamprecht (1990), citado por PINHEIRO (1999), o gênero *eucalyptus* pertence à família Myrtaceae (subfamília Leptospermoideae), amplamente difundida nos trópicos, porém, está quase totalmente circunscrito à flora australiana. Os eucaliptos distinguem-se pela constituição peculiar das flores, que não possuem nem pétalas nem sépalas. A configuração das inflorescências, dos botões florais e dos frutos é de grande importância para a identificação de aproximadamente 600 espécies.

Somente meia dúzia de espécies se expande em uma área de ocorrência um pouco além da Austrália, e somente duas espécies não existem na Austrália, ocorrendo exclusivamente na Nova Guiné e nas Filipinas.

Todos os eucaliptos são plantas perenifólias lenhosas, isto é, árvores ou arbustos. Alcançam desde poucos metros até mais de 100 m de altura. Também as formas arbutivas possuem em geral um “tronco” em forma de um grande tubérculo lenhoso subterrâneo, o chamado “lignotuber”. Seu surgimento torna-se compreensível ao observar o estranho crescimento das plântulas de muitos eucaliptos, de alto significado do ponto de vista ecológico. Com exceção de poucas espécies, limitadas a terrenos úmidos ou solos próximos a lençóis de água subterrânea (*E. deglupta*, *E. regnans*, *E. grandis* e *E. camaldulensis* etc.), surge, poucas semanas ou meses após a germinação, nas axilas dos cotilédones uma saliência onde são depositadas substâncias de reserva, e que possui a capacidade de formar novos brotos foliares quando o ápice do rebento terminal é destruído. Com o decorrer do tempo, estas intumescências fundem-se, aumentam de volume e crescem como duas protuberâncias na parte superior da raiz. Caso o colo da planta seja coberto de terra, as protuberâncias podem igualmente crescer em direção ascendente. Quando os rebentos são destruídos devido a incêndios florestais ou seca, ou são devorados por animais, o “lignotuber” permanece em condições de gerar novos rebentos; por esta razão, os eucaliptos possuem grande resistências e capacidade de regeneração.

O rápido crescimento e a elevada produção de massa de muitas espécies não são consequência de uma fotossíntese especialmente intensa por umidade de superfície foliar, mas sim da capacidade de desenvolver,

com grande rapidez, uma grande superfície foliar. Também este fenômeno está relacionado com uma peculiaridade do crescimento. Ao se observar um rebento inicial em desenvolvimento, pode-se reconhecer na axila de cada nova folha um longo pecíolo com um broto terminal. Trata-se das ramificações laterais em vias de brotar prontamente. Também estas produzem folhas, cujos rebentos axiliares também irão brotar sem demora. Por esta razão, os eucaliptos, ao contrário de outras árvores, formam a cada ano ramos laterais de diversas ordens, partindo uns dos outros, dando origem muito rapidamente a uma copa com enorme superfície foliar. Na Austrália, o desenvolvimento dos eucaliptos é frequentemente perturbado pelo ataque de insetos, que destroem os rebentos e as folhas dos novos ramos laterais. Mas também nestes casos rapidamente brotam na base das folhas das axilas novos rebentos acessórios.

As folhas de todos os eucaliptos são relativamente semelhantes: simples, longo-acuminadas, perenifólias, coriáceas e com glândulas oleíferas. Com exceção da fase juvenil, são alternas. Aprumam-se paralelamente ao feixe de luz, de tal forma as florestas de eucaliptos trespassadas de grande luminosidade. Pelo menos na fase juvenil, os eucaliptos não toleram sombra. Por essa razão, não conseguem concorrer, nos solos férteis da Austrália oriental, com as demais espécies que povoam as florestas pluviais tropicais e subtropicais, ocupando, porém, posição dominante em todos os substratos mais pobres. Somente desaparecem nas regiões áridas da Austrália, onde as precipitações anuais ficam abaixo de 250 mm nas zonas de chuvas invernais e abaixo de 600 mm nas zonas de chuvas estivais. É possível, aliás, encontrar *E. camaldulensis* na zona central árida do 5º continente, mas unicamente nos leitos dos rios secos com veios de água subterrâneas.

As diversas espécies do gênero *Eucalyptus* estão estreitamente vinculadas em suas regiões de origem a determinados sítios, por razões ecológicas, tanto de ordem climáticas como edáficas. Na parte ocidental da Austrália muitas espécies constituem povoamentos puros; na parte oriental ocorrem, sobretudo, em povoamentos mistos.

Em síntese, é possível constatar que, na Austrália, as diversas espécies de um único gênero *Eucalyptus* povoam praticamente sozinhas

todas as florestas, com exceção de algumas zonas da costa oriental. Nestas zonas as florestas apresentam uma diferenciação ecológica comparável à daquelas que se encontram distribuídas nos restantes continentes pelos diversos gêneros e espécies de coníferas e de folhosas.

Os principais tipos de florestas de *Eucalyptus* naturais são os seguintes:

- Floresta de savana aberta: poucas até o máximo de 200 árvores/há; geralmente com tapete de gramíneas fechado e perene. É encontrada em Queensland.

- Floresta xerófila de esclerófitas: deixa ainda penetrar luminosidade mas com dossel de copas mais ou menos fechado (30 a 40 m de altura). Com frequência, há povoamento auxiliar de acácias e outras árvores de pequeno porte. O clima é mediterrâneo, como o da parte ocidental da Austrália.

- “Malle”: floresta xerófila baixa de esclerófitas (alturas de 6 a 8 m), que cobre enormes áreas no sul, na vizinhança do deserto central. O clima é subtropical seco.

- Floresta higrófila de esclerófitas: dossel superior de copas fechado (alturas de 60 a 80 m); povoamento auxiliar de acácias e eucaliptos. Encontra-se na região leste, por vezes também no sul, em solos profundos e com abundantes precipitações.

A Tabela 1 apresenta a classificação taxonômica do gênero *Eucalyptus* segundo Cronquist (1988) e Engler (1964). A divisão taxonômica do gênero *Eucalyptus* em subgêneros está apresentada na Tabela 2 com exemplos de algumas espécies.

Tabela 1 – Classificação taxonômica do gênero *Eucalyptus* segundo Cronquist (1988) e segundo Engler (1964)

Táxon	CRONQUIST (1988)	ENGLER (1964)
Divisão	Magnoliophyta	Angiospermae
Classe	Magnoliopsida	Dicotyledoneae
Subclasse	Rosidae	Archichlamydeae
Ordem	Myrtales	Myrtiflorae
Família	Myrtaceae	Myrtaceae
Gênero	Eucalyptus	Eucalyptus

Eucalyptus é um gênero da família Myrtaceae, que inclui cerca de 900 espécies e subespécies (Brooker e Kleinig, 2006). Devido ao crescimento rápido, diversas espécies deste gênero são utilizadas para produção de madeira, para fabricação de moirões, postes e móveis em geral, para produção de carvão, bem como para a fabricação de papel (Souza e Lorenzi, 2008). No Brasil cerca de 3,5 milhões de hectares de eucalipto são cultivados para produção de madeira. Entre outros usos, as plantações brasileiras de eucalipto são a principal fonte de fibra para a indústria de celulose, que tem uma capacidade instalada de produção de 7,5 milhões de toneladas de celulose por ano (Riesco, 2004).

Algumas espécies, como *C. citriodora*, são utilizadas como plantas aromáticas, especialmente como matéria prima para fabricação de produtos de limpeza e aromatizantes para sauna (Souza e Lorenzi, 2008). O óleo essencial de espécies *Eucalyptus* está entre os mais comercializados do mundo, sendo o óleo de *C. citriodora* um dos mais importantes em termos de volume comercializado.

Análises fitoquímicas demonstram que o gênero *Eucalyptus* contém glicosídeos cianogênicos, triterpenos (Benyahia *et al.*, 2005) e monoterpenos (Foudil-Cherif *et al.*, 2000), sendo estes últimos os principais componentes dos óleos essenciais.

Tabela 2 – Divisão taxonômica do gênero *Eucalyptus* com exemplos de algumas espécies

Subgênero (número de espécies)	Exemplos
<i>Blakella</i> (aproximadamente 9)	<i>E. papuana</i> F. Muell
<i>Corymbia</i> (aproximadamente 35)	<i>E. citiodora</i> Hook <i>E. ficifolia</i> F. Muell <i>E. maculata</i> Hook <i>E. torelliana</i> F. Muell
<i>Eudesmia</i> (aproximadamente 15)	
<i>Gaubaea</i> (2)	
<i>Idiogenes</i> (1)	<i>E. cloeziana</i> F. Muell
<i>Monocalyptus</i> (aproximadamente 100)	<i>E. fastigata</i> Deane & Maiden <i>E. fraxinoides</i> Deane & Maiden <i>E. obliqua</i> L'Hér <i>E. pilularis</i> SMith <i>E. regnans</i> F. Muell
<i>Telocalyptus</i> (4)	<i>E. deglupta</i> Blume
<i>Symphyomyrtus</i> (aproximadamente 300)	<i>E. alba</i> Reinw. Ex Blune <i>E. astringens</i> Maiden (Maiden) <i>E. benthamii</i> Maiden & Cambage <i>E. botryoides</i> Smith <i>E. camaldulensis</i> Dehnh <i>E. cinerea</i> F. muell. ex Benth <i>E. dalrympleana</i> Maiden <i>E. deanei</i> Maiden <i>E. dunnii</i> Maiden <i>E. globulus</i> Labill <i>E. grandis</i> Hill ex Maiden <i>E. maidenii</i> F. Muell <i>E. microcorys</i> F. Muell <i>E. nitens</i> (Deane & Maiden) Maiden <i>E. propinqua</i> Deane & Maiden <i>E. pellita</i> F. Muell <i>E. pryoriana</i> L. Jonson <i>E. resinifera</i> Smith <i>E. robusta</i> Smith <i>E. saligna</i> Smith <i>E. tereticornis</i> Smith <i>E. urophylla</i> S. T. Blake <i>E. viminalis</i> Labill

(adaptado de Higa e Sturion, 1997)

Atualmente o subgênero *Corymbia* foi elevado a categoria de gênero. (HILL 1995).

O óleo de eucalipto está incluído na categoria de “Geralmente considerados como Seguros” (GRAS) pela FDA (Food and Drug Authority of E.U.A) e classificados como não-tóxicos (USEPA, 1993). Mesmo o Conselho

da Europa aprovou o uso de óleo de eucalipto como agente aromatizante em alimentos (5 mg/kg), doces e artigos de confeitaria (15 mg/kg) (Council of Europe, 1992). Em baixas concentrações, é também muito utilizado na formulação de sabões, detergentes e perfumes.

O óleo essencial de espécies de *Eucalyptus* tem aplicação terapêutica no tratamento de tuberculose e infecções pulmonares (Low *et al.*, 1974). Os monoterpenos extraídos das folhas de *C. citriodora*, *E. globulus* e *E. teretecornis* apresentam atividade antibacteriana (Ramezani *et al.*, 2002). Além da atividade antibacteriana, o óleo essencial de eucalipto possui efeitos analgésicos e anti-inflamatórios (Silva *et al.*, 2003). Assim as folhas de várias espécies de eucalipto são uma rica fonte de óleos essenciais que possuem uma gama de propriedades biológicas, incluindo, fungicida, repelente de insetos, herbicidas e acaricida (Batish *et al.*, 2008).

2.3 – Óleos Essenciais

Óleos essenciais, também chamados de óleos voláteis ou etéreos são líquidos aromáticos oleosos obtidos a partir de material vegetal (flores, sementes, folhas, caules, cascas, frutos e raízes). Eles podem ser obtidos pela prensagem do pericarpo ou pelo método de enfloragem (*enfleurage*). Porém, o método de arraste por vapor é o mais utilizado para fins comerciais (Van de Braak e Leijten, 1999). O método de destilação por arraste a vapor ou hidrodestilação foi desenvolvido pela primeira vez na Idade Média, pelos árabes.

Deacordo com Bakkali (2008), os óleos essenciais são uma mistura complexa que pode conter de 20 a 60 componentes em concentrações distintas, entretanto, dependendo da metodologia utilizada, o número de componentes pode variar para mais ou menos. Esses componentes envolvem dois grupos de origem biossintética distintas (Croteau *et al.*, 2000). O principal grupo é composto por terpenos e terpenóides e o outro por constituintes aromáticos, todos caracterizados por possuírem baixa massa molecular (Bakkali *et al.*, 2008). Segundo Senatore, 1996, os componentes

majoritários podem constituir até 85% dos óleos essenciais, enquanto que outros componentes estão presentes apenas em quantidades traço.

No entanto, a composição dos óleos essenciais pode variar entre as diferentes partes da mesma planta (Dorman e Deans, 2000). Por exemplo, óleo essencial obtido das sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) tem uma composição diferente daqueles obtidos a partir das folhas da mesma planta (Delaquis *et al.*, 2002). Diferenças na composição química entre óleos essenciais extraídos da mesma espécie de planta, ou diferentes variedades da mesma espécie, também existem e são atribuídos a características genéticas, idade da planta e ambiente em que a planta cresce (Cosentino *et al.*, 1999).

Conhecidos por suas propriedades anti-sépticas (bactericida, antiviral, e fungicida) e também por sua fragrância geralmente agradável, os óleos essenciais eram usados no embalsamento, conservação dos alimentos e como antimicrobianos, analgésicos, sedativos, anti-inflamatórios, e anestésicos locais. Até os dias atuais, esses usos dos óleos essenciais permanecem para os mesmos fins, porém agora são conhecidos alguns dos seus mecanismos de ação, particularmente em nível de atividade antimicrobiana.

As propriedades antimicrobianas dos óleos essenciais têm sido demonstradas contra uma gama de micro-organismos, incluindo bactérias, protozoários e fungos (Chao *et al.*, 2000). Os óleos essenciais têm sido explorados para sua atividade contra uma ampla variedade de patógenos de origem alimentar. Por exemplo, a *Escherichia coli* O157: H7 foi inibida pelo óleo essencial de orégano e os seus dois principais componentes, carvacrol e timol (Elgayyar *et al.*, 2001).

Uma série de teorias têm sido propostas para explicar os mecanismos de ação antibacteriana dos óleos essenciais. Dado que estes compreendem um grande número de componentes, é mais provável que a sua atividade antibacteriana não seja devido a um modo específico de ação, mas envolve diversos sítios de ação na célula bacteriana (Carson *et al.*, 2002; Burt, 2004).

Acredita-se que a maioria dos óleos essenciais exerça suas atividades antimicrobianas interagindo com os processos associados à membrana celular bacteriana, incluindo o transporte de elétrons, gradientes

de íons, a translocação de proteínas, fosforilação e outras reações enzimáticas (Ultee *et al.*, 1999; Dorman e Deans, 2000). Helander *et al.* (1998) mostraram que o timol do óleo de tomilho (*Thymus vulgaris*) e carvacrol de óleo de orégano (*Origanum vulgare*), rompem a membrana celular diminuindo o reservatório de ATP intracelular e aumentando o reservatório de ATP extracelular em *E. coli*.

Os óleos essenciais têm uma elevada afinidade com lipídios da membrana celular bacteriana devido à sua natureza hidrofóbica. Suas propriedades antibacterianas são evidentemente relacionadas com o seu caráter lipofílico (Dorman e Deans, 2000).

Os óleos essenciais também podem apresentar atividade citotóxica e, em geral, essa atividade é atribuída principalmente à presença de fenóis, aldeídos e álcoois (Sacchetti *et al.*, 2005). Esta propriedade citotóxica é de grande importância nas aplicações dos óleos essenciais não apenas contra certos patógenos e parasitas humanos ou animais, mas também para a conservação dos produtos alimentícios.

No que diz respeito as suas propriedades biológicas, deve-se levar em conta que os óleos essenciais são misturas complexas de várias moléculas, assim suas propriedades biológicas poderiam ser resultado da sinergia entre todas as moléculas ou apenas dos componentes majoritários presentes no óleo. Na literatura, apenas os principais constituintes de certos óleos essenciais como terpineol, eugenol, timol, carvacrol, carvona, geraniol, linalol, citronelol, nerol, safrol, eucaliptol, limoneno, cinamaldeído, foram analisados. Geralmente, os principais componentes parecem refletir bem as características biofísicas e biológicas dos óleos essenciais das quais foram isoladas (Ipek *et al.*, 2005). Portanto, a amplitude de seus efeitos parece ser apenas dependente da sua concentração, quando testados individualmente ou incluídos em óleos essenciais. Assim, as funções sinérgicas de várias moléculas contidas em um óleo essencial, em comparação com a ação de um ou dois componentes principais do óleo, parece questionável.

No entanto, é possível que a atividade dos principais componentes seja modulada por outras moléculas de menores proporções no óleo essencial (Hoet *et al.*, 2006). Além disso, é provável que vários componentes

dos óleos essenciais desempenhem um papel na definição da fragrância, densidade, textura, cor, e acima de tudo, na penetração celular (Cal, 2006).

2.4 – Óleos Essenciais de Eucalipto (*Eucalyptus* spp.)

O óleo de eucalipto é uma mistura complexa de uma variedade de monoterpenos e sesquiterpenos, fenóis, éteres, álcoois, ésteres, aldeídos e cetonas. No entanto, a exata composição e proporção variam com a espécie (Brooker e Kleinig, 2006). Exemplos de alguns dos principais constituintes encontrados nos óleos de *Eucalyptus* spp. estão apresentados na Figura 1.

O óleo essencial extraído das folhas de eucalipto é um exemplo de óleo de grande demanda mundial, utilizado para fins farmacêuticos e outros (Doran, 1991). No Brasil, as principais espécies de *Eucalyptus* utilizadas para produção comercial de óleos essenciais são *E. staigeriana*, *C. citriodora* e *E. globulus* (Vitti e Brito, 2003).

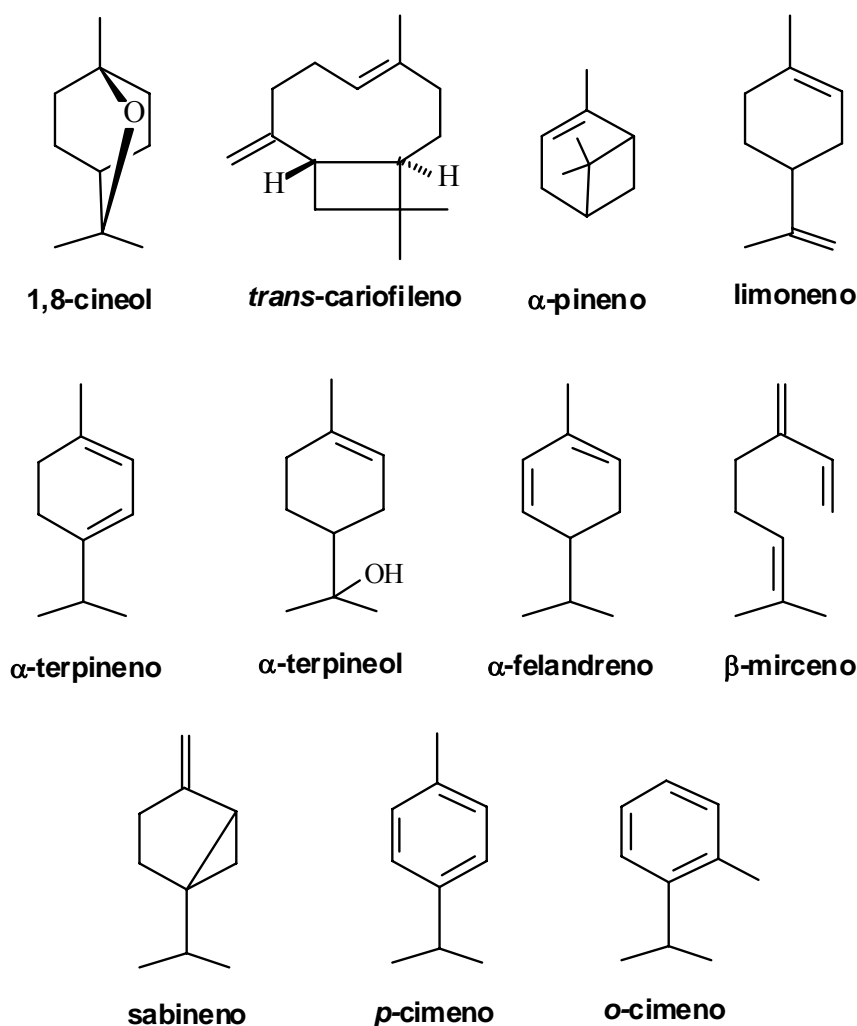


Figura 1 – Exemplos de alguns dos principais compostos encontrados nos óleos essenciais de *Eucalyptus* spp.

As exportações brasileiras dos óleos essenciais de eucalipto, no período de 2005-2008, somaram US\$ 9,6 milhões relativos a 1.237 t, sendo 66% do estado de São Paulo e 33% de Minas Gerais. O principal importador foi a União Européia (45%), especificamente Espanha (24%) e Reino Unido (13%) seguido da Suíça (10%). As importações relativas aos EUA totalizaram (33%) (Bizzo *et al.*, 2009).

A atividade biológica do óleo essencial de *Eucalyptus* depende do tipo e natureza dos constituintes e sua concentração no óleo. Além disso, varia com a espécie, época, localização, clima, tipo e fertilidade do solo, idade das folhas, método utilizado para a secagem do material vegetal, bem como, com o método de extração do óleo (Brooker e Kleinig, 2006).

O óleo de eucalipto apresenta alta qualidade e tem vantagens sobre o óleo essencial de outras espécies, uma vez que tem múltiplos usos em perfumaria, produtos farmacêuticos e outros usos industriais (Boland *et al.*, 1991).

2.4.1 – Classificação dos óleos essenciais de *Eucalyptus* L' Hérítier

Entre as mais de 900 espécies e subespécies de eucalipto descritas na literatura, pouco mais de 200 foram examinadas com relação à produção e teor de óleos essenciais, e menos de 20 têm sido citadas como usadas na exploração comercial (Doran, 1991). Segundo estes autores os óleos essenciais de eucalipto estão divididos, basicamente, em três grupos: de uso medicinal, uso industrial e uso para perfumaria (Tabela 3).

Tabela 3. Principais espécies de eucalipto utilizadas para a produção de óleo essencial – rendimento em base de peso de folha seca, classificação conforme uso e teor principal.

Espécies	Componente principal		Rendimento
	Nome	Teor (%)	(%)*
Óleos Medicinais			
<i>E. camaldulensis</i>	Cineol	80-90	0,3-2,8
<i>E. cneorifolia</i>	Cineol	40-90	2,0
<i>E. dives</i> (var. <i>cineol</i>)	Cineol	60-75	3,0-6,0
<i>E. dumosa</i>	Cineol	33-70	1,0-2,0
<i>E. elaeophora</i>	Cineol	60-80	1,5-2,5
<i>E. globulus</i>	Cineol	60-85	0,7-2,4
<i>E. leucoxydon</i>	Cineol	65-75	0,8-2,5
<i>E. oleosa</i>	Cineol	45-52	1,0-2,1
<i>E. polybractea</i>	Cineol	60-93	0,7-5,0
<i>E. radiata</i> subesp. <i>radiata</i> (var. <i>cineol</i>)	Cineol	65-75	2,5-3,5
<i>E. sideroxydon</i>	Cineol	60-75	0,5-2,5
<i>E. smithii</i>	Cineol	70-80	1,0-2,2
<i>E. tereticornis</i>	Cineol	45	0,9-1,0
<i>E. viridis</i>	Cineol	70-80	1,0-1,5
Óleos Industriais			
<i>E. dives</i> (var. <i>felandreno</i>)	Felandreno	60-80	1,5-5,0
<i>E. dives</i> (var. <i>piperitona</i>)	Piperitona	40-56	3,0-6,5
<i>E. elata</i> (var. <i>piperitona</i>)	Piperitona	40-55	2,5-5,0
<i>E. radiata</i> subesp. <i>radiata</i> (var. <i>felandreno</i>)	Felandreno	35-40	3,0-4,5
Óleos para Perfumaria			
<i>C. citriodora</i> (var. <i>citronelal</i>)	Citronelal	65-80	0,5-2,0
<i>E. macarthurii</i>	Acetato de geranila	60-70	0,2-1,0
<i>E. staigeriana</i>	Citral (<i>E + Z</i>)	16-40	1,2-1,5

* Rendimento com base na massa de folha fresca. Fonte: Vieira, 2004.

Muitas espécies de eucalipto são ricas em compostos monoterpênicos, sendo as espécies com fins medicinais ricas em cineol (mínimo de 70%), enquanto aquelas de aplicação industrial destacam-se pelo teor de felandreno e piperitona e as de uso na perfumaria são ricas em citronelal, citral ou acetato de geranila. No Brasil, a principal espécie produtora de óleo medicinal é a *Eucalyptus globulus*, enquanto que a

espécie produtora de óleo para a perfumaria é a *C. citriodora*, rica em citronelal, ao lado de *E. staigeriana*, rica em citral (Bizzo *et al.*, 2009).

2.4.2 – Eucaliptol (1,8-cineol)

O monoterpeno 1,3,3-trimetil-2-oxabicyclo[2.2.2]octano conhecido como eucaliptol, cajepulol (Arctander; 1969), 1,8-cineol ou cineol está presente nos óleos essenciais de várias espécies de plantas (Harborne, 1993,). É um dos mais importantes compostos extraídos de espécies do gênero *Eucalyptus*, principalmente devido à suas propriedades antibacterianas e expectorantes (Leung e Foster, 1996). É abundante nas folhas e seu teor no óleo essencial de diferentes espécies de eucalipto varia entre 25 e 90% (Ghisalberti, 1996; Leung and Foster, 1996).

É tradicionalmente usado como agente aromatizante de alimentos, bem como no tratamento de sintomas de doenças respiratórias agravadas por infecção e na aromaterapia como um estimulante da pele (Pattnaick *et al.*, 1997). Cineol também é freqüentemente empregado em diversas formulações pela indústria farmacêutica (Gao e Singh, 1998).

Apresenta-se na forma de um líquido límpido, incolor, de odor aromático, canforáceo característico, de sabor picante seguido da sensação de frescor e ponto de ebulição de 175 °C (Arctander; 1969).

Estudos revelam que o cineol reduz o crescimento em células cancerígenas (leucemia), além de possuir um comportamento não-reativo e não tóxico, atividades antiinflamatória, antimicrobiana e nematicida (De Vincenzi *et al.*, 2002).

2.5 – Atividades Biológicas de Óleos Essenciais de *Eucalyptus* L' Héritier

Várias propriedades biológicas têm sido atribuídas aos óleos essenciais do gênero *Eucalyptus*, entre estas, atividade larvicida, sobre culicídeos (Cheng *et al.*, 2009; Lucia *et al.*, 2008), a atividade inseticida contra coleópteros (Brito *et al.*, 2006), atividade larvicida, inseticida e de repelência sobre os dípteros *Lutzomyia longpalpis* (Maciel *et al.*, 2010) e

Phlebotomus papatasi (Yaghoobi-Ershadi *et al.*, 2006). Estas e várias outras propriedades biológicas dos óleos essenciais de eucalipto são apresentadas a seguir.

2.5.1 – Atividade inseticida/repelente de insetos

Muitos metabólitos secundários de plantas são conhecidos por suas propriedades inseticidas, inclusive os óleos essenciais (Spitzer, 2004) e, em muitos casos, as plantas têm um histórico de uso como remédios caseiros para matar ou repelir insetos (Broussalis *et al.*, 1999). Nas últimas décadas, pesquisas sobre as interações entre plantas e insetos revelaram o potencial de uso de metabólitos vegetais ou de aleloquímicos para esta finalidade (Pavela, 2004).

Óleos essenciais e extratos de gênero *Eucalyptus* apresentaram alta repelência contra *Ixodes ricinus*, *Aedes albopictus*, *Mansonia sp.* e *Pediculus humanus capitis* (Yang e Ma, 2005; Toloza *et al.*, 2008); baixa atividade para *Aedes aegypti* e larvas de *Cydia pomonella* (Gillij *et al.*, 2008), e nenhum efeito sobre a *Lasioderma serricorne* (besouro de cigarro) (Hori, 2003). Repelentes à base de óleos de eucalipto foram formulados e avaliados contra os mosquitos do gênero *Leptoconops* (Carroll e Loye, 2006).

O óleo essencial de *E. camaldulensis* apresenta atividade repelente contra fêmeas adultas do mosquito *Culex pipiens* um dos vetores primários de vírus que causa mortalidade aviária (Erlar *et al.*, 2006). O óleo das folhas desta espécie também apresenta excelente atividade larvicida contra os mosquitos *Aedes aegypti* (Lucia A. *et al.*, 2008; Cheng *et al.*, 2009) e para *A. albopictus*, primeiro e segundo principais vetores da dengue, respectivamente. Esta atividade também foi verificada para seis dos constituintes isolados do óleo essencial, entre eles o α -terpineno, que foi o mais ativo (Cheng *et al.*, 2009). Causa também deteriorização em ovos do besouro *Tribolium confusum* e mortalidade da mariposa *Ephestia kuehniella*, pestes comuns de produtos estocados (Tunc *et al.*, 2000).

Os óleos de outras cinco espécies de *Eucalyptus*, *E. dunnii* Maiden, *E. gunnii* Hook, *E. tereticornis* Smith e *E. saligna* Smith também apresentam atividade larvicida para o *Aedes aegypti* (Lucia, A. *et al.*, 2008)

Os óleos de *E. globulus* tem ação repelente, reduz a fecundidade, provoca diminuição da eclosão dos ovos e aumento da mortalidade neonatal das larvas, influenciando negativamente na reprodução do besouro *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae), que provoca elevadas perdas de feijão armazenado (Papachristos e Stamopoulos, 2004). O óleo desta mesma espécie provoca morte das pupas de mosca doméstica (*Musca domestica*) (Abdel Halim e Morsy, 2005). É tóxico para larvas de *Aedes aegypti* (Lucia *et al.*, 2007), e provoca morte do *Pediculus humanus* (piolho do corpo humano) (Yang *et al.*, 2004). Também apresentou atividade larvicida e inseticida para *Lutzomyia longpalpis*, principal vetor transmissor da Leishmaniose no Brasil e na América do Sul (Maciel *et al.*, 2010).

O óleo de *E. staigeriana* e *C. citriodora* foram também ativos para *Lutzomyia longpalpis*, sendo que o óleo de *E. staigeriana*, constituído majoritariamente por limoneno, Z-citral e E-citral, foi o mais ativo de todos (Maciel *et al.*, 2010).

2.5.2 – Atividade Acaricida

Carrapatos são artrópodes sugadores obrigatórios de sangue e estão entre os ectoparasitas mais nocivos aos animais domésticos e silvestres, bem como, são importantes vetores de patógenos em humanos e animais (Samish e Rehacek, 1999). Os óleos essenciais e seus componentes podem ser efetivamente utilizados para combater carrapatos e ácaros (Yatagai, 1977; Saad *et al.*, 2006). Óleos de espécies de *Eucalyptus* ricos em cineol tem se mostrado eficazes contra o ácaro *Varroa jacobsoni*, um importante parasita de abelhas (Calderone e Spivak, 1995), *Tetranychus urticae* e *Phytoseiulus persimilis* (Choi *et al.*, 2004) e *Dermatophagoides pteronyssinus* (Saad *et al.*, 2006). Baseado em seu estudo, Choi *et al.* (2004) concluíram que os óleos essenciais de eucalipto podem ser utilizados como carrapaticidas naturais para o controle de *T. urticae*.

Chagas *et al.* (2002) avaliaram a atividade biocida de óleos essenciais de *Eucalyptus citriodora*, *E. globulus* e *E. staigeriana* contra o *Boophilus microplus* e concluíram que os óleos de eucalipto podem ser usados como acaricidas ecologicamente e ambientalmente seguros.

George *et al.*, (2009) também avaliaram a atividade acaricida dos óleos destas três espécies, além daquele obtido de *E. radiata*, para *Dermanyssus gallinae*, conhecido como ácaro vermelho de aves, um hematófago cosmopolita, parasita de galinhas e outras aves domésticas e silvestres. Neste caso, os óleos mais ricos em 1,8-cineol (*E. radiata* e *E. globulus*) foram os menos ativos. Os mais ativos foram os óleos de *C. citriodora* e *E. staigeriana*. Esta atividade parece estar diretamente relacionada à complexidade (maior número de constituintes químicos) dos óleos essenciais.

2.5.3 – Atividade antimicrobiana e antiviral

A maioria dos óleos essenciais apresenta atividade antimicrobiana devido à presença de terpenóides e compostos fenólicos. As propriedades antimicrobianas destes compostos são, em parte, associadas ao seu caráter lipofílico, que provoca seu acúmulo nas membranas e eventos subseqüentes como esgotamento de energia (Conner, 1993). Compostos fenólicos de óleos essenciais atuam nos fosfolipídios da membrana celular, causando um aumento de permeabilidade e extravasamento de componentes intracelulares ou insuficiência de sistemas de enzimas microbianas (Moreira *et al.*, 2005).

Vários estudos têm evidenciado as propriedades antimicrobianas de óleos essenciais de *Eucalyptus* sobre uma gama de microrganismos. Esses estudos, no entanto, estão focados nos óleos de poucas espécies, especialmente, de *C. citriodora*, que tem demonstrado ampla atividade antifúngica (Gilles *et al.*, 2010). Outros estudos também têm focado principalmente as propriedades antifúngicas de óleos essenciais de eucalipto (Dhaliwal *et al.*, 2004; Ramezani *et al.*, 2002; Somda *et al.*, 2007) enquanto poucos estudos investigaram sua atividade contra bactérias patogênicas e

leveduras que causam deterioração dos alimentos (Delaquis *et al.*, 2002; Moreira *et al.*, 2005; Sartorelli *et al.*, 2007).

Su *et al.* (2006) demonstraram a atividade antifúngica de óleos essenciais de *E. grandis*, *E. camaldulensis* e *C. citriodora* contra fungos que provocam apodrecimento de madeira (*Aspergillus clavatus*, *A. niger*, *Chaetomium globosum*, *Cladosporium Cladosporioides*, *Myrothecium verrucaria*, *Penicillium citrinum*, *Trichoderma viride*, *Trametes versicolor*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Phaeolus schweinitzii* e *Lenzites sulphureus*). Os resultados obtidos nesses estudos indicam que estes óleos essenciais podem ser uma excelente alternativa na preservação de artefatos de madeira.

Trivedi e Hotchandani (2004) mostraram que cepas de *Klebsiella* spp., *Proteus* spp., *Pseudomonas* spp., *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* resistentes aos antimicrobianos convencionais (tobramicina, gentamicina, amicacina, ciprofloxacina, cloranfenicol e cefotaxima) foram inibidas por óleos de eucalipto comercialmente disponíveis contendo 63% de 1,8-cineol.

Cimanga *et al.* (2002) demonstraram a atividade antibacteriana de óleo essencial extraído de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. alba*, *C. citriodora*, *E. deglupta*, *E. globulus*, *E. saligna*, *E. robusta* contra *Pseudomonas aeruginosa*. Eles concluíram que os óleos essenciais foram mais eficazes do que a atividade de seus componentes majoritários isolados, como o 1,8-cineol, α -pineno e *p*-cimeno. Resultado semelhante foi obtido por Hendry *et al.* (2009) que também verificaram a atividade antimicrobiana do óleo essencial de eucalipto (contendo 81% de 1,8-cineol) contra vários microrganismos (*S. aureus*, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans*). O 1,8-cineol isolado foi testado e foi menos ativo do que o próprio óleo essencial, demonstrando que outros constituintes também são importantes para a atividade antimicrobiana do óleo de eucalipto. Além do 1,8-cineol, vários outros terpenos, tais como canfeno, α -pineno, globulol e limoneno, podem contribuir para a atividade antimicrobiana deste óleo. Além disto, foi também observado um sinergismo, quando este óleo foi associado ao digluconato de clorexidina, um antisséptico de amplo espectro de atividade.

2.5.4 – Atividade Herbicida

Devido às taxas de crescimento rápido, ampla adaptabilidade (Gardner, 2007) e alta produtividade, as plantações de eucalipto geram grande retorno econômico. No entanto, há uma contínua controvérsia em relação às funções ecológicas do eucalipto. Alguns estudos indicam a redução da diversidade de espécies de sub-bosque de plantações de eucalipto causando degradação do solo além de seus efeitos alelopáticos sobre espécies nativas (Gareca *et al.*, 2007).

De fato, os efeitos alelopáticos dos óleos essenciais de *Eucalyptus* têm sido estudados intensivamente (El-Khawas e Shehata, 2005). Ácidos fenólicos e óleos voláteis liberados a partir de folhas, cascas e raízes de espécies do gênero *Eucalyptus* têm efeitos deletérios sobre outras espécies de plantas.

Portanto, os óleos essenciais extraídos de espécies de *Eucalyptus* exibem fitotoxicidade contra as ervas daninhas e têm um grande potencial para uso como herbicida natural (Verdeguer *et al.*, 2009; Batish *et al.*, 2008; Setia *et al.*, 2007).

Kohli *et al.* (1998) relataram que os óleos essenciais de *E. tereticornis* e *C. citriodora*, quando aplicados em forma de vapor, causam diminuição da germinação de sementes da planta daninha *Parthenium hysterophorus*. Além disso, a fumigação de plantas adultas com vapores do óleo de eucalipto reduziu o crescimento, teor de clorofila e água, e provocou diminuição da respiração celular. O óleo essencial de *C. citriodora* foi mais tóxico em relação ao de *E. tereticornis*. Esta diferença na toxicidade foi atribuída à variabilidade na constituição química dos óleos. O estudo concluiu que os óleos de eucalipto são promissores para o manejo de plantas daninhas.

Verdeguer *et al.* (2009) verificaram uma alta atividade fitotóxica do óleo essencial de *E. camaldulensis*, rico em espatulenol e *p*-cimeno, contra as espécies *Amaranthus hybridus*, uma planta daninha conhecida como caruru-roxo, e *Portulaca oleracea*, conhecida como beldroega. Apesar de *P. oleracea* ser uma rica fonte de ácidos graxos ômega-3, e apresentar uma série de propriedades biológicas, tais como diurética, antimicrobiana, entre

outras, também é considerada uma séria planta daninha na região do Mediterrâneo, sendo muito agressiva em climas tropicais e subtropicais.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Coleta e identificação do Material Vegetal

As folhas de *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. urophylla*, *E. robusta*, *E. paniculata*, *E. saligna*, *E. microcorys*, *E. cloeziana*, *E. pilularis* e do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (*E. urograndis*) foram coletadas em dezembro de 2009, em pontos aleatórios da copa das plantas cultivadas no arboreto do setor de Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal da UFV. Essas espécies foram obtidas de um cultivo realizado há aproximadamente 25 anos, a partir de mudas provenientes de doação à UFV pela empresa Acesita Energética, originárias da Austrália. Espécimes-testemunhas foram herborizadas e incorporadas ao herbário do do Setor de Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal (DEF) da UFV.

As amostras foram transportadas para o Laboratório de Análise e Síntese de Agroquímicos (LASA), do Departamento de Química (DEQ) da UFV, onde foram armazenadas à temperatura de -15 ± 4 °C até o momento das extrações dos óleos essenciais.

3.2 – Determinação do Teor de Matéria Seca

Para a determinação do teor de matéria seca foram utilizadas alíquotas de aproximadamente 3 g das diferentes amostras, em triplicatas. Estas foram colocadas em estufa a aproximadamente 100 °C por um período de 24 horas. Após este período, foi determinada a massa restante e calculado o teor médio de água das amostras (ASAE, 2000).

3.3 – Extração dos Óleos Essenciais

As folhas das plantas foram coletadas separadamente em pontos aleatórios da copa das árvores. O material vegetal, coletado de cada espécie de *Eucalyptus*, foi subdividido em três porções de 100 g, cortados em pequenos pedaços e, finalmente, submetidos à extração. O processo de extração do óleo essencial utilizado em todas as amostras foi hidrodestilação, por três horas consecutivas e em triplicata, utilizando-se um aparelho tipo Clevenger com algumas modificações. O óleo foi recolhido em frascos, e em seguida adicionado MgSO_4 anidro para a remoção da água remanescente. Procedeu-se a filtração em pipeta de Pasteur recheada com algodão. O equipamento tipo Clevenger foi também lavado com pentano (3 x 2,0 mL). Este foi recolhido em frasco com MgSO_4 anidro e submetido ao mesmo processo de filtração. Eliminou-se o pentano sob fluxo de N_2 gasoso.

Para as espécies *E. paniculata* e *E. pilularis* o óleo foi recolhido juntamente com a água devido a sua visível solubilidade em água, sendo que estes foram extraídos em funil de separação com éter dietílico (3 x 50 mL), sendo este removido utilizando-se evaporador rotativo.

O óleo obtido foi recolhido e acondicionado em frascos de vidro âmbar e mantido sob atmosfera de nitrogênio à temperatura de aproximadamente 0 °C, até o momento das análises cromatográficas e espectrométrica.

3.4 – Identificação e Quantificação dos Componentes dos Óleos Essenciais por Cromatografia em Fase Gasosa

Para a quantificação dos componentes dos óleos essenciais, utilizou-se cromatógrafo a gás Shimadzu GC-17A equipado com detector de ionização em chama (DIC) e coluna capilar de sílica fundida SPB-5 (30 m x 0,25 mm, espessura do filme de 0,25 μm) com as seguintes condições cromatográficas: gás de arraste N_2 sob fluxo de 1,8 mL min^{-1} ; temperatura do injetor, 220 °C, temperatura do detector, 240 °C; temperatura inicial da coluna 40 °C, isotérmica por 4 min., seguido de aquecimento a 3 °C min^{-1} até 240 °C, permanecendo isotérmica por 15 min; volume de injeção da

amostra: 1,0 μL (10 mg mL^{-1} em CH_2Cl_2); razão de split, 1:10; pressão da coluna, 115 kPa.

As análises foram realizadas em triplicata e a concentração de cada constituinte foi calculada pela porcentagem da área do pico correspondente em relação à área total de todos os picos observados no cromatograma.

Para a identificação dos componentes dos óleos essenciais, utilizou-se aparelho Shimadzu GC-17A equipado com coluna de sílica fundida RTX-5 (30 m \times 0,25 mm, espessura do filme de 0,25 μm) e acoplado a espectrômetro de massas Shimadzu GCMS-QP5050A. As condições cromatográficas foram idênticas às utilizadas no CG-DIC, exceto o gás de arraste, que foi o He, e a pressão da coluna, que foi 100 kPa. Com relação ao espectrômetro de massas, o processo de ionização foi por impacto de elétrons (70 eV) e a amplitude de varredura foi de 30 a 700 Da.

A identificação dos compostos foi realizada pela comparação dos espectros de massas obtidos experimentalmente com os disponíveis na base de dados do equipamento (Wiley sétima edição) e também pela comparação do índice de retenção relativo calculado a partir da injeção de uma mistura de alcanos lineares (C_9 – C_{26}) com aqueles da literatura (Adams, 1995).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Rendimento dos Óleos Essenciais

Para todas as espécies de *eucalyptus* analisadas foram obtidos óleos essenciais a partir de planta fresca (matéria fresca).

Os rendimentos dos óleos essenciais das espécies de *Eucalyptus*, cultivadas em Viçosa variaram de 0,13 a 3,00% em relação à matéria seca (Figura 2). Apresentaram maior rendimento de óleo as espécies *E. camaldulensis* (3,00%) e *E. tereticornis* (2,30%), seguidas de *E. microcorys* (1,70%), do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (1,56%), *E. saligna* (1,42%), *E. urophylla* (0,77%), *E. pilularis* (0,73%) e *E. paniculata* (0,60%). Os menores rendimentos foram apresentados pelas espécies *E. robusta* (0,34%), *E. grandis* (0,26) e *E. cloeziana* (0,13%). Em relação à matéria fresca, os rendimentos variaram de 0,07 a 1,36% (Figura 2).

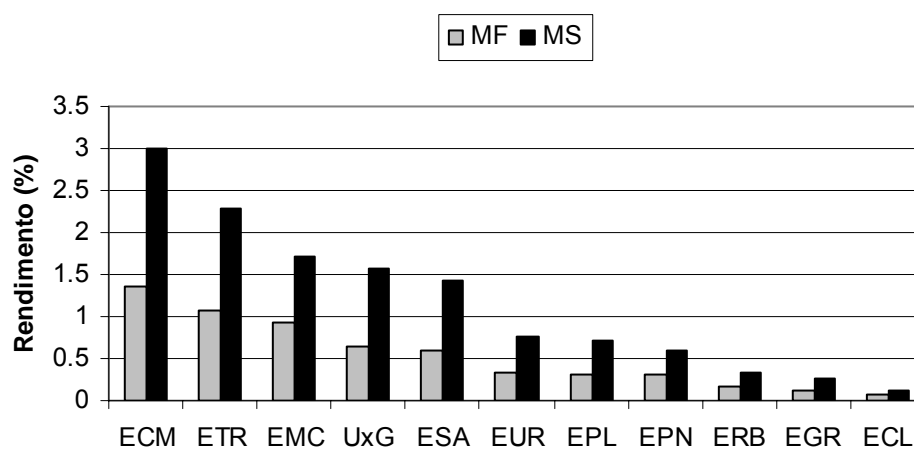


Figura 2 – Rendimento do óleo volátil das espécies *E. camaldulensis* (ECM), *E. tereticornis* (ETR), *E. microcorys* (EMC), *E. saligna* (ESA), *E. urophylla* (EUR), *E. pilularis* (EPL), *E. paniculata* (EPN), *E. robusta* (ERB), *E. grandis* (EGR), *E. cloeziana* (ECL) e do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (UxG), com base na matéria fresca (MF) e seca (MS).

E. camaldulensis, cultivado em Taiwan, apresentou rendimento de 0,5%, (Cheng *et al.*, 2009), menor rendimento em relação àquela espécie cultivada em Viçosa, (Tabela 5). Embora seja a mesma espécie, trata-se de

um quimiótipo distinto daquele cultivado no Brasil. Porém o mesmo quimiótipo dessa espécie que ocorre no Brasil, quando, cultivado na Nigéria, apresentou rendimento de apenas 0,2% (Oyedeji *et al.*, 1999). Fato semelhante se verificou em relação à *E. urophylla*, quando cultivado em Taiwan, apresentou rendimento de 2,2% (Cheng *et al.*, 2009), bastante superior àquele observado para a espécie cultivada em Viçosa, sendo ambas do mesmo quimiótipo.

E. grandis cultivado na Argentina apresentou rendimento de 0,36%, semelhante ao cultivado em Viçosa, e *E. tereticornis* cultivado tanto na Argentina como na África apresentaram rendimento inferior (0,6% e 0,45%, respectivamente) (Tolozza *et al.*, 2008; Cimanga *et al.*, 2002). O mesmo foi observado para *E. saligna* cultivado na África (Cimanga *et al.*, 2002) que apresentou rendimento de 0,7%. Esse rendimento corresponde à metade do rendimento da espécie cultivada no Brasil (1,4%). Já *E. urophylla* e *E. robusta* cultivadas também na África, assim como as do Brasil, apresentaram baixo rendimento (0,5% e 0,13%, respectivamente) (Cimanga *et al.*, 2002) em relação às demais espécies.

A comparação do rendimento de espécies de *Eucalyptus* cultivadas em Goiás (Estanislau *et al.*, 2001) e em Viçosa revelou diferenças significativas. *E. microcorys*, *E. grandis* e *E. cloeziana* cultivadas em Goiás apresentaram maior rendimento em relação às de Viçosa. O contrário foi observado para *E. saligna* (Tabela 4).

Segundo West (1990), fatores climáticos são responsáveis por parte da variabilidade encontrada na produção de terpenóides. Além dos fatores climáticos, a variabilidade genética é outro fator importante que influencia na produção do óleo essencial em *Eucalyptus* (Doran, 1991). Outros fatores como fertilidade do solo, fotoperíodo, temperatura, umidade e altitude exercem grande influência sobre o metabolismo secundário vegetal (Corrêa *et al.*, 1994).

Tabela 4. Rendimento (%) do óleo essencial de *Eucalyptus* cultivados em diferentes regiões.

Espécies	Local	Rendimento (%)	Referência
<i>E. camaldulensis</i>	Argentina	0,39	Tolozza <i>et al.</i> 2008
	Nigéria	0,20	Oyedeeji <i>et al.</i> 1999
	Taiwan	0,50	Cheng <i>et al.</i> 2009
	Viçosa – MG, Brasil	3,00	Este trabalho
<i>E. tereticornis</i>	Argentina	0,60	Tolozza <i>et al.</i> 2008
	Congo, África	0,45	Cimanga <i>et al.</i> 2002
	Viçosa – MG, Brasil	2,30	Este trabalho
<i>E. microcorys</i>	Congo, África	0,13	Cimanga <i>et al.</i> 2002
	Silvânia – GO, Brasil	2,50	Estanislau <i>et al.</i> 2001
	Viçosa – MG, Brasil	1,70	Este trabalho
<i>E. saligna</i>	Congo, África	0,70	Cimanga <i>et al.</i> 2002
	Silvânia – GO, Brasil	0,50	Estanislau <i>et al.</i> 2001
	Viçosa – MG, Brasil	1,42	Este trabalho
<i>E. urophylla</i>	Taiwan	2,20	Oyedeeji <i>et al.</i> 1999
	Congo, África	0,53	Cimanga <i>et al.</i> 2002
	Viçosa – MG, Brasil	0,77	Este trabalho
<i>E. pilularis</i>	Viçosa – MG, Brasil	0,73	Este trabalho
<i>E. paniculata</i>	Viçosa – MG, Brasil	0,60	Este trabalho
<i>E. robusta</i>	Congo, África	0,13	Cimanga <i>et al.</i> 2002
	Viçosa – MG, Brasil	0,34	Este trabalho
<i>E. grandis</i>	Argentina	0,36	Tolozza <i>et al.</i> 2008
	Silvânia – GO, Brasil	2,00	Estanislau <i>et al.</i> 2001
	Viçosa – MG, Brasil	0,26	Este trabalho
<i>E. cloeziana</i>	Silvânia – GO, Brasil	0,70	Estanislau <i>et al.</i> 2001
	Viçosa – MG, Brasil	0,13	Este trabalho
<i>E. urograndis</i>	Viçosa – MG, Brasil	1,56	Este trabalho

4.2 – Composição Química dos Óleos Essenciais

As espécies de *Eucalyptus* estudadas apresentaram composição química variada (Tabela 5). Observou-se predominância de monoterpenos hidrocarbonetos nas espécies *E. saligna* (95,7%), *E. robusta* (89,8%), *E. grandis* (89,0%), *E. tereticornis* (65,4%), *E. pilularis* (50,5%), e na *E. urograndis* (56,4%). As espécies com maior teor de monoterpenos oxigenados foram *E. microcorys* (85,0%), *E. urophylla* (75,0%), *E. camaldulensis* (47,3%). Apenas *E. cloeziana* e *E. paniculata* apresentaram maiores teores de sesquiterpenos oxigenados (41,4% e 41,2% respectivamente) (Figura 3).

As espécies que apresentaram maiores proporções de 1,8-cineol foram *E. microcorys* (66,2%), *E. urophylla* (65,4%), *E. camaldulensis* (44,8%) e o híbrido *urophylla* x *grandis* (33,0%). A espécie de *E. urophylla* cultivada em Taiwan também apresentou como componentes majoritários 1,8-cineol (58,3%) e acetato de α -terpinila (14,8%) (Cheng *et al.*, 2009) constituindo o mesmo quimiótipo ocorrente em espécies cultivadas no Brasil.

Tabela 5. Composição química dos óleos voláteis das espécies *E. camaldulensis* (ECM), *E. tereticornis* (ETR), *E. micrcorys* (EMC), *E. saligna* (ESA), *E. urophylla* (EUR), *E. pilularis* (EPL), *E. paniculata* (EPN), *E. robusta* (ERB), *E. grandis* (EGR), *E. cloeziana* (ECL) e do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (UxG)

Componentes	SS*									SI*	SM*	HB*
	IRR	EGR	ECM	ETR	EUR	ERB	EPN	ESA	EMC	ECL	EPL	UxG
MH**												
1. α -Tujeno	922	-	0,6±0,0	0,8±0,0	-	1,0±0,2	-	-	-	-	0,5±0,2	-
2. α -pineno	929	-	1,7±0,1	13,6±0,5	5,0±1,0	16,6±3,5	1,9±0,4	92,3±0,7	9,9±3,0	27,5±4,0	0,6±0,3	53,4±0,9
3. Canfeno	944	-	-	-	-	-	-	-	1,1±0,2	-	-	-
4. β -pineno	971	-	0,2±0,0	22,4±0,4	-	11,8±0,2	-	-	-	0,5±0,1	-	-
5. β -mirreno	988	-	0,6±0,0	0,6±0,0	-	0,7±0,1	-	-	-	-	-	-
6. α -felandreno	1005	0,2±0,0	22,9±1,0	10,3±0,3	-	36,6±4,0	2,0±0,6	0,5±0,0	-	-	5,6±1,5	0,3±0,0
7. α -terpineno	1011	-	1,3±0,0	0,7±0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
8. p -cimeno	1027	59,6±3,3	9,8±0,5	8,1±0,2	-	14,8±1,5	19,4±1,8	0,9±0,1	1,6±0,0	-	38,0±8,6	-
9. β -felandreno		-	-	-	-	-	2,5±0,1	-	-	-	3,1±0,3	-
10. Limoneno	1031	-	-	-	2,0±0,0	7,1±0,9	-	2,0±0,0	-	-	-	-
11. Z - β -ocimeno	1037	-	-	-	5,3±0,2	-	-	-	-	-	-	2,7±0,2
12. E - β -ocimeno	1047	-	-	-	1,4±0,4	-	-	-	-	-	2,4±1,0	-
13. γ -terpineno	1062	29,2±2,4	1,5±0,0	8,4±0,3	-	1,2±0,4	-	-	-	-	0,3±0,0	-
14. Terrpinoleno	1083	-	1,7±0,0	0,5±0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
MO**												
15. Isobutirato de isoamila	1009	-	-	-	-	-	-	0,6±0,0	-	-	-	-
16. 1,8-cineol	1031	1,5±0,0	44,8±0,8	19,3±0,2	65,4±1,8	-	-	-	66,2±0,2	2,2±0,3	-	33,0±1,0
17. <i>endo</i> -fenchol	1116	-	-	-	-	-	-	-	2,2±0,3	-	-	-
18. α -canfolenal	1121	-	-	-	-	-	-	1,3±0,3	-	-	-	-
19. <i>E</i> -pinocarveol	1135	-	-	-	-	-	-	-	5,8±0,6	-	-	-
20. Pinocarvona	1160	-	-	-	-	-	-	-	5,3±0,6	-	-	-
21. Borneol	1171	-	-	-	-	-	-	-	3,0±0,3	-	-	0,4±0,0
22. Terpinen-4-ol	1173	0,2±0,1	1,5±0,0	1,0±0,0	-	0,7±0,1	1,4±0,1	-	-	-	1,0±1,0	-
23. α -terpineol	1186	-	1,0±0,0	0,8±0,0	1,0±0,1	0,8±0,1	-	-	2,5±0,5	-	-	1,6±0,2
24. Acetato de α -terpinila	1346	-	-	-	8,4±0,6	-	-	-	-	-	-	2,7±0,1
25. Acetato de geranila	1379	-	-	-	0,2±0,0	-	-	-	-	-	-	-

SH**		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26. α -gurjuneno	1402	-	0,9±0,0	1,5±0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
27. <i>E</i> -cariofileno	1412	1,5±0,2	-	-	2,9±0,4	0,7±0,2	6,7±0,5	-	-	1,4±0,3	-	1,4±0,1
28. β -gurjuneno	1435	-	-	1,1±0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
29. Aromadendreno	1432	-	4,0±0,4	4,0±0,1	-	0,8±0,6	-	-	-	5,3±3,0	-	-
30. α -humuleno	1447	0,5±0,0	-	-	-	-	2,6±0,2	-	-	-	-	-
31. Aloaromadendreno	1454	-	1,1±0,0	1,8±0,1	-	-	0,9±0,0	-	-	-	1,1±0,2	-
32. Viridifloro	1487	-	1,2±0,0	-	-	-	0,6±0,1	-	-	-	-	1,0±0,0
33. Biciclogermacreno	1489	-	-	-	-	-	1,8±0,5	-	-	-	-	-
34. <i>cis</i> - β -guaieno	1490	0,8±0,2	-	-	-	-	-	0,4±0,0	-	-	-	-
35. Valenceno	1492	-	-	1,8±0,0	-	-	-	-	-	3,1±0,0	0,4±0,0	-
36. γ -cadineno	1518	-	-	-	2,0±0,3	1,8±0,8	-	-	-	-	0,5±0,3	0,7±0,0
37. Cadina-1,4-dieno	1525	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2±0,6	-
SO**		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38. Ledol	1560	0,2±0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39. Espatuleno	1573	1,7±0,2	-	0,7±0,0	-	-	22,6±0,4	0,4±0,0	-	10,4±0,1	-	-
40. Isoespatuleno	1577	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,0±0,4	-
41. Globulol	1578	0,6±0,1	2,8±0,2	1,4±0,0	0,4±0,0	0,4±0,2	10,4±1,4	-	0,9±0,1	4,2±0,0	4,2±0,8	-
42. Viridiflorol	1586	0,5±0,1	0,3±0,0	-	0,6±0,0	-	6,4±2,0	-	-	1,7±0,3	0,2±0,0	-
43. 10-epi- γ -eudesmol	1626	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0±0,1	-	-
44. Hinesol	1635	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0±0,1	-	-
45. δ -Cadinol	1639	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4±0,2	-
46. α -Muurolo	1640	-	-	-	-	-	1,7±0,4	-	-	-	-	-
47. β -Eudesmol	1651	-	-	-	-	-	-	-	-	11,3±1,0	-	-
48. α -Eudesmol	1654	-	-	-	-	-	-	-	-	10,8±0,7	-	-
49. Não identificado	1481	-	-	-	-	-	-	-	-	3,1±0,3	-	-
50. Não identificado	1628	-	-	-	-	-	-	-	-	5,7±0,3	-	-
51. Não identificado	1738	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,0±1,7	-
IDENTIFICADOS		96,5	97,9	98,8	94,6	95,0	81,0	98,4	98,5	81,4	70,5	97,2
MH/MO		89,0/1,7	40,3/47,3	65,4/21,1	13,7/75,0	89,8/1,5	25,9/1,4	95,7/1,9	12,6/85,0	28,0/2,2	50,5/1,0	56,4/37,7
SH/SO		2,8/3,0	7,2/3,1	10,2/2,1	4,9/1,0	3,3/0,4	12,4/41,2	0,4/0,4	0,0/0,9	9,8/41,4	5,2/27,8	3,1/0,0

*SS – Subgênero *Symphomyrtus*; SI – Subgênero *Idiogenes*; SM – Subgênero *Monocalyptus*; HB – Híbrido.

**MH - Hidrocarbonetos monoterpenos, MO - Monoterpenos oxigenados, HS - hidrocarbonetos sesquiterpenos, SO- sesquiterpenos oxigenados.

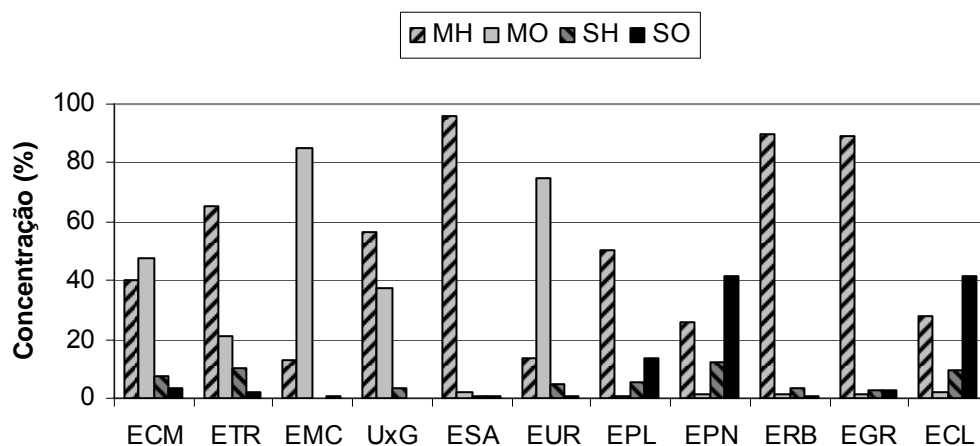


Figura 3 – Concentração de monoterpenos hidrocarbonetos (MH), monoterpenos oxigenados (MO), sesquiterpenos hidrocarbonetos (SH) e sesquiterpenos oxigenados (SO) nos óleos voláteis das espécies *E. camaldulensis* (ECM), *E. tereticornis* (ETR), *E. microcorys* (EMC), *E. saligna* (ESA), *E. urophylla* (EUR), *E. pilularis* (EPL), *E. paniculata* (EPN), *E. robusta* (ERB), *E. grandis* (EGR), *E. cloeziana* (ECL) e do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (UxG).

O 1,8-cineol é uma matéria-prima facilmente obtida a partir de óleos essenciais de eucalipto. Sua transformação em compostos mais valiosos é reconhecida como de grande potencial econômico para indústrias de alimentos e perfumes (Garcia *et al.*, 2009). É amplamente utilizado em preparações farmacêuticas, como por exemplo, em *spray* nasal ou como desinfetante. Além disso, ele é usado em cosméticos e para o tratamento da tosse, dor muscular, reumatismo, asma e cálculos urinários (Miyazawa *et al.*, 2001; Madyastha *et al.*, 1986). Estudos relatam seu efeito inibitório sobre a produção de mediadores inflamatórios, como citocinas, prostaglandinas e leucotrienos (Juergens *et al.*, 1998). Além disso, possui comprovada atividade antimicrobiana (Pattnaick *et al.*, 1997) e antitumoral (Moteki *et al.*, 2002).

A atividade antimicrobiana de óleos essenciais de espécies de *Eucalyptus* tem sido atribuída à presença deste composto. Óleos essenciais de espécies como *E. staigeriana* com cerca de 35% de 1,8-cineol apresentaram alta atividade antimicrobiana contra *S. aureus* (Rosato *et al.*, 2007), *Fusarium solani* (Pitarokili *et al.*, 2003), *E. coli* e *Bacillus subtilis* (Sonboli *et al.*, 2006).

Doran (1991) classificou espécies com teor de 1,8-cineol a partir de 33% como “espécies utilizadas para produção de óleo essencial medicinal”. De acordo com esta classificação, *E. microcorys*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* cultivados em Viçosa podem ser consideradas como produtoras de óleo essencial de uso medicinal.

O alto conteúdo de 1,8-cineol pode ser observado também em espécies de *E. camaldulensis* e *E. urophylla* cultivadas no Congo (África) e *E. microcorys* cultivada em Goiás, Brasil. *E. camaldulensis* apresentou 58,9% deste composto (Cimanga *et al.*, 2002). Mas diferente daquelas espécies cultivadas no Brasil, não apresentou α -felandreno e apresentou baixas quantidades de β -pineno (0,1%). *E. camaldulensis* cultivados em Valencia (Espanha) e em Taiwan constituem quimiótipos diferentes entre si e diferentes também daquele ocorrente no Brasil. O quimiótipo da Espanha apresenta espatulenol (41,4%) e *p*-cimeno (21,9%) como componentes majoritários (Verdeguer *et al.*, 2009) e aqueles cultivados em Taiwan apresentam α -pineno (22,5%), *p*-cimeno (21,7%) e α -felandreno (20,0%) em maiores proporções (Cheng *et al.*, 2009).

Já *E. urophylla* cultivado na África apresentou 57,7% de 1,8-cineol, não apresentou acetato de α -terpinila, mas em contrapartida verificou-se a ocorrência de α -pineno (10%) (Cimanga *et al.*, 2002), que não foi observada em espécies cultivadas no Brasil. *E. microcorys* cultivadas em Goiás apresentou 86,7% de 1,8-cineol, maiores teores que a mesma espécie cultivada em Viçosa (66,2% de 1,8-cineol), porém apresentaram também α -pineno (9,9%).

Eucalyptus grandis possui *p*-cimeno (59,6%) e γ -terpineno (29,2%) como componentes majoritários do óleo essencial (Tabela 5). Poucos são os trabalhos encontrados na literatura sobre os óleos voláteis desta espécie. Lucia *et al.* (2007) encontraram como componentes majoritários dos óleos essenciais de *Eucalyptus grandis* cultivados na Argentina os terpenos α -pineno (52,7%) e 1,8-cineol (18,3%). Nos óleos desta espécie cultivada no Brasil não se verificou a ocorrência de α -pineno e observaram-se baixas concentrações de 1,8-cineol (1,5%). Portanto pode-se verificar que o

quimiótipo ocorrente no Brasil é aquele com maiores proporções de *p*-cimeno.

O *p*-cimeno é um líquido, sem coloração, de odor agradável, insolúvel em água e apresenta atividade antimicrobiana (Souza *et al.*, 2007). É um produto importante na indústria química, principalmente como solvente industrial de tintas e vernizes, produção de resinas sintéticas e *orto*-cresol. É usado em perfumarias e como fluido térmico.

Outros estudos têm demonstrado a atividade antioxidante do monoterpeneo γ -terpineno, capaz de evitar a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade LDL (Grassmann *et al.* 2000; 2001; 2002), prevenindo a aterosclerose, já que estas lipoproteínas são as principais transportadoras de colesterol ou seu éster no plasma, e sua oxidação teria um papel chave na aterogênese (Chisolm e Steinberg, 2000). Uma vez que as lesões vasculares são formadas, o LDL pode ser oxidado por diferentes mecanismos como, por exemplo, macrófagos, lipoxigenases, mieloperoxidase (Cathcart e Folcik, 2000). O LDL oxidado contribui para a formação de estrias gordurosas, que representam o primeiro passo na aterogênese.

Assim a espécie *Eucalyptus grandis* cultivada no Brasil é um quimiótipo com óleos essenciais ricos em terpineno sendo de grande importância econômica como fonte deste composto que possui importantes atividades biológicas.

Eucalyptus tereticornis apresentou como componentes majoritários β -pineno (22,4%), 1,8-cineol (19,3%), α -pineno (13,6%) seguido de α -felandreno (10,3%), γ -terpineno (8,4%) e *p*-cimeno (8,1%). O óleo essencial de *E. tereticornis* cultivado, na República Democrática do Congo, apresentou diferentes quantidades dos componentes majoritários em relação aos óleos do Brasil (Tabela 6), com proporções bem menores de β -pineno (2,5%), 1,8-cineol (6,2%), α -pineno (8,3%), α -felandreno (1,6%), γ -terpineno (0,8%). Porém, apresentou maiores proporções de *p*-cimeno (28,6%), além de dois compostos não verificados nos óleos do Brasil: criptona (17,8%) e cuminaldeído (6,5%) (Cimanga *et al.*, 2002). Já a mesma espécie cultivada na Argentina apresentou valores similares aos ocorrentes nos óleos essenciais do Brasil para 1,8-cineol, α -felandreno e *p*-cimeno e valores

discrepantes de β -felandreno, α -pineno, terpinen-4-ol e espatulenol (Tolozza *et al.*, 2008) (Tabela 6).

Variações temporais e espaciais no conteúdo total, bem como as proporções relativas de metabólitos secundários em plantas ocorrem em diferentes níveis (sazonais e diárias; intraplanta, inter- e intraespecífica) e, apesar da existência de um controle genético, a expressão pode sofrer modificações resultantes da interação de processos bioquímicos, fisiológicos, ecológicos e evolutivos (Darrow e Bowers, 1997)

Tabela 6. Comparação dos valores dos componentes majoritários dos óleos essenciais de *E. tereticornis* cultivados no Brasil, Argentina (Tolozza *et al.* 2008) e Congo (Cimanga *et al.* 2002).

Componentes	Brasil	Argentina	Congo
α -Tujeno	0,8	1,9	0,0
α -pineno	13,6	1,3	8,3
β -pineno	22,4	-	2,5
β -mirceno	0,6	1,5	1,3
1,8-cineol	19,3	18,5	6,2
α -felandreno	10,3	9,4	1,6
α -terpineno	0,7	1,0	-
<i>p</i> -cimeno	8,1	14,5	28,6
β -felandreno	-	22,6	-
γ -terpineno	8,4	2,3	0,8
Terpinoleno	0,5	-	-
Criptona	-	4,1	17,8
Terpinen-4-ol	1,0	5,8	1,7
α -terpineol	0,8	1,6	5,6
Aromadendreno	4,0	-	-
Aloaromadendreno	1,8	-	-
Valenceno	1,8	-	-
Espatulenol	0,7	6,8	1,8
Globulol	1,4	-	-
Óxido de Cariofileno	-	1,7	-
Cuminaldeído	-	-	6,5

Não foram encontrados, até o presente momento, trabalhos sobre o óleo essencial de *E. paniculata* cultivado no Brasil. O óleo desta espécie apresentou alto teor de espatulenol (22,6%) e *p*-cimeno (19,4%). Portanto, estudos futuros sobre a atividade bactericida do óleo desta espécie são recomendados, pois de acordo com Cimanga *et al.* (2002) os vários

componentes presentes no óleo essencial de *Eucalyptus* agem sinergicamente. Estes mesmos autores demonstraram a atividade antibacteriana de óleo essencial extraído de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. alba*, *C. citriodora*, *E. deglupta*, *E. globulus*, *E. saligna* e *E. robusta* contra *Pseudomonas aeruginosa*. Eles concluíram que os óleos essenciais foram mais eficazes do que a atividade de seus componentes majoritários isoladamente, tais como o 1,8-cineol, α -pineno e *p*-cimeno.

O óleo volátil de *E. saligna* apresentou 92,3% de α -pineno. A este composto tem sido atribuídas atividades repelentes de mosquitos (Wang *et al.*, 2008) e propriedades antimicrobianas. Os monoterpenos α -pineno e β -pineno são capazes de inibir a respiração e os processos de transporte de íons comprometendo assim a integridade celular. Eles também aumentam a permeabilidade da membrana das células de levedura e de mitocôndrias isoladas (Andrews *et al.*, 1980; Uribe *et al.*, 1985).

E. saligna parece possuir diferentes quimiótipos. Espécies cultivadas na República dos Camarões (África) apresentaram α -pineno (39,5%) como componente majoritário do óleo essencial, mas em proporções bem menores que as do Brasil, e apresentaram *p*-cimeno (31,1%), além de 1,8-cineol (9,8%) e terpineno (9,5%) (Tapondjou *et al.*, 2005). Espécies cultivadas na Argentina apresentaram 1,8-cineol como componente majoritário na proporção de 92,3% (Tolozza *et al.*, 2006; Gillij *et al.*, 2008) e aquelas cultivadas no Congo apresentaram 61,3% de 1,8-cineol e 10% de limoneno (Cimanga *et al.*, 2002). Espécies cultivadas na Nigéria apresentaram α -tujeno (63,8%) como componente majoritário seguido de 1,8-cineol (12,3%) (Oyedeki *et al.*, 1999). Portanto o quimiótipo de *E. saligna* ocorrente no Brasil é aquele rico em α -pineno, sendo excelente fonte deste composto.

Porém, além da ocorrência de quimiótipos, estudos recentes indicam que o óleo essencial de *E. saligna* varia de acordo com as fases fenológicas da planta. Sartorelli *et al.* (2007) encontraram *p*-cimeno (54,2%) e γ -terpineno (43,8%) como componentes majoritários para esta espécie coletada na fase vegetativa (sem flores), e α -pineno (45,1%) e *p*-cimeno (22,5%) durante a fase de floração. Desta forma, estudos futuros com esta espécie em floração, cultivada no Brasil são recomendados.

E. robusta apresentou α -felandreno (36,6%), α -pineno (16,6%), p -cimeno (14,8%) e β -pineno (11,8%) como componentes majoritários. Esta espécie, assim como as outras citadas neste trabalho, parece possuir diferentes quimiótipos. Cimanga *et al.* (2002) encontraram como componentes majoritários para os óleos essenciais de espécies cultivadas no Congo, os monoterpeno p -cimeno (27,3%) e mirtenal (12,8%). Sartorelli *et al.* (2006) encontram α -pineno (73,0%) como componente majoritário para esta espécie cultivada em São Paulo, Brasil. Desta forma, o quimiótipo de *E. robusta* cultivado em Viçosa, de acordo com a classificação de Doran (1991) para os óleos essenciais de *Eucalyptus*, pode ser enquadrado dentro daquelas que são consideradas principais produtoras de óleos essenciais para uso industrial, como *E. divers* (variedade felandreno) e *E. radiata* subesp. *radiata* (variedade felandreno).

E. cloeziana cultivada em Viçosa apresentou como componentes majoritários α -pineno (27,5%), β -eudesmol (11,3%), α -eudesmol (10,8%) e espatulenol (10,4%). Indivíduos desta espécie cultivados em Goiás apresentaram apenas dois componentes majoritários: α -pineno (29,5%), e mirceno (31,8%) (Estanislau *et al.*, 2001) sendo que este último não foi observado nas espécies cultivadas em Viçosa.

Para a espécie *E. pilularis* não foram encontrados, até o presente momento, dados disponíveis na literatura sobre a composição química dos seus óleos voláteis. Indivíduos cultivados em Viçosa apresentaram como componentes majoritários p -cimeno (38,0%), um componente ainda não identificado (14,0%) com índice de kovats de 1738, e o isoespátulenol (8,0%). A literatura relata outras espécies de *Eucalyptus* que apresentam como componente majoritário p -cimeno. Como exemplo, podemos citar as espécies *E. tereticormis* e *E. robusta*, (respectivamente, 28,6% e 27,3%) cultivados no Congo (África). Em relação ao componente não identificado deste óleo, os dados de espectrometria de massas (Figura 4) e o índice de Kovats sugerem que seja uma cetona sesquiterpênica com esqueleto tipo aromadendreno, provavelmente com estrutura muito semelhante à ciccolorenona (Schmidt, *et al.* 1999; Limberger, *et al.* 2006).

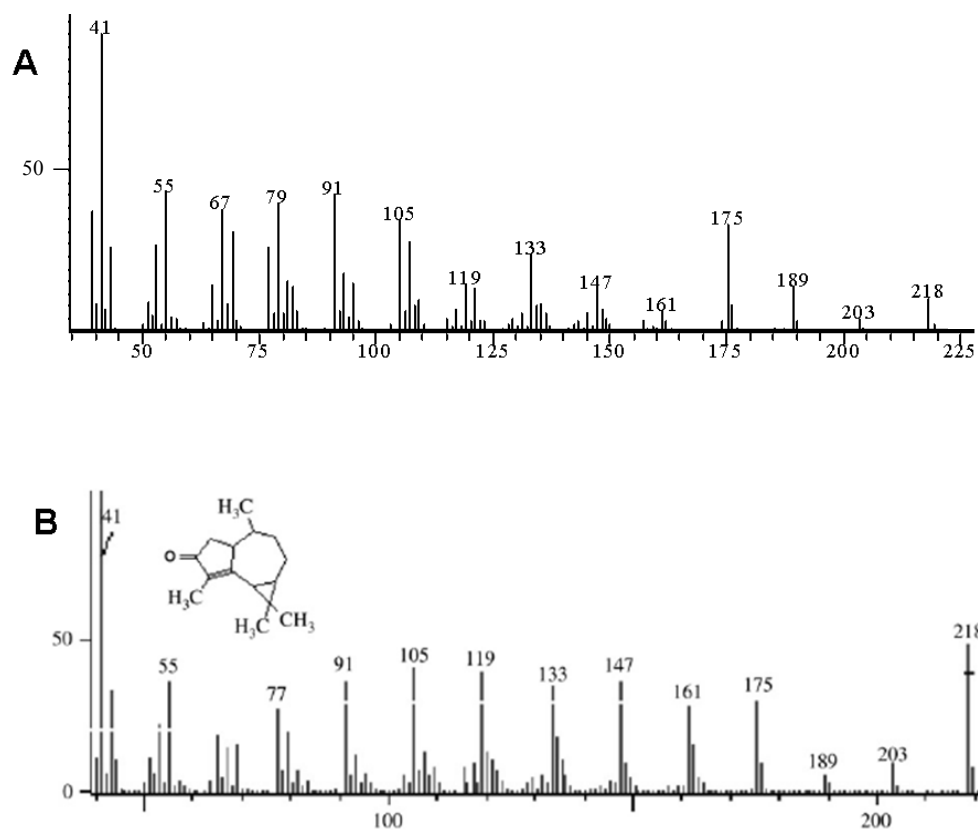


Figura 4 – (A) Espectro de massas do composto não identificado, com índice de Kovats 1738, presente no óleo essencial de *E. pilularis*. **(B)** Espectro de massas e estruturas da cetona sesquiterpênica ciclocolorenona (Extraído de Limberger, *et al.* 2006).

5 – CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Com o desenvolvimento deste trabalho pode-se concluir que as espécies e o híbrido cultivados em Viçosa constituem fontes promissoras para a exploração comercial de terpenos bioativos, destacando-se as espécies *E. microcorys*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* com alto teor de 1,8-cineol, o qual apresenta desde aplicações medicinais (broncodilatador, expectorante e antisséptico) até uso na indústria de produtos de limpeza. As espécies *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. cloeziana* e o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* com alto teor de α -pineno e β -pineno, que são matérias-primas importantes para a indústria de perfumes e cosméticos e para a indústria de química fina.

Como perspectivas futuras sugerem-se a avaliação sazonal destes óleos, para verificar possíveis modificações na constituição e rendimento dos óleos ao longo das estações do ano. A avaliação das atividades biológicas destes óleos também representa um campo de pesquisa promissor.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL HALIM, A.S.; MORSY, T.A. The insecticidal activity of Eucalyptus globules oil on the development of *Musca domestica* third stage larvae **Journal of the Egyptian Society of Parasitology**, v. 35, p. 631-636, 2005.

ADAMS, R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography / mass spectroscopy. **Allured Publishing Corporation**, IL, USA, 1995.

ARCTANDER, S. **Perfume and Flavor Chemicals (Aroma Chemicals)**, v. 1, Allured Publishing Co., NJ, USA, 1969.

ASAE. American Society of Agricultural Engineers; **Standards Engineering Practices Data, Moisture Measurement ASAE S358.2 DEC99, Forages**, 2000.

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.

BATISH, D.R.; SINGH, H.P.; KOHLI, R.K.; KAUR, S. *Eucalyptus* essential as natural pesticide. **Forest Ecology and Management**, v. 256, p. 2166–2174, 2008.

BENYAHIA, S.; BENAYACHE, S.; BENAYACHE, F.; LEON, F.; QUINTANA, J.; LOPEZ, M.; HERNANDEZ, J.C.; ESTEVEZ, F.; BERMEJO, J. Cladocalol, a pentacyclic 28-nor-triterpene from *Eucalyptus cladocalyx* with cytotoxic activity. **Phytochemistry**, v. 66, p. 627-632, 2005.

BIZZO, H.R; HOVELL, A.M.C.; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, p. 588-594, 2009

BOLAND, D.J.; BROPHY, J.J.; HOUSE, A.P.N. **Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing**. Melbourne: Inkata, p. 11-28, 1991.

BRITO, J.P.; OLIVEIRA, J.E.M.; BORTOLI, S.A. Toxicidade de óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, p. 96-103, 2006.

BROOKER, M.I.H.; KLEINIG, D. A. **Field guide to Eucalyptus (3rd ed.)**. Northern Australia Melbourne: Bloomings Books, v. 3, 2006.

BROUSSALIS, A.M.; FERRARO, G.E.; MARTINO, V.S.; PINZÓN, R.; COUSSIO, J.D.; ALVAREZ, J.C. Argentine plants as potential source of insecticidal compounds. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 67, p. 219-223, 1999.

CAL, K. Skin penetration of terpenes from essential oils and topical vehicles. **Planta Medica**, v. 72, p. 311-316, 2006.

CALDERONE, N.W.; SPIVAK, M. Plant extracts for control of the parasitic mite *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) in colonies of the western honey bee (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 88, p. 1211-1215, 1995.

CARROLLI, S.; LOYE, J. Field test of a lemon *eucalyptus* repellent against *Leptoconops biting* midges. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 22, p. 483-488, 2006.

CARSON, C.F.; MEE, B.J.; RILEY, T.V. Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 46, p. 1914-1920, 2002.

CATHCART, M.K; FOLCIK, V.A. Lipoxygenases and atherosclerosis: Protection versus pathogenesis. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 28, p. 1726-1734, 2000.

CHAGAS, A.C.S.; PASSOS, W.M.; PRATES, H.T.; LEITEM, R.C.; FURLONG, J.; FORTES, I.C.P. Acaricide effect of *Eucalyptus* spp. essential oils and concentrated emulsion on *Boophilus microplus*. **Brazilian Journal Veterinary of Research and Animal Science**, v. 39, p. 247-253, 2002.

CHAO, S.C.; YOUNG, D.G.; OBERG, C.J. Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. **Journal of Essential Oil Research**, v. 12, p. 639-649, 2000.

CHENG, S.S.; HUANG, C.G.; CHEN, Y.J.; YU, J.J.; CHEN, W.J.; CHANG, S.T. Chemical compositions and larvicidal activities of leaf essential oils from two *eucalyptus* species. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 452-456, 2009.

CHISOLM, G.M; STEINBERG, D. The oxidative modification hypothesis of atherogenesis: An overview. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 28, p. 1815-1826, 2000.

CHOI, W.; LEE, S.G.; PARK, H.M.; AHN, Y.J. Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 97, p. 553-558, 2004.

CIMANGA, K.; KAMBU, K.; TONA, L.; APERS, S.; DE BRUYNE, T.; HERMANS, N.; TOTTE, J.; PIETERS, L.; VLIETINCK, A.J. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 79, p. 213-220, 2002.

CONNER, D. E. Naturally occurring compounds. In P. Davidson & A. L. Branen (Eds.). **Antimicrobials in food**. New York: Marcel Dekker Inc., p. 441-468, 1993.

CORRÊA, J.R.C.; MING, L.C.; SCHEFFER, M.C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

COSENTINO, S.; TUBEROSO, C.I.G.; PISANO, B.; SATTA, M.; MASCIA, V.; ARZEDI, E.; PALMAS, F. In vitro antimicrobial activity and chemical composition of *Sardinian thymus* essential oil. **Letters in Applied Microbiology**, v. 29, p. 130-135, 1999.

COUNCIL OF EUROPE. Flavouring substances and natural sources of flavourings. 4th ed., **Chemically-Defined Flavouring Substances**. v. 1, 1992.

CRONQUIST, A. The evolution and classification of flowering plants. 2nd ed. **The New York Botanical Garden**. New York, 1988.

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T.M.; LEWIS, N.G. Natural products (secondary metabolites). In: Buchanan, B., Gruissem, W., Jones, R. (Eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. **American Society of Plant Physiologists**, 2000.

DARROW, K.; BOWERS, M.D. Phenological and population variation in iridoid glycosides of *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 24, p. 1-11, 1997.

DELAQUIS, P.J.; STANICH, K.; GIRARD, B.; MAZZA, G. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and *eucalyptus* essential oils. **International Journal of Food Microbiology**, v. 74, p. 101-109, 2002.

DE VINCENZI, M.; SILANO, M.; DE VINCENZI, A.; MAIALETTI, F.; SCAZZOCCIO, B. Constituents of aromatic plants: eucalyptol. **Fitoterapia**, v. 73, p. 269-275, 2002.

DHALIWAL, H.J.S.; THIND, T.S.; CHANDER, M. Relative activity of essential oils from plants against *Penicillium digitatum* causing post-harvest fruit rot of Kinnow mandarin. **Plant Disease Research**, v. 19, p. 140-143, 2004.

DORAN, J.C. Commercial sources, uses, formation and biology. In: Boland DJ, Brophy JJ, House APN. **Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing**. Melbourne: Inkata, p. 11-28, 1991.

DORMAN, H.J.D.; DEANS, S.G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, p. 308-316, 2000.

ELGAYYAR, M.; DRAUGHON, F.A.; GOLDEN, D.A.; MOUNT, J.R. Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms. **Journal of Food Protection**, v. 64, p. 1019-1024, 2001.

EL-KHAWAS, S.A.; SHEHATA, M.M. The Allelopathic Potentialities of *Acacia nilotica* and *Eucalyptus rostrata* on Monocot (*Zea mays* L.) and Dicot (*Phaseolus vulgaris* L.) **Plants Biotechnology**, v. 4, p. 23-34, 2005.

ERLER, F.; ULUG, I.; YALCINKAYA, B. Repellent activity of five essential oils against *Culex pipiens*. **Fitoterapia**, v. 77, p. 491-494, 2006.

ESTANISLAU, A.A.; BARROS, F.A.S.; PENA, 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**, v. 11, p. 95-100, 2001.

FOUDIL-CHERIF, Y.; MEKLATI, B.Y.; VERZERA, A.; MONDELLO, L.; DUGO, G. Chemical examination of essential oils from the leaves of nine *Eucalyptus* species growing in Algeria. **Journal of Essential Oil Research**, v. 12, p. 186-191, 2000.

GAO, S.; SINGH, J. In vitro percutaneous absorption enhancement of lipophilic drug tamoxifen by terpenes. **Journal of Controlled Release**, v. 51, p. 193-199, 1998.

GARCIA, C.; RODRÍGUEZ, P.; DÍAS, E.; HEINZEN, H.; Menéndez, P. Biooxidation of 1,8-cineol by *Aspergillus terreus*. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 59, p. 173-176, 2009.

GARDNER, R.A.W. Investigating the environmental adaptability of promising subtropical and cold-tolerant *eucalyptus* species in the warm temperate climate zone of KwaZulu-Natal, South Africa. **Southern Hemisphere Forestry Journal**, v. 69, p. 27-38, 2007.

GARECA, E.E.; MARTINEZ, Y.Y.; BUSTAMANTE, R.O.; AGUIRRE, L.F.; SILES, M.M. Regeneration patterns of *Polylepis subtusalbida* growing with the exotic trees *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus* at Parque Nacional Tunari, Bolivia. **Plant Ecology**, v. 193, p. 253-263, 2007.

GHISALBERTI, E.L. Bioactive acylphloroglucinol derivatives from *Eucalyptus* species. **Phytochemistry**, v. 41, p. 7-22, 1996.

GILLIJ, Y.G.; GLEISER, R.M.; ZYGADLO, J.A. Mosquito repellent activity of essential oils of aromatic plants growing in Argentina. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 2507-2515, 2008.

GRASSMANN, J.; HIPPELI, S.; DORNISCH, K.; ROHNERT, U.; BEUSCHER, N.; ELSTNER, E.F. Antioxidant properties of essential oils. Possible explanations for their anti-inflammatory effects. **Arzneimittelforsch**, v. 50, p. 135-139, 2000.

GRASSMANN, J.; HIPPELI, S.; ELSTNER, E.F. Plant's defence and its benefits for animals and medicine: role of phenolics and terpenoids in avoiding oxygen stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.40, p. 471-478, 2002.

GRASSMANN, J.; SCHNEIDER, D.; WEISER, D.; ELSTNER, E.F. Antioxidative effects of lemon oil and its components on copper induced oxidation of low density lipoprotein. **Arzneimittelforsch**, v. 51, p. 799-805, 2001.

HARBORNE, J.B.; BAXTER, H. Phytochemical Dictionary. **A Handbook of Bioactive Compounds from Plants**, Taylor Franscis, London, 791p. 1993.

HELANDER, I.M.; ALAKOMI, H.L.; LATVA-KALA, K.; MATTILA-SANDHOLM, T.; POL, L.; SMID, E.J.; GORRIS, L.G.M.; VON WRIGHT, A. Characterization of the action of selected essential oil components on Gram negative bacteria. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 3590-3595, 1998.

HIGA, R.C.V.; STURION, J.A. Capacidade de brotação em subgêneros e espécies de *Eucalyptus*, **Série Técnica IPEF**, v. 11, p. 23-30, 1997.

HILL, K.D.; JOHNSON, L.A.J. Systematic studies in the eucalypts. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). **Telopea**, v. 6 (2-3), p. 185-504, 1995.

HOET, S.; STE´VIGNY, C.; HE´RENT, M.F.; QUETIN-LECLERCQ, J. Antitrypanosomal compounds from leaf essential oil of *Strychnos spinosa*. **Planta Medica**, v. 72, p. 480-482, 2006.

HORA, F.B. Myrtaceae. In: Heywood, V.H. (Ed.), **Flowering Plants of the World**. Oxford University Press, Oxford, p. 161-162, 1978.

HORI, M. Repellency of essential oils against the *cigarette beetle*, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 38, p. 467-473, 2003.

IPEK, E.; ZEYTIÑOGLU, H.; OKAY, S.; TUYLU, B.A.; KURKCUOGLU, M.; HUSNU CAN BASER, K. Genotoxicity and antigenotoxicity of Origanum oil and carvacrol evaluated by *Ames Salmonella*/microsomal test. **Food Chemistry**, v. 93, p. 551-556, 2005.

JUERGNES, U.R.; STOBER, M.; VETTER, H. Inhibition of cytokine production and arachidonic metabolism by eucalyptol (1,8-cineole) in human blood monocytes in vitro. **European Journal of Medical Research**, v.17, p. 508-510, 1998.

KOHLI, R.K.; BATISH, D.R.; SINGH, H.P. *Eucalyptus* oil for the control of parthenium (*Parthenium hysterophorus* L.). **Crop Protection**, v. 17, p. 119-122, 1998.

LANGENHEIM, J.H. Higher plant terpenoids: a phyto-centric overview of their ecological roles. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, p. 1223-1280, 1994.

LEUNG, A.Y.; FOSTER, S. **Encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs, and cosmetics**, 2nd Edition. John Willey & Sons, p. 232-233, 1996.

LIMBERGER, R.P.; SCOPEL, M.; SOBRAL, M.; HENRIQUES, A.T. Comparative analysis of volatiles from *Drimys brasiliensis* Miers and *D. angustifolia* Miers (Winteraceae) from Southern Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, p. 130-137, 2006.

LOW, D.; RAWAL, B.D.; GRIFFIN, W.J. Antibacterial action of the essential oils of some Australian Myrtaceae with special references to the activity of chromatographic fractions of oil of *Eucalyptus citriodora*. **Planta Medica**, v. 26, p. 184-189, 1974.

LUCIA, A.; AUDINO, P.G.; SECCACINI, E.; LICASTRO, S.; ZERBA, E.; MASUH, H. Larvicidal effect of *Eucalyptus grandis* essential oil and turpentine and their major components on *Aedes aegypti* larvae. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 23, p. 299-303, 2007.

MADYASTHA, K.M.; CHADHA, A. Metabolism of 1,8-cineole in rat: its effects on liver and lung microsomal cytochrome P-450 systems. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 37, p. 759-766, 1986.

MIYAZAWA, M.; SHINDO, M.; SHIMADA, T. Oxidation of 1,8-cineole, the monoterpene cyclic ether originated from *Eucalyptus polybractea*, by cytochrome P450 3A enzymes in rat and human liver microsomes. **Drug Metabolism and Disposition**, v. 29, p. 200-205, 2001.

MOREIRA, M.R.; PONCE, A.G.; DEL VALLE, C.E.; ROURA, S.I. Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie**, v. 38, p. 565-570, 2005.

MOTEKI, H.; HIBASAMI, H.; YAMADA, Y.; KATSUZAKI, H.; IMAI, K.; KOMIYA, T. Specific induction of apoptosis by 1,8-cineole in two human leukemia cell lines, but not a in human stomach câncer cell line. **Oncology Letters**, v. 9, p. 757-760, 2002.

OYEDEJI, A.O.; EKUANDAYO, O.; OLAWORE, O.N.; ADENIYI, B.A.; KOENIG, W.A. Antimicrobial activity of the essential oil of five *Eucalyptus* species growing in Nigeria. **Fitoterapia**, v. 70, p. 526-528, 1999.

PAPACHRISTOS, D.P.; STAMOPOULOS, D.C. Toxicity of vapours of three essential oils to the immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). **Journal Stored Products Research**, v. 40, p. 517-525, 2004.

PATTNAICK, S.; SUBRAMANYAM, V.R.; BAPAJI, M.; KOLE, C.R. Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils. **Microbios**, v.89, p. 39-46, 1997.

PAVELA, R. Insecticidal activity of certain medicinal plants. **Fitoterapia**, v. 75, p. 745-749, 2004.

PINHEIRO, A.L. **Reflexos da fertilização mineral de boro na estrutura anatômica, no crescimento e na seca-de-ponteiro de *Eucalyptus citriodora* Hook. e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. No cerrado de Minas Gerais, Brasil.** UFPR (Tese de doutorado), 1999.

PITAROKILI, D.; TZAKOU, O.; LOUKIS, A.; HARVALA, C. Volatile metabolites from *Salvia fruticosa* as antifungal agents in soilborne pathogens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 3294-3301, 2003.

RAMEZANI, H.; SINGH, H.P.; BATISH, D.R.A.; KOHLI, R.K. Antifungal activity of the volatile oil of *Eucalyptus citriodora*. **Fitoterapia**, v. 73, p. 261-262, 2002.

REYNERTSON, K.A.; YANG, H.; JIANG, B.; BASILE, M.J.; KENNELLY, E.J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, v. 109, p.883-890, 2008.

RIESCO, G. Forest management in *eucalyptus* stands: the Spanish case. In: *Proceedings of the International IUFRO 4.04.06 Meeting: The Economics and Management of High Productivity Plantations*, Lugo (Spain), September p. 27-30, 2004.

ROSATO, A.; VITALI, C.; DE LAURENTIS, N.; ARMENISE, D.; MILILLO, A. M. Antibacterial effect of some essential oils administered alone or in combination with Norfloxacin. **Phytomedicine**, v. 14, p. 727-732, 2007.

SAAD, E.; HUSSIEN, R.; SAHER, F.; AHMED, Z. Acaricidal activities of some essential oils and their monoterpenoidal constituents against house dust mite, *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae). **Journal Zhejiang University Science B**, v. 7, p. 957-962, 2006

SACCHETTI, G.; MAIETTI, S.; MUZZOLI, M.; SCAGLIANTI, M.; MANFREDINI, S.; RADICE, M.; BRUNI, R. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in food. **Food Chemistry**, v. 91, p. 62-632, 2005.

SAMISH, M.; REHACEK, J.A. Pathogens and predators of tick and their potential in biological control. **Annual Review of Entomology**, v. 44, p. 159-182, 1999.

SARTORELLI, P.; MARQUIRETO, A.D.; AMARAL-BAROLI, A.; LIMA, M.E.; MORENO, P.R. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from two species of *Eucalyptus*. **Phytotherapy Research**, v. 21, p. 231-233, 2007.

SCHIMIDT, C.O.; BOUWMEESTER, H.J.; BULOW, N.; KONIG, W. A. Isolation, Characterization, and Mechanistic Studies of (-)- α -Gurjunene Synthase from *Solidago canadensis*. **Archives Biochemistry Biophysics**, v. 364, p. 167-177, 1999.

SENATORE, F. Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of a thyme (*Thymus pulegioides* L.) growing wild in Campania (Southern Italy). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 1327-1332, 1996.

SILVA, J.; ABEBE, W.; SOUSA, S.M.; DUARTE, V.G.; MACHADO, M.I.L.; MATOS, F.J.A. Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of *Eucalyptus*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 89, p. 277-283, 2003.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R., **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed Porto Alegre 2004, p. 467-495,

SOMDA, I.; LETH, V.; SEREME, P. Antifungal effect of *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Azadirachta indica* oil extracts on Sorghum feedborne fungi. **Asian Journal of Plant Science**, v. 6, p. 1182-1189, 2007.

SONBOLI, A.; BABAKHANI, B.; MEHRABIAN, A.R. Antimicrobial activity of six constituents of essential oil from *Salvia*. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 61, p. 160-164, 2006.

SOUZA, E.L.; STAMDFORD, T.L.M.; LIMA, E.O.; TRAJANO, V.N. Effectiveness of *Origanum vulgare* L. essential oil to inhibit the growth of food spoiling yeasts. **Food Control**, v. 18, p. 409-413, 2007.

SOUZA, V.C., LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da ora brasileira, baseado em APG II**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 640p., 2008.

SU, Y.C.; HO, C.L.; WANG, I.C.; CHANG, S.T. Antifungal activities and chemical compositions of essential oils from leaves of four *eucalyptus*. **Taiwan Journal of Forest Science**, v. 21, p. 49-61, 2006.

TAPONDJOUA. A.L.; ADLERD, C.; FOUNTEMC, D.A.; BOUDAA, H.; REICHMUTH, C. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. **Journal of Stored Products Research**, v. 41, p. 91-102, 2005.

THOLL, D. Terpene synthases and the regulation, diversity and biological roles of terpene metabolism. *Current Opinion in Plant Biology*, v. 9, p. 297-304, 2006.

TOLOZA, A.C; LUCIA, A.; ZERBA, E.; MASUH, H.; PICOLLO, M.I. Interspecific hybridization of *Eucalyptus* as a potential tool to improve the bioactivity of essential oils against permethrin-resistant head lice from Argentina. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 7341-7347, 2008.

TOLOZA, A.C; ZYGADLO, J.; CUETO, G.M.; BIURRUN, F.; ZERBA, E.; PICOLLO, M.I. Fumigant and Repellent Properties of Essential Oils and Component Compounds Against Permethrin-Resistant *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae) from Argentina. **Journal of Medical Entomology**, v. 43, p. 889-895, 2006.

TRIVEDI, N.A.; HOTCHANDANI, S.C. A study of the antimicrobial activity of oil of *Eucalyptus*. **Indian Journal of Pharmacology**, v. 36, p. 93-94, 2004.

TUNC, I.; BERGER, B.M.; ERLER, F.; DAG, F. Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 36, p. 161-68, 2000.

ULTEE, A.; KETS, E.P.W.; SMID, E.J. Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, p. 4606-4610, 1999.

URIBE, S.; RAMIREZ, J.; PENA, A. Effects of β -pinene on yeast membrane functions. **Journal of Bacteriology**, v. 161, p. 1195-1200, 1985.

USEPA (United States Environment Protection Agency). Flower and Vegetable Oils. **R.E.D. FACTS**. Available online at <http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDS/actsheets/4097fact.pdf> (accessed on February 02, 2008), 1993.

VAN DE BRAAK, S.A.A.J.; LEIJTEN, G.C.J.J. **Essential Oils and Oleoresins: A Survey in the Netherlands and other Major Markets in the European Union**. CBI, Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries, Rotterdam, 116p., 1999.

VERDEGUER, M.; BLAZQUEZ, M.A.; BOIRA, H. Phytotoxic effects of *Lantana camara*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Eriocephalus africanus* essential oils in weeds of Mediterranean Summer crops. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 37, p. 362-369, 2009.

VIEIRA, I. G. **Estudos caracteres silviculturais e de produção de óleos essenciais de progenies de *Corymbia citriodora* (Hook) K.D. Hill & L. A. S. Johnson** procedente de Anhembi SP Brasil, Ex. Atherton QLD – Austrália. Piracicaba: ESALQ (Dissertação de mestrado), 2004.

VITTI, A.M.S.; BRITO, J.O. Óleo essencial de Eucalipto. IPEF, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Documentos Florestais**, v. 17, p. 2-25, 2003.

WANG, Z.; SONG, J.; CHEN, J.; SONG, Z.; SHANG, S.; JIANG, Z.; HAN, Z. QSAR study of mosquito repellents from terpenoids with a six-member-ring. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 18, p. 2854-2859, 2008.

WEST, C. Terpene biosynthesis and metabolism. In: Dennis DT, Turpin DH. **Plant physiology and molecular biology**. London: Longman scientific and Technical. p. 353-359, 1990.

WILSON, P.G.; O'BRIEN, M.M.; GADEK, P.A.; Quinn, C.J. Myrtaceae revisited: a reassessment of infrafamilial groups. **American Journal of Botany**, v. 88, p. 2013-2025, 2001.

YAGHOUBI-ERSHADI, M.R.; AKHAVAN, A.A.; JAHANIFARD, E.; VANTANDOOST, H.; AMIN, G.H.; MOOSAVI, L.; RAMAZANI, A.R.Z.; ABDOLI, H.; ARANDIAN, M.H. Repellency effect of Myrtle essential oil and DEET against *Phlebotomus papatasi*, under laboratory conditions. **Iranian Journal of Public Health**, v. 35, p. 7-13, 2006.

YANG, P.; MA, Y. Repellent effect of plant essential oils against *Aedes albopictus*, **Journal of Vector Ecology**, v. 30, p. 231- 234, 2005.

YANG, Y.C.; CHOI, H.C.; CHOI, W.S.; CLARK, J.M.; AHN, Y.J. Ovicidal and adulticidal activity of *Eucalyptus globulus* leaf oil terpenoids against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 2507-2511, 2004.

YATAGAI, M. Miticidal activity of tree terpenes. **Current Topics in Phytochemistry**, v. 1, p. 85-97, 1977.

APÊNDICE

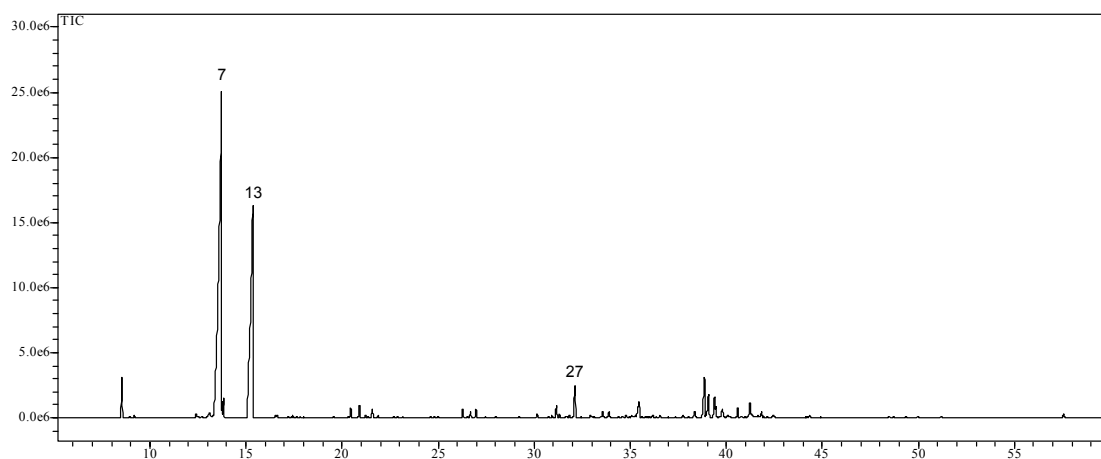


Figura 1A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

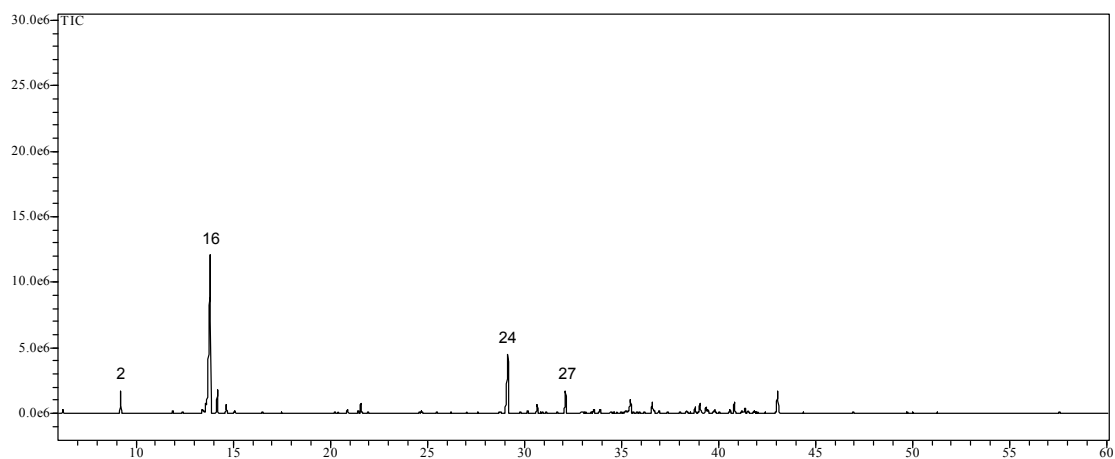


Figura 2A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *E. urophylla* S. T. Blake.

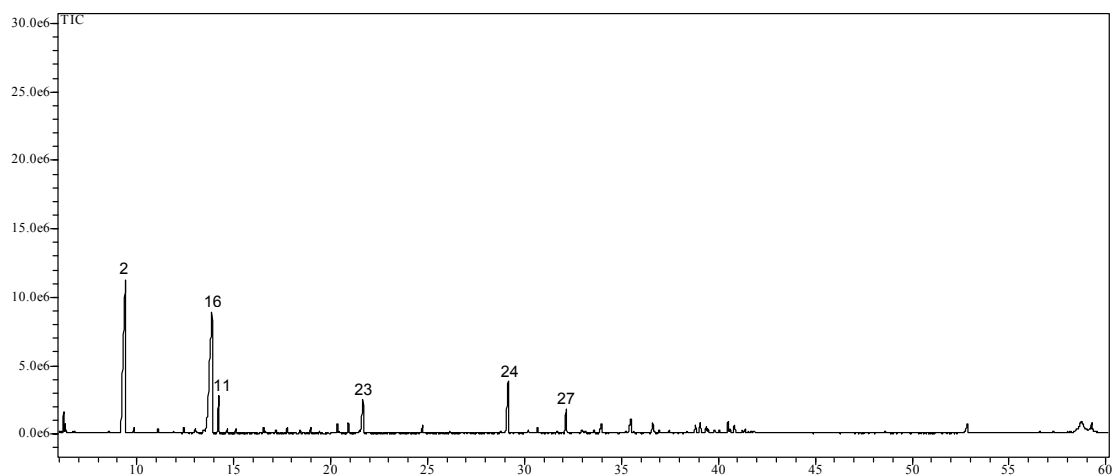


Figura 3A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *E. urophylla* x *E. Grandis*.

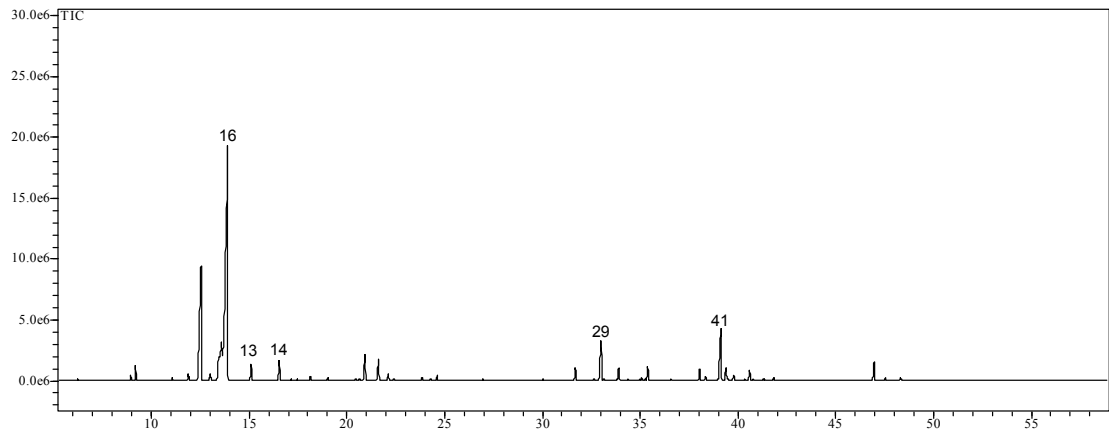


Figura 4A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *E. camaldulensis* Dehnh.

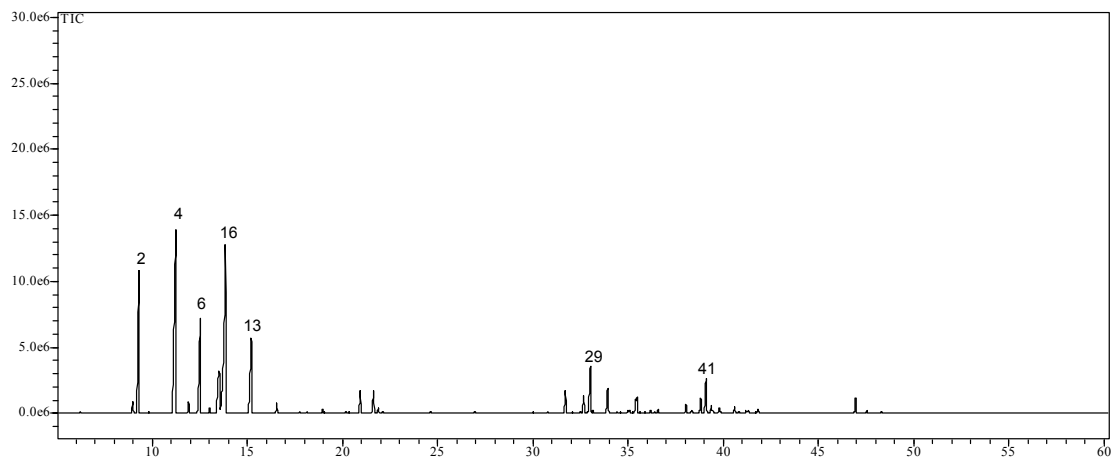


Figura 5A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *E. tereticornis* Sm.

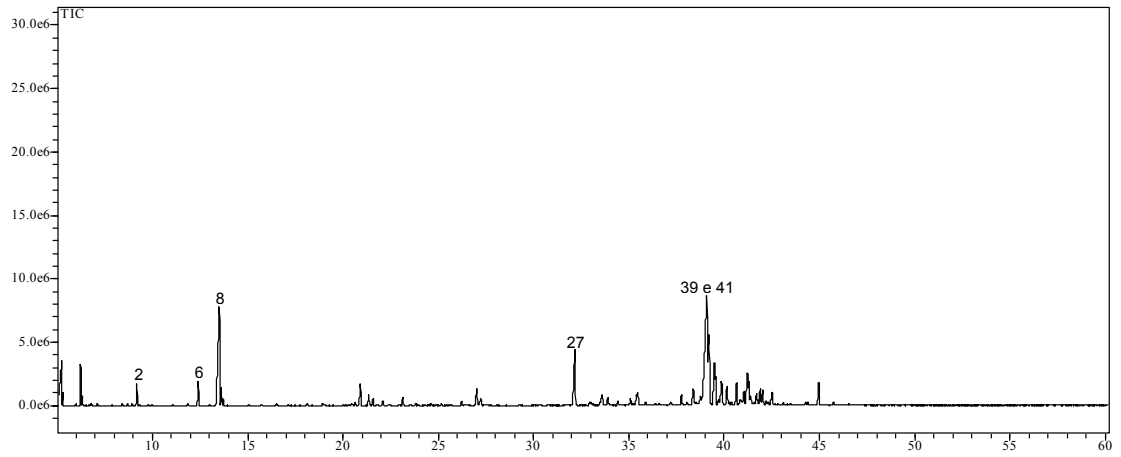


Figura 6A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *E. paniculata* Sm.

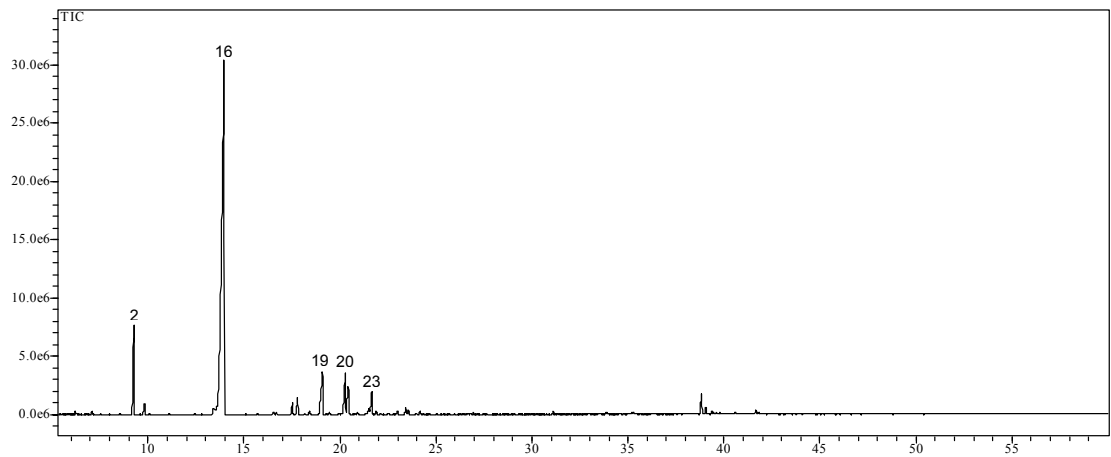


Figura 7A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *E. microcorys* F. Muell.

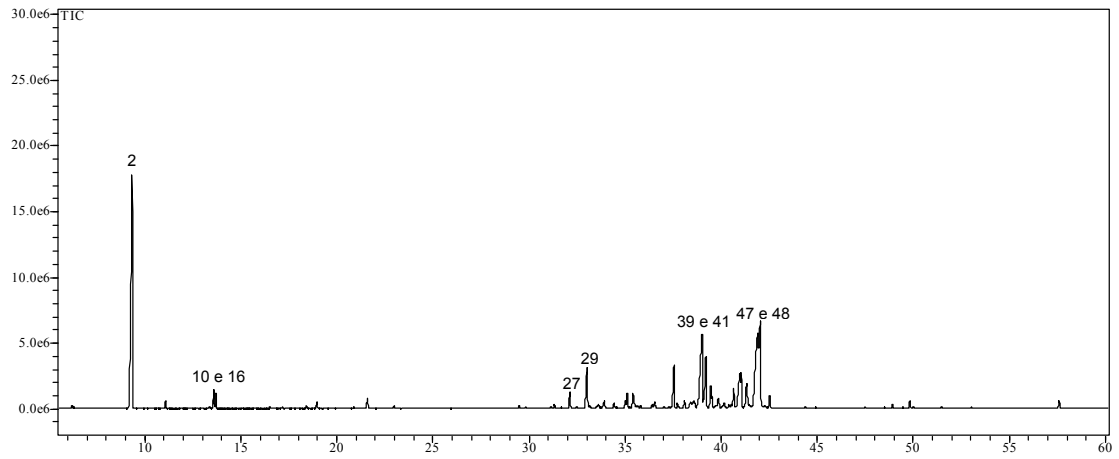


Figura 8A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *E. cloeziana* F. Muell.

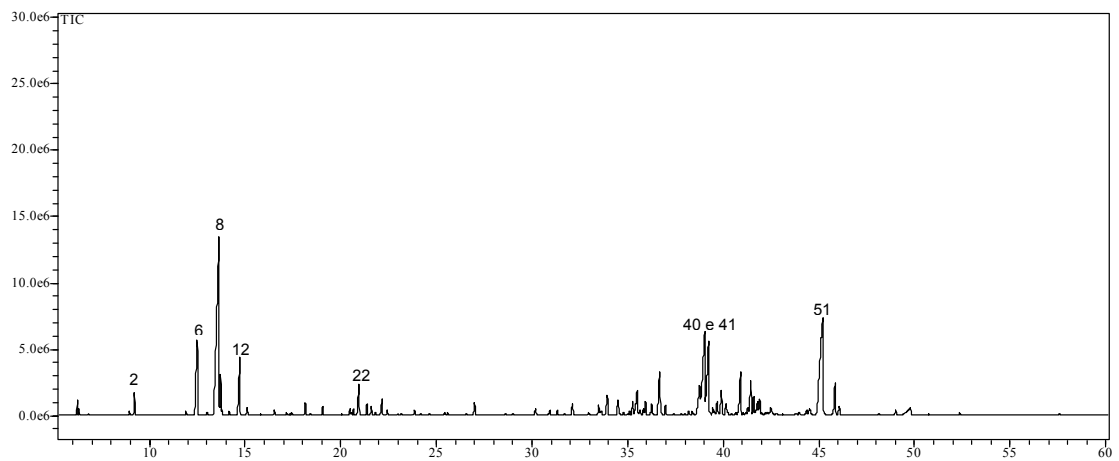


Figura 9A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *E. pilularis* Sm.

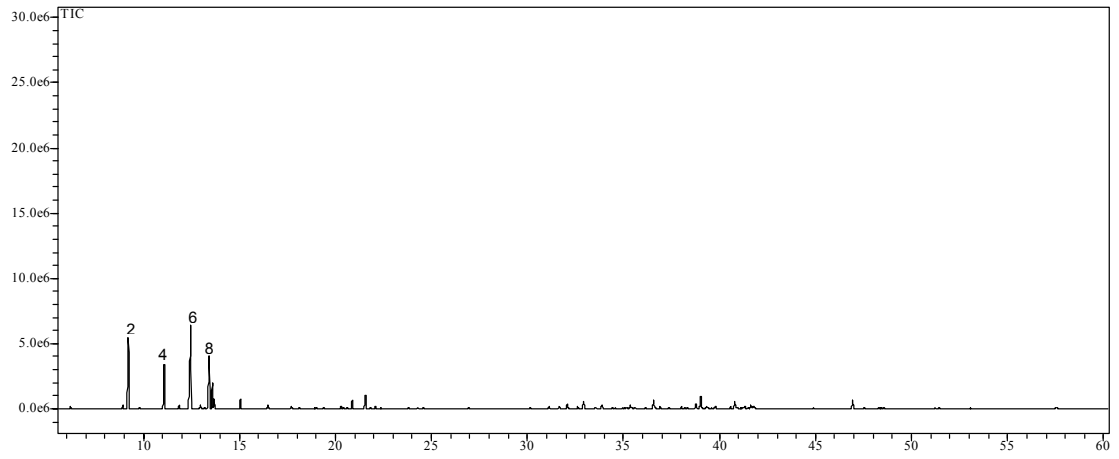


Figura 10A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *E. robusta* Sm.

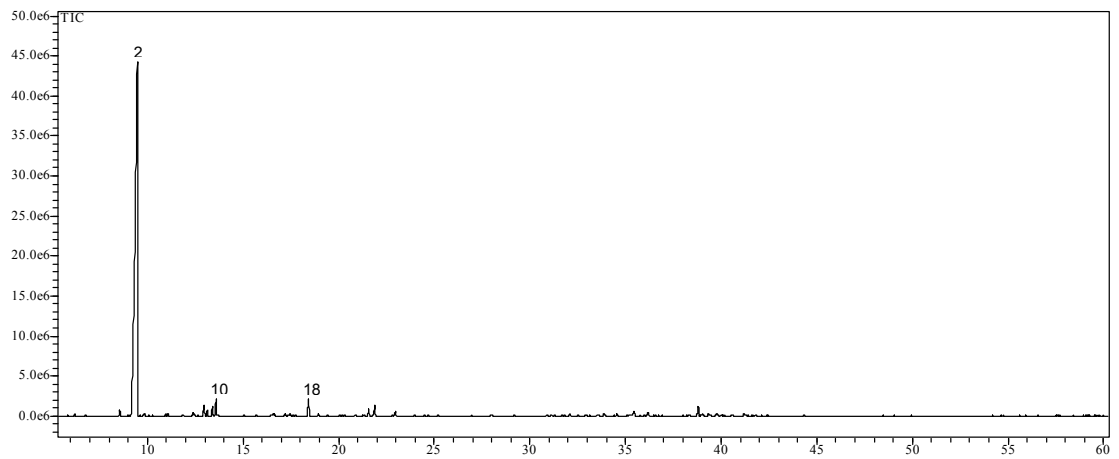


Figura 11A: Cromatograma do óleo essencial das folhas de *E. saligna* Sm.