

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

JULIANA VIEIRA DE FREITAS

**ESTUDO DA SECAGEM NATURAL E FORÇADA DAS
FOLHAS DE *Corymbia Citriodora* A PARTIR DA EXTRAÇÃO
DE ÓLEOS ESSENCIAIS**

Itapeva - SP

2012

JULIANA VIEIRA DE FREITAS

**ESTUDO DA SECAGEM NATURAL E FORÇADA DAS
FOLHAS DE *Corymbia Citriodora* A PARTIR DA EXTRAÇÃO
DE ÓLEOS ESSENCIAIS**

Trabalho de Graduação apresentado no Campus Experimental de Itapeva - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Angélica Martins Costa

Itapeva - SP

2012

F866e Freitas, Juliana Vieira de
Estudo da secagem das folhas de *Corymbia citriodora* a partir da
extração de óleos essenciais / Juliana Vieira de Freitas. -- Itapeva,
2012
52 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Industrial Madeireira)
- Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Itapeva,
2008
Orientador: Prof. Dr. Maria Angélica Martins Costa
Banca examinadora: Prof. MSc. Francisco de Almeida Filho; Prof.
Dr. Natal Nerímio Regone
Inclui bibliografia

1. Essências e óleos essenciais. 2. Eucalipto. 3. Folhas -- Secagem I.
Título. II. Itapeva - Curso de Engenharia Industrial Madeireira.

CDD 661.806

Ficha catalográfica elaborada pela biblioteca do Campus Experimental de Itapeva -
UNESP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

**ESTUDO DA SECAGEM NATURAL E FORÇADA DAS
FOLHAS DE *Corymbia Citriodora* A PARTIR DA EXTRAÇÃO
DE ÓLEOS ESSENCIAIS**

JULIANA VIEIRA DE FREITAS

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA

Prof. Dr. José Cláudio Caraschi
Coordenador de Curso

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Maria Angélica Martins Costa
Orientadora – Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Msc. Francisco de Almeida Filho
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Dr. Natal Nerímio Regone
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Dedico este trabalho à universidade e a todos que contribuíram de alguma forma para a sua realização.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela minha vida e minha saúde.

Agradeço à minha família, aos meus pais Sandra e Pedro Jamil, pela minha vida e dedicação, aos meus avôs José e Francisca pela dedicação e carinho que sempre tiveram comigo, ao meu irmão por sempre ter acreditado em mim e à minha falecida avó Jandira que sempre me incentivou.

Agradeço à minha orientadora, Prof. Dra. Maria Angélica, pela orientação, dedicação, atenção, incentivo e amizade.

Agradeço aos técnicos Jucelino e Anderson, ao Prof. Msc. Francisco (Franco) e aos motoristas Mauro e Edvandro que ajudaram na coleta do material para a continuação da pesquisa e para a realização dos experimentos do trabalho de graduação. E ao Rafael Dellani pelo apoio nos experimentos do trabalho.

Agradeço ao meu amigo Marcos Paulo Felizardo, que foi meu companheiro de pesquisa e com quem sempre pude contar, e por todos os momentos de felicidade que passamos juntos. E à Raissa, Camila e Itala pela amizade.

Agradeço às minhas amigas da república Karina, Ana Clara, Bruna, Lygia, Tairine e Alione, que foi com quem morei e passei muitos momentos, que me serviram de crescimento e que levo à vida. E aos nossos amigos Isabela Imakawa, Mariane, Diego, Renann, Neto, Vinicius Rosolem (Texugo), Guilherme (Sovieti) e Jaime por todos os momentos de alegria que passamos juntos na república.

Agradeço ao proprietário e aos funcionários da Fazenda São Marcos por fornecer as folhas, que era o material indispensável para a realização dos experimentos.

Agradeço à Elaine, nossa vizinha de prédio, pela amizade, pelos lanchinhos e por todas as ajudas e atenção que sempre teve comigo e com as integrantes da república.

E agradeço à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” por proporcionar tantas oportunidades de aprimoramento e momentos de felicidade.

*“Ninguém ignora tudo, ninguém sabe tudo. Por
isso aprendemos sempre.”*

Paulo Freire

RESUMO

Os óleos essenciais são produtos extraídos de plantas e podem estar localizados em partes ou em toda a sua extensão. Existem vários métodos utilizados para a sua extração, onde o mais adequado depende do tipo de planta ou da utilização da essência. As principais espécies cultivadas no Brasil são o *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus staigeriana*. O *Corymbia citriodora* é uma espécie que foi introduzida no Brasil juntamente com outras espécies, com o objetivo inicial de produção de madeira. O rendimento do óleo pode variar de 0,5 % a 3,0 % de acordo com a literatura e este pode ser otimizado com a diminuição do teor de umidade das folhas. Estudos mostram que o menor conteúdo de água nas folhas permite que a corrente de vapor gerada no extrator possa arrastar, com mais eficiência, as substâncias voláteis armazenadas nas células, quando comparado com o material verde. A secagem das folhas é importante para as empresas, de forma que não há transporte de água, aumentando a capacidade do volume de folhas para a destilaria e, conseqüentemente maior volume de óleo. O objetivo deste trabalho foi comparar os métodos de secagem, analisar os rendimentos da essência e determinar o melhor método a fim de otimizar o rendimento do óleo essencial. Foram realizados ensaios experimentais de secagem natural de 10, 15 e 20 dias e em leito fluidizado com tempos de 60, 90 e 120 minutos e após a secagem foram feitas extrações do óleo essencial. Os resultados obtidos para o rendimento de folhas frescas foi de 1,20 % e o tempo de secagem que apresentou o maior valor rendimento foi de 15 e 20 dias com 2,90 % e 2,70 % de rendimento respectivamente, onde apresentou o menor teor de umidade de 16%. Os rendimentos obtidos na secagem em leito fluidizado não se alteraram como na secagem natural, ficando entre 1,64% e 1,70%. Conclui-se que a diminuição do teor de umidade nas folhas eleva o rendimento do óleo e que a temperatura no leito fluidizado é essencial para a retirada de água das folhas necessária para o aumento do rendimento.

Palavras-chave: Óleos essenciais. *Corymbia citriodora*. Leito fluidizado. Secagem

ABSTRACT

Essential oils are products from plants and can be located in parts or in its entirety. There are several methods for its extraction, where the most suitable depends on the plant or the use of the essence. The main species cultivated in Brazil are the *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus staigeriana*. The *Corymbia citriodora* is a species that was introduced in Brazil along with other species, with the initial objective of timber production. The yield of oil can range from 0.5 % to 3.0% according to the literature and this can be optimized by reducing the moisture content of the leaves. Studies show that the lower water content in the leaves allows the vapor stream generated in the extractor can drag, more efficiently, the volatiles stored in the cells as compared with the green material. The drying of the sheets is important for companies, so that there is transport of water, increasing the volume of the sheets to distillation and hence a greater volume of oil. The objective of this study was to compare the drying methods, analyzing the income of the essence and determine the best method to optimize the yield of essential oil. Experimental tests were performed natural drying 10, 15 and 20 days and fluidized with times of 60, 90 and 120 minutes and after drying were extractions of the oil. The results obtained for fresh leave yield was 1.20 % and the drying time which showed the highest yield was 15 and 20 days with 2.90 % and 2.70 % yield, respectively, with the lowest level humidity of 16%. The yields obtained in fluidized bed drying did not change as the natural drying to between 1.64% and 1.7%. It is concluded that the decreased level of the sheets increases the yield of oil and the temperature in the fluidized bed is essential for the removal of water from the leaves necessary to increase the yield

Keywords: Essential oil. *Corymbia citriodora*. Fluidized bed. Drying.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de corte transversal de uma folha.	19
Figura 2: Enfloração.	21
Figura 3: Extração por pressão mecânica.	21
Figura 4: Extração com fluido supercrítico.	22
Figura 5: Extração com solventes voláteis.	23
Figura 6: Extração por arraste com vapor d'água.	24
Figura 7: Extração com vapor ou coobação.	25
Figura 8: Folhas deixadas para secar ao ar livre.	33
Figura 9: Equipamento de secagem em leito fluidizado.	34
Figura 10: Cesto para dispor as folhas no equipamento de secagem em leito fluidizado.	35
Figura 11: Destilador MA 480.	36
Figura 12: Frasco florentino com hidrolato.	37
Figura 13: Temperatura aferida ao longo da secagem no leito fluidizado	40
Figura 14: Massa das folhas após a secagem no leito fluidizado.	40
Figura 15: Rendimento folhas frescas e folhas secas em 60 minutos no leito fluidizado	41
Figura 16: Rendimento folhas frescas e folhas secas em 90 minutos no leito fluidizado	42
Figura 17: Rendimento folhas frescas e folhas secas em 120 minutos no leito fluidizado	42
Figura 18: Rendimento folhas frescas e secas em 60, 90 e 120 minutos no leito fluidizado	43
Figura 19: Rendimento do óleo em relação ao teor de umidade das folhas secas no leito fluidizado.	44
Figura 20: Rendimento do óleo em relação ao tempo de secagem	45
Figura 21: Rendimento do óleo em relação ao teor de umidade das folhas frescas e secas naturalmente	45
Figura 22: Rendimento de óleo em relação ao teor de umidade das folhas para todos os métodos de secagem	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais espécies produtoras de óleo essencial.	18
Tabela 2: Principais componentes químicos do óleo essencial do <i>Corymbia citriodora</i> e suas propriedades físico-químicas.	26
Tabela 3: Principais espécies de eucalipto cultivadas para produção de óleo essencial e seus países fornecedores.	27
Tabela 4: Principais óleos comercializados mundialmente.	28
Tabela 5: Valores médios de temperatura para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2012.....	38
Tabela 6: Valores do teor de umidade das folhas frescas.....	39
Tabela 7: Valores do teor de umidade das folhas secas.....	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo geral	15
2.1.1. Objetivos específicos.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1. Óleos essenciais	16
3.1.1 Composição da folha de eucalipto	18
3.1.2. Fatores que influenciam na produção e qualidade do óleo essencial	19
3.2. Métodos de extração	20
3.2.1. Enfloração	20
3.2.2. Pressão mecânica.....	21
3.2.3. Extração com fluido supercrítico	22
3.2.4. Extração com solventes voláteis	23
3.2.5. Extração por arraste com vapor d'água.....	24
3.2.6. Extração com vapor ou coobação	24
3.3. Espécie <i>Corymbia citriodora</i>	25
3.4. Mercado de óleos essenciais	27
3.5. Secagem	29
3.5.1. Secagem em leito fixo	31
4. MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1. Secagem natural	33
4.2. Secagem no leito fluidizado.....	34
4.3. Determinação do teor de umidade	35
4.4. Determinação da massa final das folhas	35
4.5. Extração do óleo essencial.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1. Temperatura do ar média na cidade de Itapeva.....	38
5.2. Teores de umidade nas folhas	38
5.3. Secagem no leito fluidizado.....	39
5.3.1. Temperatura aferida no leito fluidizado	39
5.3.2. Perda de massa das folhas	40

5.3.3. Influência da secagem das folhas secas no leito fluidizado	41
5.3.4. Influência do teor de umidade das folhas secas no leito fluidizado	43
5.4. Secagem natural	44
5.4.1. Influência da secagem natural das folhas	44
5.4.2. Influência do tempo de secagem das folhas secas naturalmente	45
5.5. Comparação de todos os métodos de secagem	46
6. CONCLUSÃO	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APÊNDICE A – Resultados dos rendimentos de óleo em base úmida da secagem em leito fluidizado para os tempos de 60, 90 e 120 minutos.....	51

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar o rendimento do óleo essencial de *Corymbia citriodora* a partir da secagem natural e em leito fluidizado das folhas.

Os óleos essenciais de *Corymbia citriodora* são extraídos das folhas por destilação a vapor. Geralmente, as folhas são deixadas no campo para adubação do solo pelos produtores ou utilizadas na produção de energia. Possuem alto valor agregado na produção de óleos essenciais a partir da extração do óleo, e poderiam ser utilizadas para este fim após este procedimento. Dessa forma as folhas poderiam ser melhor utilizadas, elevando o valor agregado desse resíduo. No Brasil as principais espécies utilizadas para a produção de óleo essencial são: *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus staigeriana*.

A extração de óleos essenciais de folhas de eucalipto é uma alternativa para pequenos e médios empresários do setor madeireiro, que pode elevar o valor agregado dos resíduos (folhas), bem como obter maiores teores de óleo por meio de processos simples de secagem, como a secagem natural e em leito fluidizado. Ambos os processos são viáveis e de fácil desenvolvimento para o setor de extração e/ou madeireiro.

Este trabalho refere-se à extração de óleos essenciais de *Corymbia citriodora* a partir de folhas frescas, secas em leito fluidizado e naturalmente. O leito fluidizado é considerado uma técnica de secagem muito eficiente, onde possui vantagens de elevação de calor e transferência de massa e alta capacidade de secagem. A diminuição do teor de umidade das folhas favorece a inibição de agentes de deterioração e contribui com as empresas por não haver o transporte de água, aumentando o volume de folhas, e consequentemente o volume de óleo.

Os maiores consumidores de óleos essenciais no mundo são os EUA, a União Européia e a França, a qual é líder em exportações. O Brasil é um grande produtor de óleos essenciais, mas sofre com problemas no setor de qualidade, representatividade nacional e baixos investimentos governamentais.

Neste trabalho o capítulo 2 apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre os óleos essenciais e a secagem, o capítulo 3 a descrição dos métodos de secagem e de extração e o capítulo 4 os resultados obtidos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo o estudo comparativo do rendimento do óleo essencial a partir da secagem natural e em leito fluidizado das folhas.

2.1.1. Objetivos específicos

Os objetivos específicos no presente trabalho foram:

- Comparar os tipos de secagem natural e forçada no leito fluidizado;
- Analisar os rendimentos do óleo essencial para os diferentes tipos de secagem;
- Determinar o melhor método para a otimização do rendimento do óleo essencial.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Óleos essenciais

Os óleos essenciais, líquidos de aparência oleosa à temperatura ambiente, são também conhecidos como óleos voláteis por apresentarem volatilidade, óleos etéreos por serem solúveis em solventes orgânicos apolares (éter), ou essências devido à presença de um aroma agradável e intenso da maioria de seus representantes. São definidos pela International Standard Organization (ISO) como produtos obtidos de partes de plantas, através da destilação por arraste a vapor, e produtos obtidos por expressão dos pericarpos de frutos cítricos (VITTI; BRITO, 2003). De acordo com Castro et al. (2008) o óleo essencial é denominado como um grupo de substâncias naturais aromatizantes, extraídas de diversas partes das plantas por meio de destilação a vapor. Apresentam sabor acre (ácido) e picante, são incolores ou ligeiramente amarelados (com exceção de outros óleos, como o de camomila que é azul, devido ao alto teor de azulenos). Suas propriedades químicas e físicas podem se modificar na presença de ar, luz, calor, umidade e metais. Seu aroma pode se modificar pela ação de ar e luz, tornando-se menos agradável e a cor também pode se tornar mais escura, a fluidez diminuir, adquirir reação ácida e por vezes, chegar a resinificar-se, alterando-se profundamente. O óleo de copaíba sofre resinificação com o passar do tempo (LA CRUZ, 2010).

A essência é uma mistura heterogênea e complexa, que possui de 50 a 300 constituintes voláteis distribuídos entre: terpenóides (mono e sesquiterpenos), lignóides (derivados alil e propenil), hidrocarbonetos, fenóis, éteres, ésteres, aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos (BRAGA, 2002). Entre os constituintes químicos, alguns se apresentam em maior concentração e são conhecidos como principais e aqueles que se apresentam em baixas concentrações são conhecidos como componente traço. Um exemplo é o *Eucalyptus glóbulos* que apresenta o 1,8 cineol como componente principal com teor de 80% e no óleo de bergamota se apresenta com teor de 0,002%, sendo componente traço. O componente principal é o constituinte desejado e o fator pelo qual ocorre a exploração econômica das plantas produtoras de óleo (VITTI; BRITO, 2003).

Segundo La Cruz (2010), os óleos essenciais exercem função ecológica na espécie que o produz, agindo como inibidor de outras espécies vegetais que

venham a competir com o solo, luz e água; na proteção contra predadores; na função de polinizadores; na produção contra perda de água entre outros. Ainda podem estar relacionados à defesa contra o frio (VITTI; BRITO, 2003).

São classificados de acordo com a consistência em essências fluidas por serem líquidos voláteis à temperatura ambiente, bálsamos por terem consistência mais espessa, serem pouco voláteis e propensos a sofrerem reações de polimerização e óleo-resina por apresentarem o aroma das plantas em forma concentrada e serem tipicamente líquidos muito viscosos ou substâncias semi-sólidas (VIEIRA, 2004).

São utilizados principalmente como aromas, fragrâncias, fixadores de fragrâncias, em composições farmacêuticas e orais, e comercializados na sua forma bruta ou beneficiada, fornecendo substâncias purificadas como o limoneno, citral, citronelal, eugenol, mentol e safrol. Portanto, possuem grande aplicação na perfumaria, cosmética, alimentos e como coadjuvantes em medicamentos (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

Os óleos medicinais são os que apresentam como componente principal o cineol, com um teor mínimo de 70%. São utilizados na produção de farmacêuticos, antisépticos ou como aroma aos medicamentos. No Brasil, a principal espécie produtora desse tipo de óleo é o *Eucalyptus glóbulos* (VITTI; BRITO, 2003).

Para Vieira (2004), das 600 espécies de eucalipto, pouco mais de 200 foram analisadas em relação à produção e ao teor de óleo essencial e menos de 20 são utilizadas para a exploração comercial.

No Brasil são cultivadas principalmente as seguintes espécies para produção de óleo essencial: *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus staigeriana* (MOCHI, 2005).

Para Bizzo, Hovell e Rezende (2009) e Vieira (2004), o rendimento do óleo de *Corymbia citriodora* pode variar de 1,0 a 1,6% e de acordo com Barros e Yabiku (1995), o rendimento pode variar de 2,0 a 3,0% em base úmida. Para Vitti e Brito o rendimento está entre 0,5 e 2,0%. Sua densidade relativa a 20° C está entre 0,858 – 0,877 g/mL (BARROS; YAKIBU, 1995; VITTI; BRITO, 2003).

De acordo com Vitti e Brito (2003), os óleos essenciais de eucalipto estão divididos em três grupos principais, em relação ao uso final. As principais espécies estão dispostas na tabela 1.

Tabela 1: Principais espécies produtoras de óleo essencial.

Espécies	Componente principal	Rendimento (%)	
Óleos medicinais	Nome	Teor (%)	
<i>E. camaldulensis</i>	Cineol	80-90	0,3-2,8
<i>E. cneorifolia</i>	Cineol	40-90	2
<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. elaeophara</i>	Cineol	60-80	1,5-2,5
<i>E. glóbulos</i>	Cineol	60-85	0,7-2,4
<i>E. leucoxylon</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. sideroxylon</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>E. citrodora</i> (var. <i>citronelal</i>)	Citronelal	65-80	0,5-2,0
<i>E. macarthurii</i>	Ac. de geranil	60-70	0,2-1,0
<i>E. staigeriana</i>	Citral (a+b)	16-40	1,2-1,5

Fonte: Vitti e Brito (2003).

3.1.1 Composição da folha de eucalipto

De acordo com Vitti e Brito (2003) o óleo essencial proveniente de eucalipto, geralmente é produzido por estruturas secretoras especializadas, tais como pêlos glandulares, células parenquimáticas diferenciadas, canais oleíferos ou em bolsas específicas. A secreção é formada em glândulas endógenas (figura 1), que eventualmente se rompem e liberam substâncias na cavidade resultante do rompimento das glândulas (CASTRO et al, 2008). Em algumas espécies estas glândulas podem ser visualizadas como pequenos pontos translúcidos quando a folha é observada contra a luz. Estas estruturas podem estar localizadas em partes

específicas ou em toda a planta. Dessa forma, podem-se encontrar os óleos essenciais em: parte aérea (menta), nas flores (rosa e jasmim), folhas (eucaliptos e capim limão), nos frutos (laranja e limão), na madeira (sândalo e pau-rosa), nas cascas do caule (canela), nas raízes (vetiver), nos rizomas (gengibre) e nas sementes (noz moscada). Os óleos obtidos de diferentes partes de uma mesma planta podem apresentar composição química, características físico-químicas e odores diferentes (VITTI; BRITO, 2003).

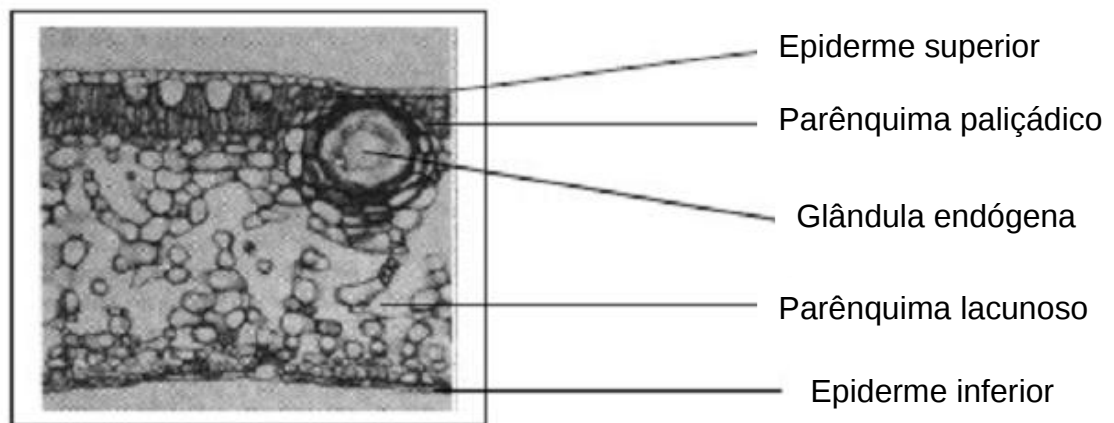


Figura 1: Esquema de corte transversal de uma folha.

Fonte: BRUM (2010).

Os óleos essenciais de eucalipto geralmente são extraídos das folhas adultas e juvenis, junto com os ramos terminais, por meio de um sistema de arraste a vapor d'água. Os melhores óleos são obtidos nas épocas do ano com pouca umidade e de folhas já adultas (MOCHI, 2005).

3.1.2. Fatores que influenciam na produção e qualidade do óleo essencial

De acordo com Vitti e Brito (2002) e Brum (2010) existem vários fatores que influenciam na produção e qualidade do óleo essencial, sendo os principais: variabilidade genética, idade da folha, condições ambientais, manejo florestal, processos de extração e análise do óleo. O rendimento em óleo é afetado por condições ecofisiológicas, e as melhores estações para a coleta de folhas e extração de óleo são inverno e primavera.

A variabilidade genética é considerada um parâmetro muito importante para a realização de trabalhos de melhoramento. É um fator muito estudado e o que apresenta o maior número de resultados, se tratando de óleos essenciais.

Idade da folha: a média da vida normal das folhas é de aproximadamente 18 meses, que está sujeito à variação, existindo folhas que permanecem somente poucos meses em espécies de crescimento rápido, e por 3 a 4 anos, no caso de espécies de crescimento mais lento.

Franich (1982) citado por Vitti e Brito (2003), relata que o rendimento de óleo essencial de *E. nitens* de folhas juvenis foi de 1,0% e de folhas adultas foi de 2,5%, enquanto que a composição química foi semelhante em ambos os casos.

No caso das condições ambientais, temperatura, umidade relativa, tempo de exposição ao sol e regime de ventos, estes exercem influência direta na segregação do óleo essencial da superfície da folha. Recomenda-se que a coleta das folhas seja pela manhã ou à noite, diminuindo o tempo de exposição ao sol.

O manejo florestal: o corte das árvores, sistema de rotação de plantio, a indução do crescimento e o tempo de espera para o corte influenciam na formação da planta, consequentemente na composição química da madeira e das folhas, alterando as propriedades do óleo essencial.

As técnicas de extração devem ser testadas a fim de diminuir a ocorrência de erros grosseiros juntamente com a análise do óleo que deve ser feita baseada em tecnologias específicas e por técnicos experientes.

3.2. Métodos de extração

Existem vários métodos de extração dos óleos essenciais e de acordo com o método empregado, suas propriedades químicas podem ser alteradas. O calor e a pressão utilizados na extração, por exemplo, podem quebrar moléculas de um princípio ativo em produtos de menor eficácia e interferir na qualidade final do óleo (BRUM, 2010). O método varia conforme a localização do óleo na planta e sua forma de utilização (medicinal, alimentício ou cosmético) (LA CRUZ, 2010).

3.2.1. Enfloração

Enfloração (figura 2) é a extração do óleo das pétalas de flores de laranjeira e rosas, que são colocadas sobre uma camada de gordura durante um período de tempo, após o processo, são substituídas por outras. Quando a gordura estiver saturada ela é tratada com álcool para retirar o óleo essencial (LA CRUZ, 2010).



Figura 2: Enfloração.

Fonte: AROMALÂNDIA (2012).

3.2.2. Pressão mecânica

O material vegetal é pressionado mecanicamente para liberar o óleo e este é coletado e filtrado. Este método (figura 3) é utilizado para extração de óleos essenciais de frutos cítricos (LA CRUZ, 2010; BRAGA, 2002).



Figura 3: Extração por pressão mecânica.

Fonte: LASZLO AROMATOLOGIA (2012).

3.2.3. Extração com fluido supercrítico

O material vegetal cominuído (cortado, triturado ou moído), é empacotado em uma câmara de aço inoxidável e através da amostra circula um fluido no estado supercrítico (CO_2 , por exemplo). As essências são assim solubilizadas e arrastadas e o fluido supercrítico, que atua como solvente extrator elimina-se por descompressão progressiva até alcançar a temperatura e pressão ambiente, e finalmente obtém-se uma essência cujo grau de pureza depende das condições de extração (BRAGA, 2002).

De acordo com Brum (2010), a extração com fluido supercrítico (figura 4) é um processo livre de resíduos tóxicos, que previne a degradação térmica dos extratos quando utiliza baixas temperaturas e não requer gastos com energia (devido à pressurização do solvente). Tem possibilidade de fácil recuperação do solvente supercrítico após o processo de extração, apenas pelo ajuste de pressão e/ou temperatura, podendo ser continuamente reciclado.

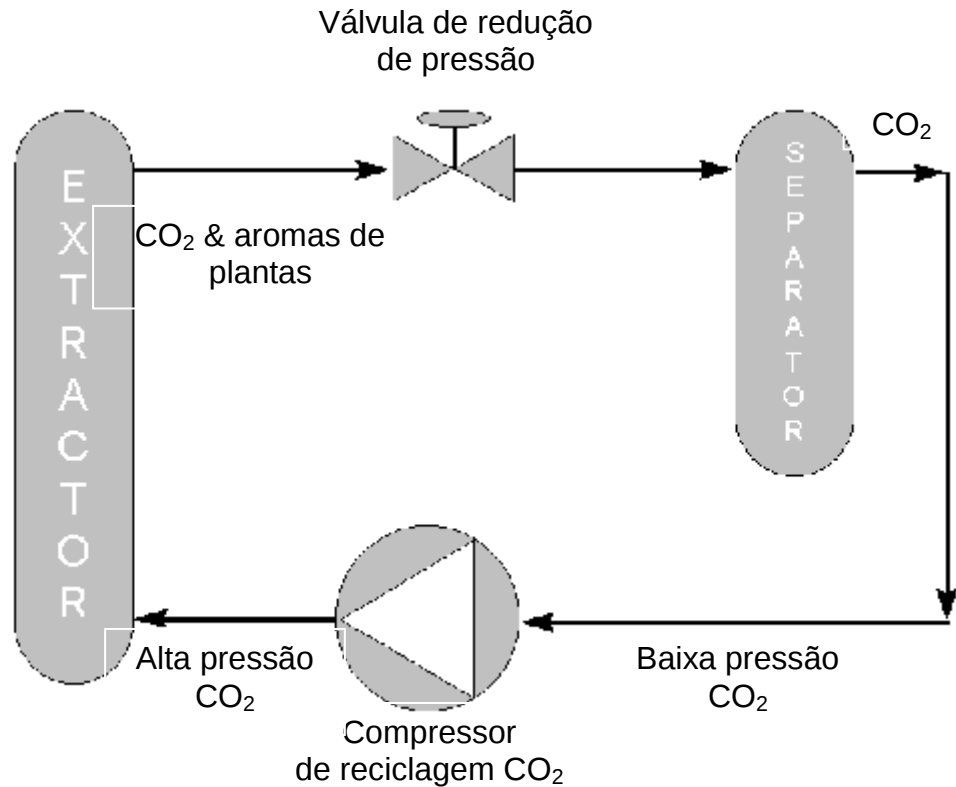


Figura 4: Extração com fluido supercrítico.

Fonte: INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO (2012).

Apesar de obter vantagens de alto rendimento e condição de baixa temperatura que não altera quimicamente os componentes do óleo, apresenta desvantagens de ser um equipamento de alto custo, pois necessita de bombas de alta pressão e sistemas de extração resistente a altas pressões (BRAGA, 2002).

3.2.4. Extração com solventes voláteis

Na extração com solventes voláteis (figura 5), o material vegetal (geralmente flores) é posto em contato com uma graxa. A essência é solubilizada na graxa que atua como veículo extrator. Obtém-se inicialmente uma mistura de óleo essencial e graxa a qual é separada posteriormente por outros meios físico-químicos. Em geral, recorre-se ao agregado quente de álcool à mistura e seu posterior resfriamento para separar a graxa (insolúvel) e o extrato aromático. É um processo de alto custo por obter baixo rendimento e a difícil separação do óleo extraído (BRAGA, 2002).



Figura 5: Extração com solventes voláteis.

Fonte: LASZLO AROMATOLOGIA (2012).

3.2.5. Extração por arraste com vapor d'água

Na extração por arraste com vapor d'água (figura 6), o material vegetal, geralmente fresco e cortado em pedaços, é disposto em um recipiente fechado e submetido a uma corrente de vapor d'água. A essência é arrastada e posteriormente condensada, coletada e separada da fração aquosa. Esta técnica é muito utilizada para essências fluidas, especialmente para perfumaria. É um método utilizado a nível industrial, devido ao seu alto rendimento, a pureza do óleo obtido e por não necessitar de tecnologia sofisticada (BRAGA, 2002).



Figura 6: Extração por arraste com vapor d'água.

Fonte: LASZLO AROMATOLOGIA (2012).

3.2.6. Extração com vapor ou coação

Realizada através do método Clevenger, a matéria-prima é posta em contato direto com a água em ebulição, onde o vapor formado arrasta os compostos mais

voláteis. A mistura de vapor e soluto passa por um condensador, e após a condensação os compostos solúveis separam-se da água por decantação. O material pode estar completamente imerso ou não, em função de sua densidade e quantidade utilizada em cada batelada. Se a água destilada retorna ao sistema, este método recebe o nome de coobação (figura 7) (BRAGA, 2002; BRUM 2010).



Figura 7: Extração com vapor ou coobação.

Fonte: LASZLO AROMATOLOGIA (2012).

3.3. Espécie *Corymbia citriodora*

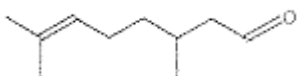
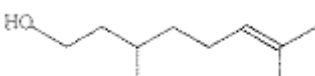
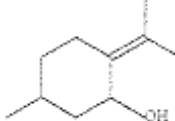
Baseados em características morfológicas e moleculares, o gênero *Eucalyptus* foi reclassificado. Hill e Johnson (1995) citados por Nunes (2009) propuseram uma nova classificação, formando um novo gênero denominado *Corymbia*, que foram incluídas 113 espécies, entre elas o *Eucalyptus citriodora* Hook classificada como *Corymbia citriodora* (Hook) K.D. Hill & L.A.S. Johnson.

O *Corymbia citriodora* tem origem na Austrália e ocorre principalmente no Sul e no Norte do estado de Queensland. Foi introduzido no Brasil juntamente com outras espécies de eucalipto, com o objetivo inicial de produção de madeira. É uma árvore de porte médio, que ocorre em vários tipos de solo, em florestas abertas com

presença de outras espécies, sendo facilmente diferenciada pelo forte cheiro do citronelal de suas folhas (VITTI; BRITO, 2003).

Segundo Braga (2002), os principais componentes químicos do óleo essencial do *Corymbia citriodora* e algumas propriedades físico-químicas estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Principais componentes químicos do óleo essencial do *Corymbia citriodora* e suas propriedades físico-químicas.

	Citronelal	Citronelol	Isopulegol
Estrutura			
Fórmula molecular	$C_{10}H_{18}O$	$C_{10}H_{20}O$	$C_{10}H_{18}O$
Massa molecular	154,25	156,27	154,25
Ponto de ebulição	206,5°C	221,5°C	220°C
Ponto de fulgor	78°C	79°C	78°C
Densidade	0,856	0,857	0,911
Concentrações típicas	65 - 80%	4,0 - 5,0 %	2,3 - 2,5%

Fonte: Braga (2002).

O *Corymbia citriodora* está adaptado a diversas regiões do país, sendo amplamente cultivado para a produção de madeira (VITTI; BRITO, 1999). Sua plantação tem maior concentração nos estados de São Paulo e Minas Gerais, com uma área de plantio estimada em 85.000 ha, sendo que em São Paulo sua área plantada é de 10.060 ha (NUNES, 2009).

No Brasil, esta espécie apresenta como componente principal do óleo o citronelal, com teor que varia entre 65-85 %. É uma das espécies mais exploradas para a produção de óleos essenciais utilizados em indústrias de perfumaria, na composição de perfumes para diversos fins, sendo utilizado principalmente nos produtos de limpeza, como sabões e desinfetantes. Além desta, outras espécies muito utilizadas são o *Eucalyptus glóbulos*, produtora de óleo para fins medicinais, que tem

como componente principal o cineol com teor aproximado de 70% e o *Eucalyptus staigeriana* que é rico em citral (VITTI; BRITO, 2003; BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

3.4. Mercado de óleos essenciais

De acordo com Vitti e Brito (2003) os óleos para fins medicinais são os mais produzidos e comercializados no mundo. Os obtidos do *Corymbia citriodora* são produzidos em escala muito maior que o óleo extraído de *E. Staigeriana*, ambos utilizados em perfumaria. A tabela 3 mostra as espécies de eucalipto mais exploradas para a produção de óleo essencial e seus países de origem.

Tabela 3: Principais espécies de eucalipto cultivadas para produção de óleo essencial e seus países fornecedores.

Tipo de óleos	Espécies	Países fornecedores
Medicinal	<i>E. glóbulos</i>	China, Portugal, Espanha, Índia, Brasil, Chile, Bolívia, Uruguai e Paraguai
	<i>E. smithi</i>	África do sul, Swazilândia, Zimbabwe
	<i>E. polybractea</i>	Austrália
	<i>E. exerta</i>	China
	<i>E. radiata</i> ex <i>E. australiana</i>	África do sul e Austrália
	<i>E. radiata</i> var. <i>australiana</i>	
	<i>E. dives</i> (variedade <i>cineol</i>)	Austrália
Perfumaria	<i>E. camaldulensis</i> (<i>E. rostata</i>)	Nepal
	<i>E. citriodora</i>	China, Brasil, Índia
	<i>E. staigeriana</i>	Brasil

Fonte: Vitti e Brito (2003).

Os óleos essenciais vem apresentando um valor relativamente estável ao longo dos anos, e devido à existência da agricultura primária que é menos exigente, a sua produção é muito explorada em regiões pouco desenvolvidas como a Guatemala, Índia, China, Egito, Indonésia, Sri Lanka, Turquia e o Brasil, entre outros que exportam a essência. Os países mais desenvolvidos importam essa matéria-prima barata e agregam valor através da purificação, destilação, preparação de derivados,

isolamento de constituintes e modificações químicas (CRAVEIRO; QUEIROZ, 1992). A tabela 4 mostra os principais óleos comercializados no mundo.

Tabela 4: Principais óleos comercializados mundialmente.

Óleo essencial	Espécie
Laranja (Brasil)	<i>Citrus sinensis</i> (L.) osbeck
Menta japonesa (índia)	<i>Mentha arvenis</i> L. f. <i>piperascens</i> Malinv. ex Holmes
Eucalipto	<i>Eucalyptus glóbulos</i> Labill., <i>E. polybractea</i> R. T. Baker e <i>Eucalyptus</i> spp.
Citronela	<i>Cymbopogon winterianus</i> Jowitt e <i>C. nardus</i> (L.) Rendle
Hortelã-pimenta	<i>Mentha x piperitona</i> L.
Limão	<i>Citrus limon</i> (L.) N. L. Burm.
Eucalpto (tipo citronela)	<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.
Cravo-da-Índia	<i>Sygygium aromaticum</i> (L.) Merr. e L. M. Perry
Lima destilada (Brasil)	<i>Juniperus virginiana</i> L. e <i>J. ashei</i> Buchholz
Spearmint (nativa)	<i>Mentha spicata</i> L.
Cedro (China)	<i>Chamaecyparis funebris</i> (Endl.) Franco
Lavandim	<i>Lavandula intermedia</i> Emeric ex Loisel
Sassafrás (China)	<i>Cinnamomum Micranthum</i> (Hayata) Hayata
Cânfora	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J. Presl.
Coentro	<i>Coriandrum sativum</i> L.
Grapefruit	<i>Citrus paradisi</i> Macfady
Patchouli	<i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth.

Fonte: Bizzo, Hovell e Rezende (2009)

A base de dados americana COMTRADE (*United Nations Commodity Trade Statistics Database*) citada por Bizzo, Hovell e Rezende (2009), diz que os maiores consumidores de óleos essenciais no mundo são os EUA (40%), a União Européia (30%), a França – líder em exportações e o Japão (7%), ao lado do reino Unido, Alemanha, Suíça, Irlanda, China, Cingapura e Espanha. O mercado mundial gira em torno de US\$ 15 milhões/ano, com um crescimento de aproximadamente 11% ao ano.

Segundo Prins, Vieira e Freitas (2010) as indústrias de aromas e fragrâncias representam um mercado de US\$ 18 bilhões por ano e o comércio internacional apresenta aumento médio de 10% ao ano.

O Brasil tem destaque na produção mundial de óleos essenciais, mas sofre com problemas no setor de qualidade, representatividade nacional e baixos investimentos governamentais (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

3.5. Secagem

De acordo com Braga (2002), defini-se secagem como uma operação adotada para eliminar água ou outro líquido que cobre a superfície e/ou está inserido no interior de um material, por evaporação, com transferência simultânea de calor e massa. Para evaporar a umidade do produto, é necessário fornecer calor e para remover o vapor d'água formado na superfície do produto, um sorvedor.

O processo de fornecimento de calor da fonte quente para o material úmido é quem irá promover a evaporação da água do material e em seguida a transferência de massa arrastará o vapor formado (PARK et al., 2007).

Conforme a segunda lei da termodinâmica, o fluxo de matéria (ou de massa, ou de mols) será de uma região de maior para outra de menor concentração de uma determinada espécie química (soluto). Transferência de massa é um fenômeno ocasionado pela diferença de concentração, maior para menor, de um determinado soluto em certo meio (CREMASCO, 2002).

Quando ocorre a secagem de um sólido, ocorrem dois processos fundamentais e simultâneos: transferência de calor para evaporar o líquido e transferência de massa da umidade interna e do líquido evaporado. Braga (2002) cita os mecanismos gerais da secagem:

- Evaporação do líquido na superfície do material; pequena resistência à difusão interna de líquido comparada à resistência para remover o vapor da superfície.
- Evaporação na superfície do material, grande resistência à difusão interna de líquido comparada à resistência para promover o vapor da superfície.
- Evaporação no interior do material; grande resistência à difusão interna de líquido comparada à resistência total para promover o vapor.

A transferência de massa na secagem se dá com a forma líquida ou vapor, ou nos dois estados dentro do material, e como vapor a partir da superfície úmida para o ambiente.

Segundo Borsato, Doni-Filho e Ahrens (2005) a temperatura utilizada na secagem tem influência na remoção de água, que ao ser retirada, pode carregar consigo o óleo essencial. A temperatura é um determinante na vaporização dos compostos voláteis que fazem parte do conjunto denominado “óleo essencial”. Portanto, existe uma determinada faixa de temperatura que seja mais adequada no sentido de menores perdas de óleo e tecnicamente viável.

Para Braga (2002), a temperatura de secagem de folhas de *Corymbia citriodora* em secador de leito fixo não deve ultrapassar 60 °C, para não ocasionar perdas no teor de citronelal.

De acordo com Soares et al. (2007), após a secagem, o menor conteúdo de água nas folhas permite que a corrente de vapor gerada no extrator possa arrastar, com mais eficiência, as substâncias voláteis armazenadas nas células, quando comparado com o material verde.

Para plantas produtoras de óleo essencial, a secagem deve ser criteriosa em razão da volatilidade dos óleos essenciais. Por isso, é necessária a definição de metodologias de secagem apropriadas para cada espécie, a fim de manter os teores de substâncias ativas (MOCHI, 2005).

A principal razão de se realizar a secagem é a de manter a qualidade do produto, conservando as suas propriedades físico-químicas pela diminuição da concentração de água, para teores que não favoreça a perda de qualidade do material, inibindo dessa forma agentes de deterioração, principalmente microorganismos e para reduzir a massa do produto e o custo de transporte (BRAGA, 2002).

Segundo Vitti e Brito (2003) a secagem das folhas é importante para as empresas, de forma que não há transporte de água, aumentando a capacidade do volume de folhas para a destilaria e, conseqüentemente maior volume de óleo.

A secagem natural é um processo lento, que deve ser conduzido à sombra, em local ventilado, protegido de poeira e de ataque de insetos e outros animais (MOCHI, 2005).

3.5.1. Secagem em leito fixo

A utilização da técnica de fluidização foi difundida em 1940, com a construção do primeiro leito fluidizado para craqueamento em carvão. Somente mais tarde esta técnica seria utilizada como meio adequado ao recobrimento de partículas. Recentemente, foi verificada a possibilidade de utilização do leito fluidizado em alguns processos de revestimento de sementes, além de processos de secagem, comumente utilizados (ALMEIDA; ROCHA, 2002).

A secagem em leito fluidizado é considerada uma das mais eficientes técnicas de secagem. Elevação de calor e transferência de massa e alta capacidade de secagem são as principais vantagens. Durante o processo de secagem em leito fluidizado, embora a taxa de secagem dependa da temperatura de secagem, esta não deve ser aumentada para um valor muito alto, pois a alta temperatura pode danificar as partículas. Devido às características da técnica de secagem rápida, tem sido considerada como uma técnica econômica comparada com outros métodos. Leitos fluidizados são comumente utilizados para a secagem de materiais granulares, cereais, polímeros, produtos químicos, produtos farmacêuticos, fertilizantes, produtos cristalinos e minerais (CIL; TOPUZ, 2008).

O equipamento de secagem em leito fixo consiste de um aquecedor do agente de secagem, normalmente o ar, e um soprador para forçar o escoamento desses através do leito de secagem. O material permanece estático durante a secagem (BRAGA, 2002).

De acordo com Braga (2002), os secadores devem ser escolhidos de modo que estes não comprometam o produto final (seco). É um dos sistemas de contato sólido-fluido de concepção mais simples na área de sistemas de particulados e um dos mais utilizados na indústria química, seja como reator de leito catalítico, adsorvedor, trocador de calor e secador, principalmente de produtos agrícolas. O secador utilizado neste trabalho é o tipo leito fixo classificado como por contato direto

Existem diversos tipos de secadores e sua utilização depende do método de transferência de calor para o material úmido, ou das características de manipulação e das propriedades físicas do material.

Nos secadores por contato direto, as características operacionais são:

- Contato direto do ar aquecido com o material;

– Nas temperaturas do ar de secagem abaixo do ponto de ebulição da água (100°C), o teor de umidade no ar de secagem influencia a taxa de secagem e o teor final de umidade;

– Nas temperaturas do ar acima do ponto de ebulição normal da água, o teor de umidade no ar de secagem tem pequeno efeito retardador sobre a taxa de secagem e o teor final de umidade;

– Na secagem a baixa temperatura (20 a 50°C), a desumidificação do ar de secagem pode ser necessária quando a umidade atmosférica for excessivamente elevada.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

As folhas foram colhidas no período da manhã, da Fazenda São Marcos, localizada no município de Itapeva, e trazidas para o Laboratório de Fluidotérmica e Ambiental da Universidade Estadual Paulista – Campus de Itapeva. As extrações foram feitas com folhas frescas, secas naturalmente (figura 8) e no equipamento de secagem em leito fluidizado (figura 9).

4.1. Secagem natural

Após a retirada das folhas dos galhos, a sua massa foi medida em balança semi-analítica e foram separadas em porções de 500g para secarem ao ar livre e na sombra, em ambiente coberto e ventilado, dispostas em engradado conforme a figura 8. Foram feitas amostras para conjunto de 10, 15 e 20 dias de secagem. Esta secagem ocorreu nos meses de janeiro e fevereiro com temperatura do ar média de 23,5°C e 22,8 °C respectivamente. Estes dados foram fornecidos pela estação meteorológica Cepagri Meteorologia Unicamp.



Figura 8: Folhas deixadas para secar ao ar livre.
Fonte: Autor

Após a secagem, a massa das folhas foi medida em balança semi-analítica para o cálculo da perda de água e estas foram colocadas no destilador para extrair o óleo essencial.

4.2. Secagem no leito fluidizado

Para a secagem das folhas foi utilizado um secador tipo leito fixo, que contém os seguintes componentes conforme está representado na figura 9:

- 1 - Soprador
- 2 - Válvula controladora de vazão
- 3 - Ponto de medição de velocidade e temperatura
- 5 - Fluxo de ar no interior do leito
- 4 - Cesto (disposição as folhas)
- 6 - Leito Fixo

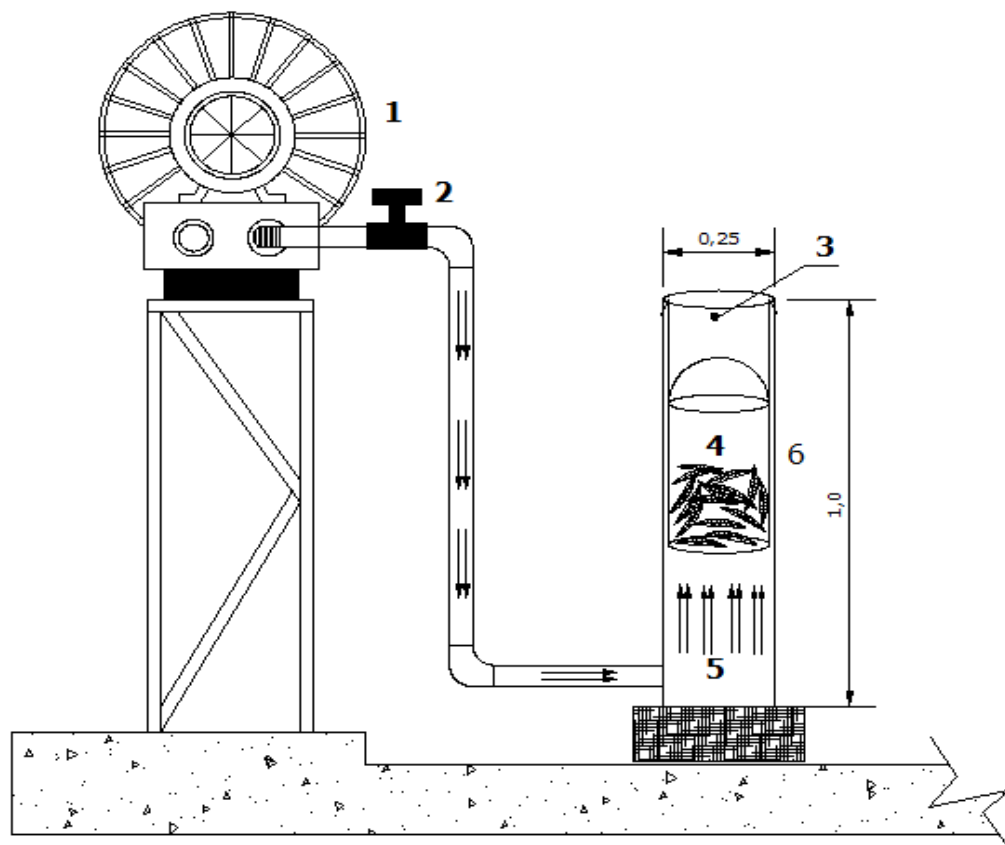


Figura 9: Equipamento de secagem em leito fluidizado.

Fonte: Autor

Após serem retiradas dos galhos, determinou-se a massa das folhas em balança semi-analítica e colocou-se no cesto (figura 10) para a secarem no leito fluidizado (figura 11) em tempos de 60, 90 e 120 min. A velocidade do ar no interior do leito foi medida com um anemômetro digital, e seu valor foi de aproximadamente 1,5 m/s.

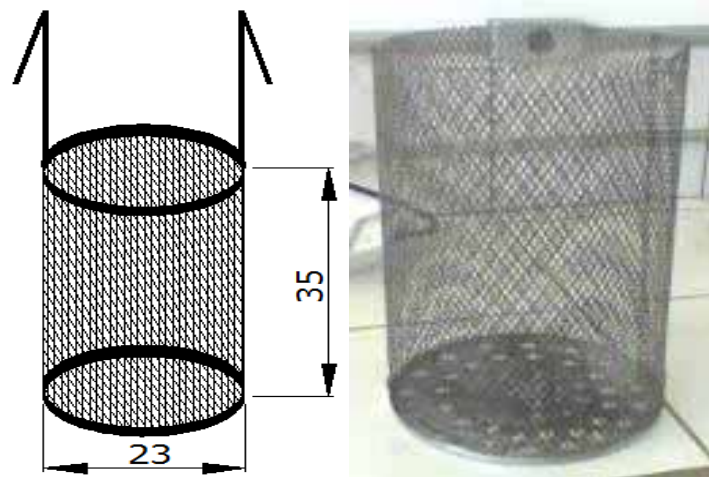


Figura 10: Cesto para dispor as folhas no equipamento de secagem em leito fluidizado.

Fonte: Autor

Durante o processo de secagem das folhas, a temperatura fornecida pelo equipamento foi aferida com um anemômetro digital de 15 em 15 minutos, para controle das propriedades do óleo. A temperatura não ultrapassou o valor de 35 °C.

Após a secagem, as folhas foram retiradas do cesto para a determinação de sua massa final em balança semi-analítica. Em seguida, iniciou-se o procedimento de extração do óleo.

4.3. Determinação do teor de umidade

Para a determinação do teor de umidade, foi feito o mesmo procedimento de secagem das folhas no leito fluidizado e na secagem natural. Retiraram-se amostras para a medição de sua massa em balança analítica e colocaram-se em estufa por 48h.

O teor de umidade em base seca (TU) foi calculado com a equação 1:

$$TU = \frac{(M_i - M_s)}{M_s} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

M_i = massa úmida das folhas em gramas (g);

M_s = massa seca das folhas em gramas (g).

4.4. Determinação da massa final das folhas

A massa das folhas foi medida em balança semi-analítica após a secagem, e em seguida iniciou-se o processo de extração.

4.5. Extração do óleo essencial

As extrações foram feitas num destilador MA 480 (figura 11). O destilador possui os seguintes componentes:

- 1- Caldeira
- 2- Retorno de água para o sistema
- 3- Condensador
- 4- Frasco florentino (coletor)
- 5- Saída de água

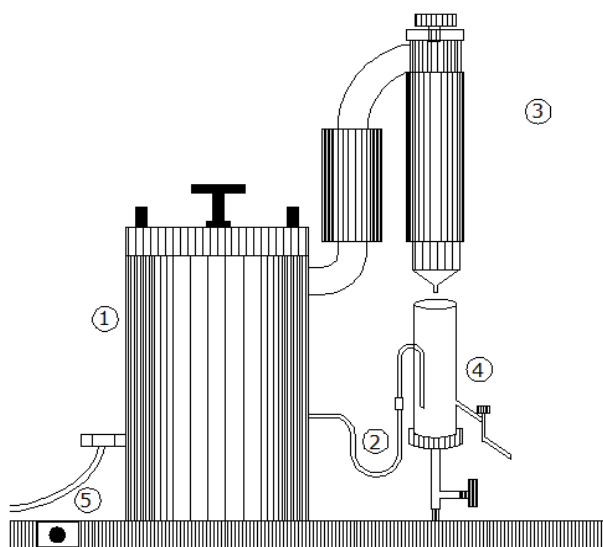


Figura 11: Destilador MA 480.
Fonte: Autor

Colocaram-se as folhas no destilador com a água da caldeira pré-aquecida e após a condensação iniciou-se a extração, com duração de 1h e 30 minutos. Após o término da extração, esperou-se a decantação do hidrolato (água e óleo) (figura 12), separou-se o óleo da água e mediu-se o volume do óleo em uma proveta de 25 mL para cálculo do rendimento.

O rendimento (R) do óleo foi calculado com a equação 2:

$$R = \frac{M_o}{M_f} \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

M_o = massa do óleo em gramas;

M_f = massa de folhas em gramas (base seca).



Figura 12: Frasco florentino com hidrolato.
Fonte: Autor

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizaram-se testes de extração com folhas frescas no mês de janeiro e fevereiro e secas nos meses de março e abril de 2012. Para análise dos resultados utilizaram-se os métodos de secagem (secagem natural e em leito fluidizado), seus respectivos tempos de secagem (10, 15 e 20 dias e 60, 90 e 120 minutos) e analisou-se o rendimento do óleo.

5.1. Temperatura do ar média na cidade de Itapeva

De acordo com Vitti e Brito (2003) e Brum (2010) em relação às condições ambientais, a temperatura do ar exerce influência direta na segregação do óleo na superfície da folha. A tabela 5 mostra os valores da temperatura do ar média na cidade de Itapeva nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril. Observa-se que a temperatura média caiu ao longo dos meses.

Tabela 5: Valores médios de temperatura para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2012.

Mês	Temperatura do ar (°C)		
	Mínima média	Máxima média	Média
Jan	18	28,9	23,3
Fev	17,7	28,9	23,5
Mar	17,1	28,4	22,8
Abr	14,4	26,3	20,3

Fonte: Cepagri Meteorologia Unicamp (2012)

5.2. Teores de umidade nas folhas

O teor de umidade das folhas foi calculado com a equação 1. A tabela 6 apresenta os valores médios dos teores de umidade das folhas frescas e a tabela 7 apresenta os valores médios dos teores de umidade em base seca das folhas após a secagem para ambos os métodos. Fazendo uma comparação das 2 tabelas observa-se que as folhas usadas para a secagem de 90 minutos estavam com alto teor de umidade comparando com as folhas usadas para a secagem de 60 e 120 minutos, e como as extrações das folhas secas em leito fluidizado foram feitas no

mês de março e abril, onde houve uma queda de temperatura do ar conforme a tabela 5, seus teores de umidade final das folhas não ficaram tão baixos quanto os teores das folhas secas naturalmente no mês de janeiro e fevereiro. As folhas frescas de 10, 15 e 20 dias apresentaram os teores de umidade aproximados, pois foram colocadas para secarem no mesmo dia.

Tabela 6: Valores do teor de umidade das folhas frescas

	Teor de umidade (%)
Folhas frescas, 10, 15 e 20 dias	118
60 minutos	103
90 minutos	117
120 minutos	99

Tabela 7: Valores do teor de umidade das folhas secas

	Teor de umidade (%)
10 dias	19
15 dias	16
20 dias	17
60 minutos	85
90 minutos	76
120 minutos	82

5.3. Secagem no leito fluidizado

5.3.1. Temperatura aferida no leito fluidizado

A temperatura do leito fluidizado (figura 13) foi aferida com um anemômetro digital ao longo de todo o período de secagem de 15 em 15 minutos, pois de acordo com Braga (2002) a temperatura em leito fixo não deve ultrapassar 60 °C para não ocasionar perdas no teor de citronelal e a temperatura ótima para a remoção de umidade é 50°C. Pode-se observar que a temperatura ficou aproximadamente entre 30,5 °C e 34 °C.

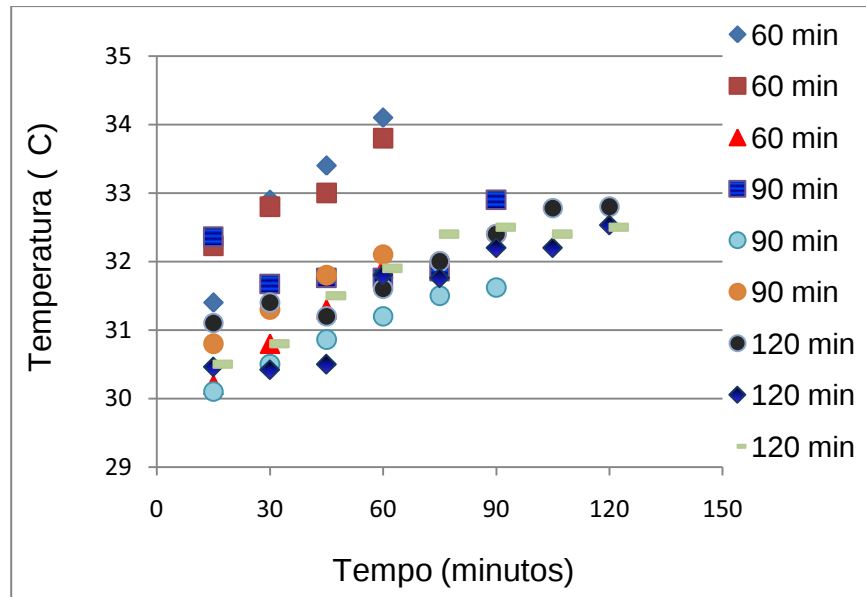


Figura 13: Temperatura aferida ao longo da secagem no leito fluidizado

5.3.2. Perda de massa das folhas

A massa inicial das folhas foi de 500g. Na figura 14 estão os valores da massa final das folhas após a secagem em leito fluidizado.

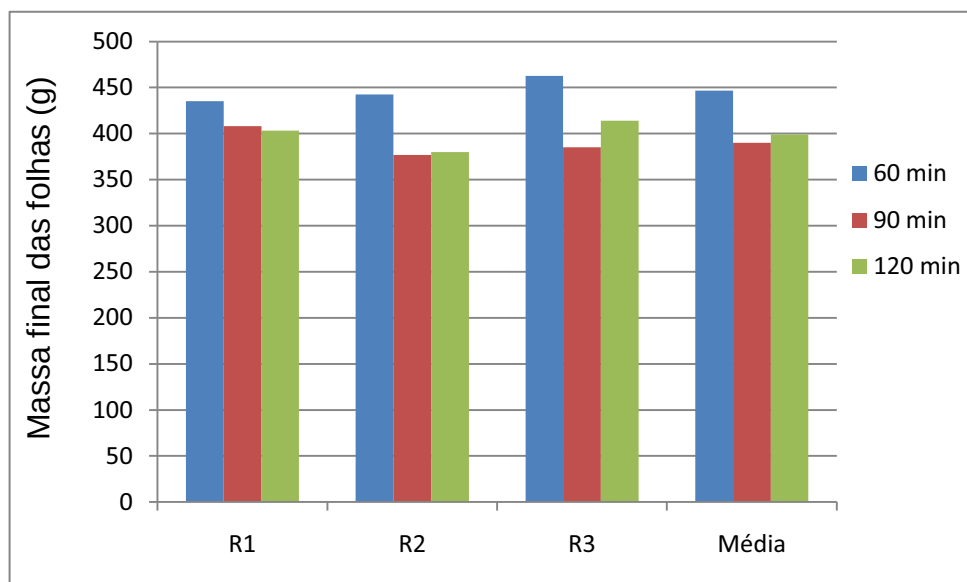


Figura 14: Massa das folhas após a secagem no leito fluidizado

Observa-se que a folha perde água conforme se aumenta o tempo de secagem e que a massa das folhas se estabiliza em 90 minutos de secagem.

Apesar de a massa final das folhas ter caído ao longo do tempo de secagem, o teor de umidade após a secagem das folhas não se alterou com grande diferença entre os tempos de 60, 90 e 120 minutos conforme a tabela 7.

5.3.3. Influência da secagem das folhas secas no leite fluidizado

Abaixo estão os resultados dos rendimentos de 60, 90 e 120 minutos, onde R1, R2 e R3 representam os experimentos realizados para cada tempo de secagem.

Na figura 15 observa-se que o rendimento obtido na secagem de 60 minutos (figura 13) apresentou valores maiores para os experimentos R1 e R2.

Os experimentos de secagem em leite fluidizado de R1 e R2 foram feitos no início do mês de março e o R3 foi feito início do mês de abril. Observa-se que todos os resultados obtidos após a secagem foram maiores que os resultados obtidos para a extração de folhas frescas, porém os valores tiveram diferença entre si devido às influências das condições ambientais na coleta das folhas. De acordo com Vitti e Brito (2002) e Brum (2010) as condições ambientais alteram a produção de óleo essencial.

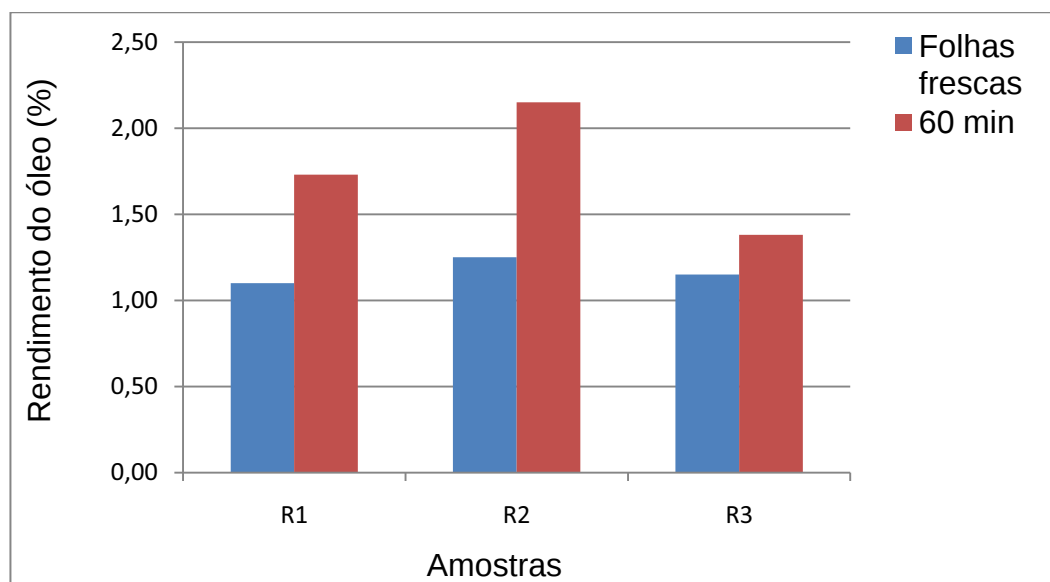


Figura 15: Rendimento folhas frescas e folhas secas em 60 minutos no leite fluidizado

Na figura 16 estão os valores dos rendimentos da secagem em 90 minutos.

Pode-se observar que o experimento de R1 deu um valor de rendimento maior que R2 e R3. A extração de R1 foi feita no início de março e as extrações de R2 e R3 foram feitas no final de março.

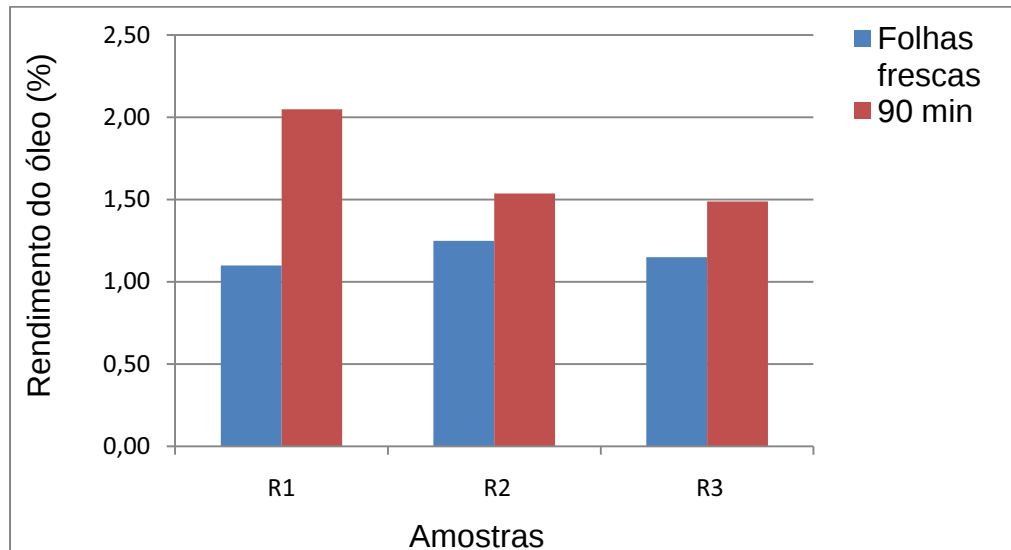


Figura 16: Rendimento folhas frescas e folhas secas em 90 minutos no leito fluidizado

Como foi dito anteriormente, para a produção de óleo essencial é afetada pelas condições ambientais.

A figura 17 mostra os resultados dos rendimentos da secagem de 120 minutos.

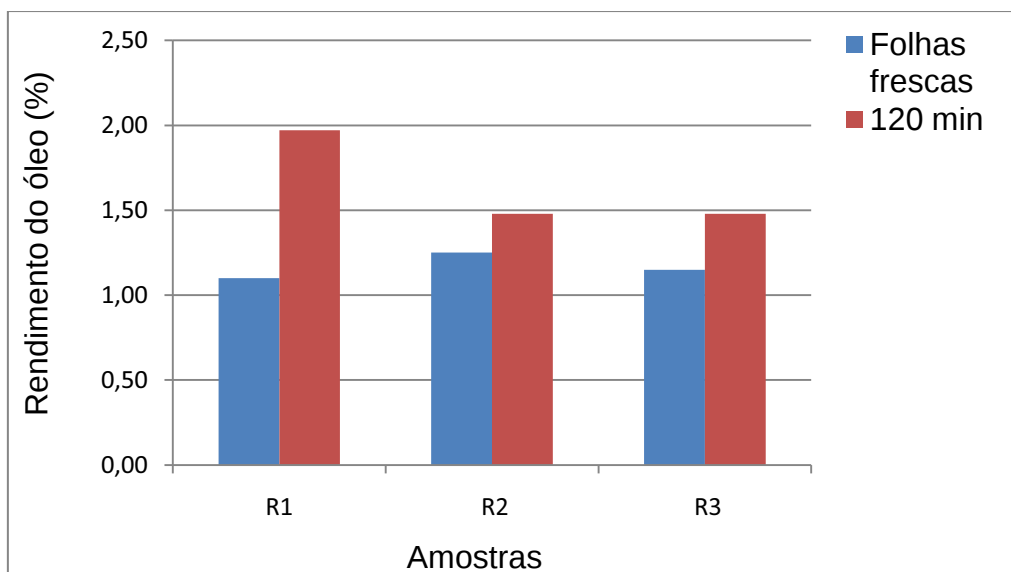


Figura 17: Rendimento folhas frescas e folhas secas em 120 minutos no leito fluidizado

Pode-se observar que o experimento de R1, foi mais elevado comparado aos valores de R2 e R3, pois a extração deste foi feita no início de março e as outras duas foram feitas no início de abril.

Na figura 18 estão apresentados todos os valores de rendimento de folhas frescas e secas e as suas médias. Comparando os rendimentos obtidos, observa-se que todos os rendimentos foram mais elevados em relação aos valores de folha fresca, independente da época do ano em que foram feitas.

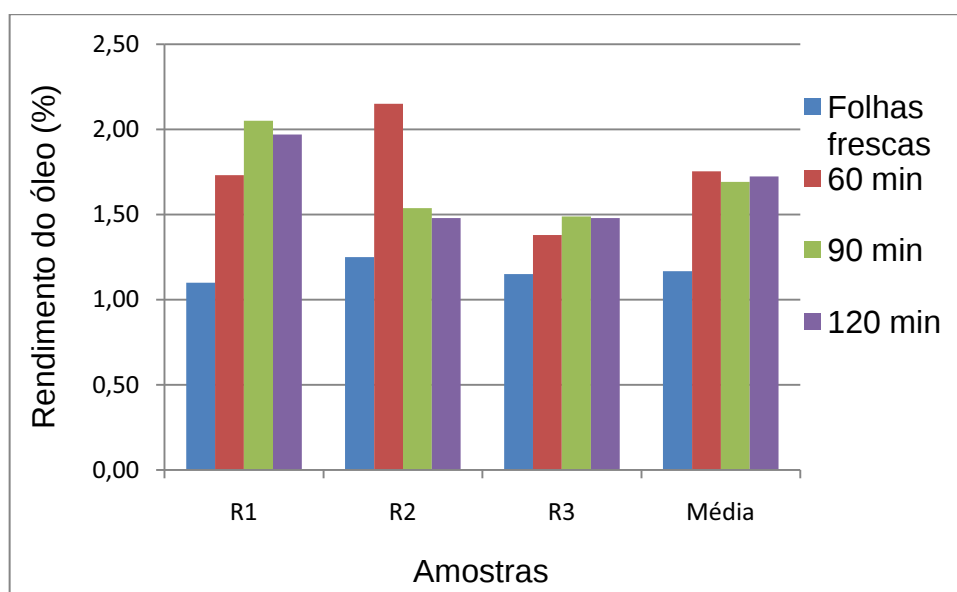


Figura 18: Rendimento folhas frescas e secas em 60, 90 e 120 minutos no leito fluidizado

Todos os métodos tiveram variação de rendimento entre as amostras, pois como foi dito anteriormente as condições climáticas influenciaram na extração do óleo essencial.

No apêndice A estão os valores de rendimento de óleo em base úmida.

5.3.4. Influência o teor de umidade das folhas secas no leito fluidizado

A figura 19 apresenta os valores do rendimento em relação ao teor de umidade das folhas secas. Nota-se que os teores de umidade ficaram muito próximos e consequentemente os valores médios dos rendimentos também. Mas em relação

aos valores de rendimento de folhas frescas houve um aumento destes conforme mostra a figura.

5.3.4. Influência do teor de umidade das folhas secas no leito fluidizado

A figura 19 apresenta os valores do rendimento em relação ao teor de umidade das folhas secas. Nota-se que os teores de umidade ficaram muito próximos e consequentemente os valores médios dos rendimentos também. Mas em relação aos valores de rendimento de folhas frescas houve um aumento destes conforme mostra a figura.

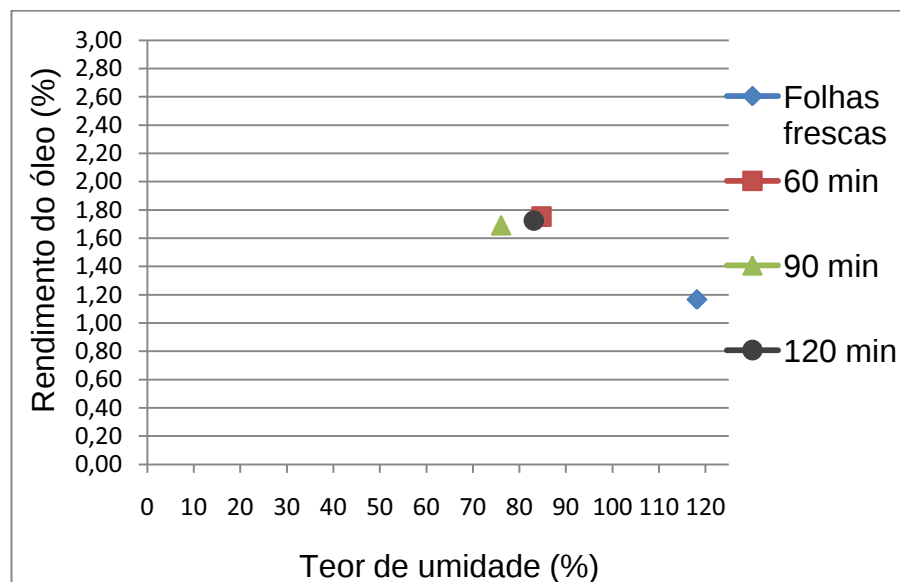


Figura 19: Rendimento do óleo em relação ao teor de umidade das folhas secas no leito fluidizado

5.4. Secagem natural

5.4.1. Influência da secagem natural das folhas

A figura 20 mostra os rendimentos da secagem de 10, 15 e 20 dias. Pode-se observar que o rendimento aumentou na secagem natural obtendo o maior valor para 15 dias e decresceu com pouca diferença para 20 dias.

A secagem natural é um processo lento e os óleos essenciais apresentam volatilidade quando expostos ao ambiente, onde 15 dias de secagem foram suficientes para aumentar o rendimento do óleo.

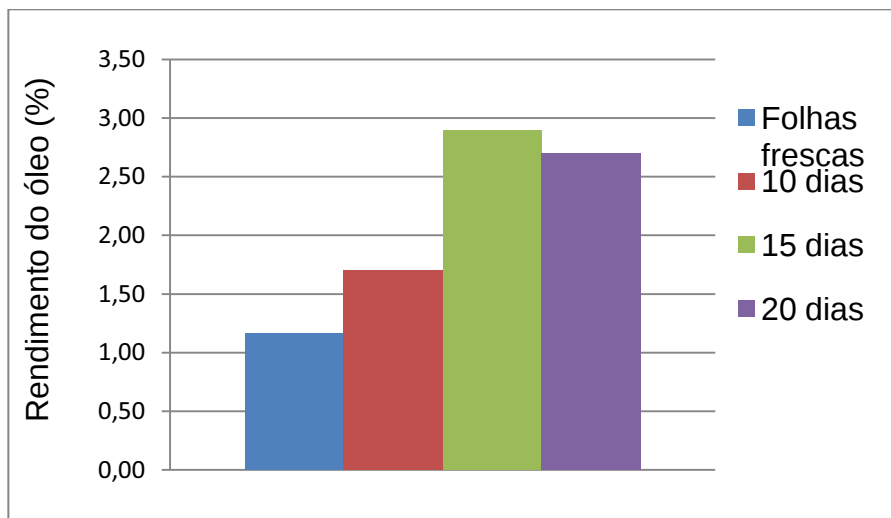


Figura 20: Rendimento do óleo em relação ao tempo de secagem

5.4.2. Influência do tempo de secagem das folhas secas naturalmente

A figura 21 mostra os valores de rendimento em relação ao teor de umidade médio das folhas secas.

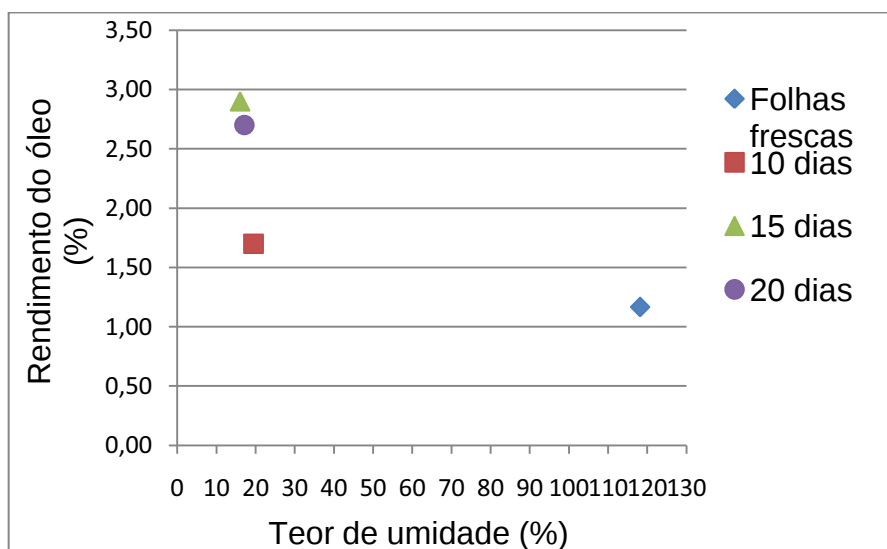


Figura 21: Rendimento do óleo em relação ao teor de umidade das folhas frescas e secas naturalmente

O rendimento do óleo essencial foi mais elevado para 15 e 20 dias de secagem, onde obtiveram teores de umidade das folhas aproximados, nota-se que a secagem de 15 dias foi suficiente para retirar a umidade necessária elevar o rendimento em relação ao rendimento de folhas frescas.

5.5. Comparação de todos os métodos de secagem

Na figura 22 estão apresentados todos os métodos e tempos de secagem das folhas. Fazendo uma comparação de todos percebe-se que os maiores valores de rendimento foram para a secagem natural de 15 e 20 dias. O rendimento de 15 dias de secagem foi 2,5 vezes maior que o rendimento de folhas frescas. Os rendimentos do óleo para a secagem no leito fluidizado não apresentaram tanta diferença entre si comparados com os valores obtidos da secagem natural, onde o rendimento para 15 dias foi 1,7 vezes maior que o rendimento para 10 dias.

Todos os rendimentos estão de acordo com os valores citados pelos autores Hovell e Rezende (2009), Vieira (2004), Barros e Yabiku (1995) e Vitti e Brito (2003), que estão entre 0,5% e 3,0%.

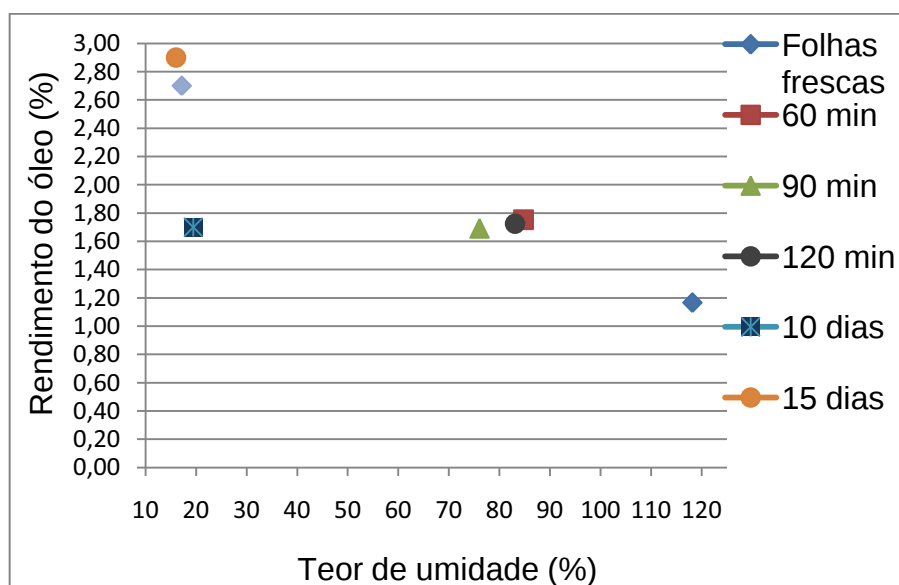


Figura 22: Rendimento de óleo em relação ao teor de umidade das folhas para todos os métodos de secagem

6. CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos pode-se concluir:

- A temperatura utilizada no leito utilizado tem influência na taxa de secagem para retirar a água necessária para aumentar o rendimento do óleo;
- O leito fluidizado é um equipamento que fornece calor e este após certo período de tempo, promove o aumento de temperatura e faz com que esta seja suficiente para promover a transferência de massa (retirada de água das folhas);
- O teor de umidade das folhas tem influência no rendimento do óleo, pois a alta quantidade de água presente nas folhas dificulta a passagem do vapor para arrastar o óleo contido nas células;
- Os menores teores de umidade obtidos foram de 16% e 17%, sendo estes os teores obtidos para os maiores valores de rendimento, que são de 2,9% e 2,7% respectivamente.
- Comparando os métodos de secagem, o melhor resultado de rendimento foi obtido na secagem natural de 15 dias, com rendimento de óleo de 2,9%. Este proporcionou um aumento de 2,5 vezes maior que o rendimento de folhas frescas, que apresentou um valor de rendimento de 1,17%. Para cada tonelada de folha extraída aumentaria 17 kg a mais de óleo obtido;
- Todos os valores de rendimento obtidos de todas as extrações realizadas estão de acordo com os valores encontrados na literatura, que variam entre 0,5% e 3%;
- As condições ambientais, como a temperatura e a estação do ano influenciam no rendimento do óleo essencial, mas independente dessas condições, a secagem das folhas proporciona o aumento do rendimento, além de permitir a disposição de maior quantidade de folha no extrator, devido à redução da sua massa, aumentando a produção de óleo essencial.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Celina de; ROCHA, Sandra Cristina Dos Santos. Fluidodinâmica de sementes de brócolis em leito fluidizado de jorro. **Scientia Agricola**, Campinas, v. 59, n. 4, p.645-652, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n4/a04v59n4.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2010.

AROMALÂNDIA. Disponível em: <<http://www.aromalandia.com.br/extracao.html>>. Acesso em: 13 maio 2012.

BARROS, Cleide Bassani de; YABIKU, Helena Yuco. **Dados internacionais de Catalogação na Publicação**. Acesso em: 02 abr. 2010.

BIZZO, Humberto R.; HOVELL, Ana Maria C.; REZENDE, Claudia M.. Óleos essenciais no Brasil: Aspectos gerais, Desenvolvimento e Perspectivas. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 32, p.588-594, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a05v32n3.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2010.

BORSATO A. V.; DONI-FILHO L.; AHRENS D. C. Secagem da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Raeuchert] com cinco temperaturas do ar. **Rev. Bras. Pi. Med**, Botucatu, v. 7, n. 2, p.77-85, 2005. Disponível em: <http://www2.ibb.unesp.br/servicos/publicacoes/rbpm/pdf_v7_n3_2005/artigo9_v7_n3.pdf>. Acesso em: 02 out. 2010.

BRAGA, Nazareno de Pina. **Influencia da secagem no rendimento e na composição do óleo essencial das folhas de *Eucalyptus citriodora***. 2002. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Área de Concentração em Engenharia de Processos, Unicamp, Campinas, 2002. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000271552>>. Acesso em: 02 out. 2010.

BRUM, Luis Fernando Wentz. **Obtenção e avaliação de extratos de folhas de eucalipto (*Eucalyptus dives*) como potenciais antioxidantes em alimentos**. 2010. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <<http://www.pgeal.ufsc.br/files/2011/01/Disserta%C3%A7%C3%A3o-diagramada-Luis.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2010.

CASTRO et al. Avaliação do rendimento e dos constituintes químicos do óleo essencial de folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. colhidas em diferentes épocas do ano em municípios de Minas Gerais. **Rev. Bras. Pi. Med.**, Botucatu, v. 10, p.70-75, 2008. Disponível em:

<www.ibb.unesp.br/servicos/.../pdf.../artigo10_v10_n1_p70a75.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2010 .

CEPAGRI METEOROLOGIA UNICAMP. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_259.html>. Acesso em: 21 maio 2012.

CIL, B.; TOPUZ, A. Fluidized bed drying of corn, bean and chickpea. **Journal Of Food Process Engineering**, Zonguldak, p. 1079-1096. 08 jul. 2008. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4530.2008.00327.x/abstract;jsessionid=2563F4A87E7CECA865BF23F273C127EA.d02t03?userIsAuthenticated=false&deniedAccessCustomisedMessage=>. Acesso em: 03 set. 2011 .

CRAVEIRO, Afrânio Aragão; QUEIROZ, Danilo Caldas de. Óleos essenciais e química fina. **Química Nova**, Fortaleza, p.224-228, 20 nov. 1992. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n3/v16_n3_%20\(9\).pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n3/v16_n3_%20(9).pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2010.

CREMASCO, Marco Aurélio. **Fundamentos de transferência de massa**. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2002. 729 p.

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO. Disponível em: <<http://web.ist.utl.pt/ist10738/investig.html>>. Acesso em: 13 maio 2012.

LA CRUZ, Mari Gema Fontelles De. **O uso de óleos essenciais na terapêutica**. Instituto Centro de Vida, 199-. Disponível em: <http://www.aja.org.br/oleos/oleos_essenciais_terapias.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2010.

LASZLO AROMATOLOGIA. Disponível em: <<http://www.laszlo.ind.br/default.asp?pagina=extracao>>. Acesso em: 13 maio 2012.

MOCHI, Vanessa Trevizan. **Efeito da temperatura de secagem no rendimento do óleo essencial e teor de 1,8-cineol presentes nas folhas de *Eucalyptus camaldulensis***. 2005. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual De Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: <libdigi.unicamp.br/document/?down=vtls000379972>. Acesso em: 02 abr. 2010.

NUNES, Cintia Silva. **Estabilidade dimensional e modificações químicas da madeira termorretificada de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson**. 2009. 32 f. Tese (Trabalho de Graduação) - Curso de Engenharia

Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009. Disponível em: < <http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/2009I/Cintia.pdf> >. Acesso em: 02 abr. 2010.

PARK, Kil Jin et al. **Conceitos de processos e equipamentos de secagem**. 2007. Disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/concproceqsec_07.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2010.

PRINS, Cláudia L.; VIEIRA, Ivo J. C.; FREITAS, Silvério. C.. Growth regulators and essential oil production. **Brazilian Society Of Plant Physiology**, Campos Dos Goytacazes, p.91-102, 27 jul. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjpp/v22n2/v22n2a03.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

SOARES, Rilvaynia Dantas et al. Influência da temperatura e velocidade do ar na secagem de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p.1108-1113, 1 jan. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542007000400025&script=sci_arttext>. Acesso em: 02 abr. 2010.

VIEIRA, Israel Gomes. **Estudo de caracteres silviculturais e de produção de óleo essencial de progênies de *Corymbia citriodora* (Hook) K.D.Hill & L.A.S. Johnson procedente de Anhembi SP - Brasil, Ex. Atherton QLD - Austrália**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-06122004-112600/pt-br.php>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

VITTI, Andrea M. Silveira; BRITO, José Otávio. Avaliação do rendimento e do teor de citronelal do óleo essencial de procedências e raças locais de *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, v. 56, p.145-154, 1999. Disponível em: < <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr56/cap11.pdf> >. Acesso em: 02 abr. 2010.

VITTI, Andrea M. Silveira; BRITO, José Otávio. **Óleo essencial de eucalipto**. Documentos Florestais, n. 17, 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/df17.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2010.

APÊNDICE A – Resultados dos rendimentos de óleo em base úmida da secagem em leito fluidizado para os tempos de 60, 90 e 120 minutos.

