

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO “STRICTU SENSU” EM  
ENGENHARIA QUIMICA – NÍVEL MESTRADO**

**TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL  
POR ARRASTE DE VAPOR D'ÁGUA DILUIDO EM CO<sub>2</sub>**

**DANIELA CRISTINA DE OLIVEIRA BUENO**

**TOLEDO-PR-BRASIL  
FEVEREIRO DE 2016**

**DANIELA CRISTINA DE OLIVEIRA BUENO**

**TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL  
POR ARRASTE DE VAPOR D'ÁGUA DILUIDO EM CO<sub>2</sub>**

Defesa de dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, na área de concentração Monitoramento e Controle Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon.

**TOLEDO-PR-BRASIL  
FEVEREIRO DE 2016**

**DANIELA CRISTINA DE OLIVEIRA BUENO**

**TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL POR  
ARRASTE DE VAPOR D'ÁGUA DILUIDO EM CO<sub>2</sub>**

Defesa de dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, na área de concentração Monitoramento e Controle Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon.  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Borba  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof. Dr. Robson Luciano de Almeida  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Toledo, 29 de fevereiro de 2016.

## AGRADECIMENTOS

É extremamente difícil agradecer a todos, sem esquecer alguns, que, de alguma forma contribuíram para que este trabalho chegasse ao seu final. Sem dúvida, ele só foi possível pela dedicação e grande contribuição dos professores que nos instruíram ao longo destes dois anos de pós-graduação e pelos colegas que adquirimos ao longo desta jornada.

Em especial, quero agradecer ao Prof. Dr. Camilo, pela paciência e pelo tempo despendido em me orientar e aconselhar no desenvolvimento deste trabalho, com toda a certeza a minha admiração e estima somente aumentou pelo profissional e ser humano que é não poderia ter tido melhor orientador.

Ao Jeferson, pelo auxílio ao longo do desenvolvimento da dissertação e nos experimentos com o equipamento, foi de grande valia.

Agradeço também de coração aos amigos e pessoas próximas pela compreensão, pelos momentos valiosos que roubei para finalizar esta etapa e também porque sempre me apoiam em minhas atividades, e, principalmente ajudam a renovar as minhas energias.

A empresa Inomaq, ao Alceo e colaboradores por acreditarem no meu projeto e juntos trabalharmos para que o mesmo funcionasse.

Ao Paulo Victor, meu marido, pela paciência, amor, compreensão e companheirismo, sempre disposto a ajudar nas “expedições” para encontrar material para o experimento. Com certeza você é um dos pilares de força que fizeram com que eu tornasse um dos meus sonhos realidade.

A teoria sem a prática vira ‘verbalismos’, assim como a prática sem a teoria, vira ativismo. No entanto, quando se une a prática com a teoria, tem-se a práxis, a ação criadora e modificadora da realidade.

(Paulo Freire, 2005)

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABELAS .....	vii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	1
1.1.1. Objetivo .....	2
1.1.2. Justificativa.....	3
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	4
2.1. DEFINIÇÃO.....	4
2.1.1. Óleos essenciais.....	4
2.2. MATÉRIA PRIMA .....	6
2.2.1. Fonte de matéria prima rural/industrial - Eucalipto.....	6
2.2.1.1. Eucalyptus globulus.....	8
2.2.2. Fonte de matéria prima urbana - Arborização/podas.....	9
2.3. PROPRIEDADES DOS ÓLEOS ESSENCIAIS .....	10
2.4. CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO FORNECEDOR .....	12
2.4.1. Resíduos de madeira – Cavaco.....	14
2.4.2. Poda da Arborização Urbana.....	14
2.5. CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO CONSUMIDOR DE ÓLEOS ESSENCIAIS.....	15
2.5.1. Cosméticos e higiene pessoal .....	16
2.5.2. Produtos de Limpeza .....	17
2.5.3. Balança comercial.....	17
2.6. PROCESSOS PARA A EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS .....	18
2.6.1. Destilação por arraste a vapor .....	19
2.6.2. Hidrodestilação.....	21
2.6.3. Enfloragem .....	21
2.6.4. Extração por solvente orgânico .....	21
2.6.5. Extração por CO2 supercrítico .....	22
2.6.6. Prensagem a frio .....	23
2.7. ESTADO DA ARTE EM RELAÇÃO AOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS .....	23
3 MATERIAIS E METODOS.....	33
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA.....	33
3.2. PROSPECÇÃO DA TECNOLOGIA.....	33
3.3. PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA.....	34

3.4. PROTOTIPAGENS POR MEIO DO PROJETO, CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DOS COMPONENTES.....	34
3.4.1. Alinhamento de parceria para fabricação de equipamento.....	35
3.4.2. Planejamento para execução do projeto.....	35
3.4.3. Levantamento de materiais para fabricação .....	35
3.4.4. Acompanhamento da fabricação/montagem do equipamento. ....	35
3.5. TESTES OPERACIONAIS NA CONDIÇÃO REAL DE OPERAÇÃO .....	35
3.5.1. Matéria-prima .....	35
3.5.2. Preparação do Equipamento .....	36
3.5.3. Funcionamento .....	36
3.6. AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS PARA PEDIDO DE PATENTE.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.1. RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA .....	38
4.2. RESULTADOS DA PROSPECÇÃO DA TECNOLOGIA .....	44
4.3. RESULTADOS DA PROPOSIÇÃO DA TECNOLOGIA ALTERNATIVA.....	45
4.4. RESULTADO DA PROTOTIPAGEM POR MEIO DO PROJETO, CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DOS COMPONENTES.....	48
4.5. RESULTADOS DOS TESTES NA CONDIÇÃO REAL DE OPERAÇÃO.....	52
4.6. RESULTADO DA PROSPECÇÃO E AVALIAÇÕES DOS REQUISITOS DE PATENTEAMENTO .....	58
4.7. CONSOLIDAÇÃO DE RESULTADOS .....	63
5 CONCLUSÕES .....	64
SUGESTÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	65
REFERENCIAS .....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Esquema de corte transversal de folha de eucalipto. ....	8
Figura 2.2 - Diagnóstico das espécies arbóreas do Município de Toledo/PR. ....	10
Figura 2.3 - Classificação dos resíduos de acordo com a fonte de geração. ....	13
Figura 2.4 - Mapa brasileiro da distribuição de empresas de HCCP por região. ....	17
Figura 2.5 – Quantidade de documentos sobre óleos essenciais publicados por ano.....	23
Figura 2.6 - Quantidade de documentos sobre métodos de extração de óleos essenciais publicados por ano.....	24
Figura 2.7 - Quantidade de documentos sobre tecnologias de extração de óleos essenciais publicados por ano.....	25
Figura 2.8 – Comparação de quantidades de publicações por países sobre óleos essenciais. ....	25
Figura 2.9 - Comparação de quantidades de publicações por países sobre métodos de extração de óleos essenciais. ....	26
Figura 2.10 - Comparação de quantidades de publicações por países sobre tecnologias de extração de óleos essenciais. ....	27
Figura 2.11 - Comparação por tipo de documentos sobre óleos essenciais. ....	27
Figura 2.12 - Comparação por tipo de documentos sobre métodos de extração de óleos essenciais. ....	28
Figura 2.13 - Comparação por tipo de documentos sobre tecnologias de extração de óleos essenciais. Fonte: Scopus, 2015. ....	28
Figura 2.14 - Comparação de documentos publicados por área de atuação sobre óleos essenciais. Fonte: Scopus, 2015. ....	29
Figura 2.15 - Comparação de documentos publicados por área de atuação sobre métodos de extração de óleos essenciais Fonte: Scopus, 2015.....	29
Figura 2.16 – Comparação de documentos publicados por área de atuação sobre tecnologias de extração de óleos essenciais ....	30
Figura 4.1- Componentes do Eucalipto. ....	38
Figura 4.2 - Potencial de aproveitamento de resíduos.....	39
Figura 4.3 - Localização do município de Toledo/Pr. ....	40
Figura 4.4 - Gráfico do abate de aves no Paraná de 2010 - 2014.....	40
Figura 4.5 - Gráfico das fontes geradoras de resíduos no Brasil.....	41
Figura 4.6 - Gráfico do consumo de energia do setor agropecuário brasileiro. ....	42
Figura 4.7 - Gráfico da composição das florestas plantadas por área no Brasil.....	42
Figura 4.8 - Ilustração das partes constituintes do extrator de óleo essencial. ....	46
Figura 4.9 - Ilustração das partes constituintes do extrator de óleos essenciais em software SolidWorks. ....	46
Figura 4.10 - Ilustração do projeto do extrator de óleos essenciais em software solidworks. ....	47
Figura 4.11 - Planificação das cotas de dimensionamento do extrator de óleos essenciais. ....	47
Figura 4.12 - Planificação das cotas de dimensionamento do equipamento para sauna. ....	48
Figura 4.13- Ordem de serviço para fabricação do extrator de óleos essenciais. ....	49
Figura 4.14 - Material utilizado para fabricação do equipamento.....	49

Figura 4.15 - Processo de fabricação da caldeira. ....	50
Figura 4.16 - Processo de fabricação do leito extrator. ....	51
Figura 4.17 - Processo de fabricação do condensador.....	51
Figura 4.18 - Ajustes na caldeira e no leito extrator.....	52
Figura 4.19 - Material vegetal coletado - <i>Eucalipto Globulus</i> . ....	53
Figura 4.20 - Combustível utilizado para geração de calor na caldeira. ....	53
Figura 4.21 - Processo de abastecimento de água na caldeira. ....	54
Figura 4.22 - Preparação da matéria - prima no leito extrator.....	54
Figura 4.23 - Pesagem da matéria - prima utilizada. ....	55
Figura 4.24- Alimentação da matéria-prima nos leitos extratores.....	55
Figura 4.25 - Resultado da operação do sistema de extração de óleos essenciais.....	56
Figura 4.26 - Resultado qualitativo após processo de extração.....	56
Figura 4.27 - Resultado qualitativo após o processo de extração.....	57
Figura 4.28 - Esquema dos valores de entrada e saída de óleo essencial no extrator.....	57
Figura 4.29 - Projeto em 3D do equipamento para sauna. ....	62
Figura 4.30 - Apresentação do equipamento no Show Rural em Cascavel/Pr.....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Rendimento de óleos essenciais .....	5
Tabela 2.2 - Composição das florestas plantadas no Brasil em 2012.....	7
Tabela 2.3 - Compostos presentes no óleo essencial de eucalipto. ....	12
Tabela 2.4 - Classificação dos tamanhos de cavaco.....	14
Tabela 4.1 - Vantagens e desvantagens dos métodos de extração de óleo essencial.....	45
Tabela 4.2. - Resumo de comparação de patentes/tecnologias encontradas.....	60
Tabela 4.2.1 - Resumo de comparação de patentes/tecnologias encontradas.....	61
Tabela 4.2.2 - Resumo de comparação de patentes/tecnologias encontradas.....	62
Tabela 4.2.3 - Resumo de comparação de patentes/tecnologias encontradas.....	63

# **TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL POR ARRASTE DE VAPOR D'ÁGUA DILUIDO EM CO<sub>2</sub>**

**AUTOR: DANIELA CRISTINA DE OLIVEIRA BUENO**

**ORIENTADOR: PROF. DR. CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON**

Dissertação de Mestrado; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química; Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Rua da Faculdade, 645; CEP: 85903-000 - Toledo - PR, Brasil, defendida em 29 de fevereiro de 2016.

## **RESUMO**

As árvores fazem parte do nosso cotidiano: na área urbana, como elementos de produção de sombra, paisagismo, infiltração da água, redução da sensação térmica, atenuação da poluição sonora, quebra de ventos, liberação de oxigênio/absorção de poluentes e como micro habitats para a fauna; e na área rural, algumas culturas como o pinus primam essencialmente como fontes energéticas (lenha) do setor industrial. Em todos os casos a característica comum é a geração de resíduos, seja do processo de poda e/ou do processamento/beneficiamento na produção de lenha. Na maioria dos casos esses resíduos são destinados aos aterros sanitários, descartando-se o potencial do aproveitamento, como matéria prima para a produção de óleos essenciais. Partindo deste pressuposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma tecnologia para extração de óleo essencial utilizando um método alternativo com base da inovação incremental. Para tanto, a metodologia contemplou seis etapas: 1) Caracterização da matéria prima; 2) Prospecção tecnológica; 3) Proposição de tecnologia alternativa; 4) Prototipagem por meio de projeto, construção e montagem de componentes; 5) Testes operacionais na condição real de operação; e 6) Avaliação dos requisitos de novidade, atividade inventiva, suficiência descritiva e aplicação industrial para proteção intelectual. O resultado do trabalho foi um produto tecnológico, em escala piloto, para produção de óleo essencial de resíduos da poda de árvores e da produção de lenha dotado de gerador simultâneo de vapor e gás carbônico. O equipamento resultante apresentou características inovadoras e foi objeto de proteção junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) sob o N° BR 20 2015 032186-0 com os seguintes atributos: possibilidade de operação dos seus sistemas modulares de maneira independente ou em conjunto, possibilidade de operação de forma contínua ou em

batelada, utilizando como fluido extrator o vapor e/ou gás carbônico e versatilidade no seu tamanho e capacidade de aplicação em diversos materiais que possuem, na sua composição, óleos essenciais. O trabalho teve também como desdobramento uma tecnologia para utilização em saunas o qual também foi objeto de patenteamento (Patente Nº BR 20 2015 032185-1). O projeto em questão se encontra inserido na área de inovação tecnológica e na sua fase inicial priorizou o desenvolvimento da tecnologia e na segunda fase deve ser complementado com a otimização da parte operacional. Desta forma, contribui-se com a tecnologia ambiental para o aproveitamento dos resíduos de podas e/ou do beneficiamento de lenha industrial.

**Palavra Chave:** Extração por arraste a vapor e gás carbônico, óleo essencial, resíduos não convencionais.

# **TECHNOLOGY ALTERNATIVE FOR EXTRACTION STEAM DRAG FOR ESSENTIAL OIL DILUTED IN WATER CO<sub>2</sub>**

**AUTHOR: DANIELA CRISTINA DE OLIVEIRA BUENO**

**SUPERVISOR: PROF. DR. CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON**

Master Thesis; Chemical Engineering Graduate Program; Western Paraná State University; Rua da Faculdade, 645; CEP: 85903-000 - Toledo - PR, Brazil, presented on February, 29th 2016.

## **ABSTRACT**

The trees are part of our daily life: in urban areas, as shadow production elements, landscaping, water infiltration, reduced thermal sensation, attenuation of noise, breaking wind, oxygen release / absorption of pollutants and as micro habitats for wildlife; and in rural areas, some cultures such as pine are distinguished primarily as energy sources (wood) in the industrial sector. In all cases the common characteristic is the generation of waste is the pruning process and / or processing / production of wood processing. In most cases these residues are intended to landfills, discarding the potential use as raw material for the production of essential oils. On that basis, the aim of this study was to develop a technology for essential oil extraction using an alternative method based on the incremental innovation. Therefore, the methodology included six stages: 1) characterization of the raw material; 2) Technology prospecting; 3) alternative technology proposition; 4) Prototyping through design, construction and assembly components; 5) Operational tests in real operating condition; and 6) the requirements of novelty evaluation, inventive step, sufficiency descriptive and industrial application for intellectual property protection. The result of the work was a technological product, pilot-scale production of essential oil residues from tree pruning and firewood production endowed simultaneously generating steam and carbon dioxide. The resulting equipment introduced innovative features and was the object of protection with the National Institute of Industrial Property (INPI) under No. 2015 032186-0 BR 20 with the following attributes: possibility of operation of the modular systems either independently or together, possibility of continuous operation or in batch, using as extracting fluid vapor and / or carbon dioxide and versatility in size and enforcement capacity in various materials that have, in their

composition, essential oils. The work also had as a development technology for use in saunas which was also object patent (Patent No. BR 20 2015 032185-1). The project in question is inserted in the area of technological innovation and in its early stages prioritized the development of technology and in the second phase should be complemented with the optimization of the operational part. Thus, it contributes to environmental technology for the recovery of waste from pruning and / or industrial wood processing.

**Keyword:** extraction by steam distillation and carbon dioxide, essential oil, unconventional waste.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O acelerado processo de industrialização observado no último século, aliado à crescente concentração demográfica e urbanização da sociedade, tem acarretado um aumento considerável na produção de resíduos sólidos, com inevitáveis implicações ambientais (TÔRRES FILHO, 2005 *apud* ROCCA *et al.*, 1993).

Nesse cenário a atividade florestal da área urbana e rural se constituem em importantes fontes geradoras de resíduos sólidos. O gerenciamento inadequado associado ao baixo aproveitamento desses materiais resulta em danos ambientais, além de perda significativa de oportunidade para a indústria e sociedade em geral.

Dentre os resíduos gerados pela silvicultura, seja nos processos de beneficiamento e/ou poda, podem ser citados os caules, cascas, tocos, folhagens, árvores danificadas e não comercializáveis (KARAJ, 2010). Esses materiais podem deixar de ser um passivo ambiental, pois devido a sua composição podem ser utilizados como matéria-prima para outros fins, gerando lucro para a iniciativa privada e reduzindo os problemas ambientais de interesse da sociedade.

Os resíduos provenientes da poda de arborização urbana e da remoção de árvores públicas, de residências particulares, podem gerar sérios problemas urbanos quando descartados em locais impróprios como aterros sanitários e lixões clandestinos.

O cultivo de florestas de eucalipto no Brasil encontra-se predominantemente voltado ao uso da madeira para fabricação de carvão, celulose e serraria. Suas folhas, em geral, apresentam altos teores de óleo essencial, nem sempre aproveitados.

De maneira geral, qualquer planta, na qual se inclui suas folhas, raízes, flores, cascas de frutos, até mesmo o cavaco da madeira, entre outros, pode ser utilizado como matéria prima para a extração de óleos essenciais.

Do ponto de vista de geração do conhecimento científico, existem vários estudos e pesquisas relacionadas aos óleos essenciais. Porém, faz-se necessário a aplicação destes conhecimentos para o desenvolvimento de novas tecnologias que possam contribuir, neste caso, para o aproveitamento dos resíduos que tenham na sua composição óleos essenciais.

Dentre os métodos de extração de óleos essenciais destaca-se o método de extração supercrítica, pela alta pureza dos extratos e maior eficiência do processo, porém é um método

de custo elevado, em virtude da condição de operação que o procedimento requer. Para realizar extrações de grande porte, as indústrias, em sua maioria, utilizam o método de extração por arraste a vapor, pois, mesmo tendo uma eficiência menor, acaba sendo o processo mais viável, devido ao seu baixo custo e simplicidade dos equipamentos.

Nesse contexto é mister contribuir com o desenvolvimento de novas tecnologias para a extração de óleo essenciais, principalmente para transformar os resíduos problema em matérias prima não convencionais para a produção de produtos de valor agregado. Neste trabalho foi identificado o grande potencial do aproveitamento dos resíduos provenientes das árvores, principalmente os galhos e as folhas de diversas fontes, os quais possuem óleos essenciais na sua composição. O aproveitamento diferenciado deve propiciar a diminuição do volume de material que seria destinado aos aterros sanitários, aumentando a vida útil dos mesmos, e no final propiciando a transformação dos resíduos problema em oportunidades de investimento por meio de novos modelos de negócios.

### **1.1.1. Objetivo**

O objetivo geral do trabalho foi o desenvolvimento de uma tecnologia alternativa para a extração de óleo essencial, de matéria prima não convencional, por um método diferenciado.

Os objetivos específicos foram:

- a) a caracterização da matéria prima;
- b) a prospecção de métodos, processos e tecnologias convencionais;
- c) a proposição da tecnologia alternativa;
- d) o planejamento, projeto e a construção do equipamento;
- e) os testes operacionais da tecnologia desenvolvida; e
- f) a sistematização dos resultados.

### **1.1.2. Justificativa**

A proposta pode ser justificada do ponto de vista tecnológico, ambiental, social e econômico.

Do ponto de vista tecnológico, contribuir com a produção de tecnologia para Ciência e Tecnologia Brasileira. Viabilizar o aproveitamento de resíduos não convencionais, neste caso a poda da arborização urbana e os resíduos industriais resultantes do processamento da madeira. Ser facilitador de meios para a melhoria da qualidade de vida da população a partir da oferta de novos modelos de negócios por meio da industrialização dos resíduos provenientes do beneficiamento da madeira e da arborização urbana. E economicamente contribuir com o desenvolvimento econômico da região na geração de empregos diretos e indiretos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Na revisão da literatura foram considerados os seguintes elementos: apresentação de definições/conceitos; matéria prima e suas propriedades; dados relacionados com a classificação da matéria prima; as propriedades farmacológicas atribuídas aos óleos essenciais; o mercado fornecedor; mercado consumidor; os processos e métodos de extração; e o estado da arte em relação aos avanços tecnológicos na produção de óleos essenciais e suas tecnologias correlatas.

### 2.1 DEFINIÇÃO

#### 2.1.1. Óleos essenciais

Acredita-se que os primeiros usos dos óleos essenciais tenham sido a partir de bálsamos, ervas aromáticas e resinas que eram usadas para embalsamar cadáveres em cerimônias religiosas há milhares de anos (TRANCOSO, 2013).

O termo óleo essencial, durante a Renascença, foi introduzido por Paracelso e este o designava ao óleo essencial como “a alma da planta”, "a quintessência para a cura". Anteriormente a este período, Roma, após invadir territórios como o Egito, disseminou o uso de plantas aromáticas em banhos, sendo que os romanos chegaram a ter mais de 1000 casas de banho por volta de 753 a.C. (SILVA, 1998).

Segundo Cameroni (2012), os óleos essenciais são formados por uma mescla completa de terpenóides, principalmente monoterpenos, sesquiterpenos e fenil propanos.

Os terpenos ou terpenóides, substâncias presentes tanto em plantas como em animais, são descritos como possuidores de uma diversidade considerável de propriedades biológicas incluindo a ação antimicrobiana, fungicida, antiviral, anti-hiperglicêmica, anti-inflamatória e atividade antiparasitária. (PADUCH *et al*, 2007).

Os monoterpenos, importantes constituintes dos óleos essenciais, são altamente voláteis, sendo arrastados pelo vapor de água livres de outros componentes e utilizados por suas características organolépticas marcantes (BANDONI; CZEPAK, 2008).

Dependendo da família, os óleos voláteis cujos constituintes são na sua maioria os terpenos podem estar estocados em certos órgãos, como nas flores, folhas ou ainda nas cascas dos caules, madeiras, raízes, rizomas, frutos ou sementes. Embora todos os órgãos de uma planta possam acumular óleos, sua composição pode variar segundo a localização.

Quanto às características físicas dos óleos essenciais, estes em condições ambientais são menos denso do que a água líquida porem são mais viscosos. Sua cor pode variar do transparente as tonalidades de amarelo (CHAVEZ, 2007).

Dependendo do órgão da planta de onde for extraído o óleo, sua composição química, caracteres físico-químicos e odores podem ser bem distintos, pois a composição química de um óleo volátil extraído de uma mesma espécie vegetal pode variar significativamente de acordo com a época, condições climáticas e solo.

Os óleos essenciais podem ser inflamáveis, porem não são considerados tóxicos, desde que a dose administrada não exceda os limites de toxicidade, por terem um alto nível de pureza, eles podem causar alergias em pessoas sensíveis a certos terpenóides (ESTEFFANINI, 2003; BIZZO *et al.*, 2009). Esses óleos podem degradar-se na presença de luz solar, ar, calor, ácido e álcalis fortes, gerando oligômeros de natureza indeterminada. São solúveis em solventes orgânicos comuns e têm propriedades de solvência dos polímeros com anéis aromáticos presente na cadeia (SANTOS *et al.*, 2006; BIZZO *et al.*, 2009).

São os principais componentes bioquímicos de ação terapêutica das plantas aromáticas e medicinais. Destacam-se por sua grande importância terapêutica e econômica, representando a segunda classe de compostos naturais, com maior número de constituintes ativos.

O rendimento de essência obtido de uma planta varia de alguns milésimos por cento em peso vegetal até 1% e 3%. A composição de uma essência pode mudar com o tempo de coleta, localização geográfica ou pequenas mudanças genéticas. A Tabela 2.1 mostra de acordo com a literatura o rendimento de óleo essencial de algumas plantas.

Tabela 2.1 - Rendimento de óleos essenciais.

<b>Nome científico da planta vegetal</b>	<b>Parte da planta utilizada</b>	<b>Rendimento em essencia (%)</b>
<i>Mentha piperita</i>	Planta	0,51
<i>Mentha spicata</i>	Planta	0,2
<i>Matricaria chamomilla</i>	Planta	0,6
<i>Eucalyptus</i>	Folhas	0,6
<i>Ciprés</i>	Galhos	0,2

Fonte: PUNINA, 2010.

## 2.2. MATÉRIA PRIMA

A matéria prima para a extração do óleo essencial é qualquer planta, na qual se inclui suas folhas, raízes, flores, cascas de frutos, até mesmo o cavaco da madeira, entre outros, que contenham em sua composição óleos essenciais. No âmbito rural, destacam-se as espécies que são utilizadas para fins energéticos como o Eucalipto e o Pinus. No âmbito urbano os resíduos provenientes das podas de árvores, principalmente os galhos e as folhas.

### 2.2.1 Fonte de matéria prima rural/industrial - Eucalipto

O *Eucalyptus*, pertencente à família *Myrtáceas*, tem sua origem na Austrália e é composto por mais de 700 espécies (SHARMA, 2006) distribuídas pelas mais variadas condições ambientais, tanto em termos de precipitação quanto de temperatura.

Suas árvores permanecem verdes ao longo de todo ano, possuem troncos de cor lisa e cinza, com hastes grossas e potentes. Suas folhas perenes e com formas diferenciadas seguem a idade da árvore, cuja casca ao envelhecer se desprende em grandes faixas longitudinais e placas. Possui flores solitárias ou em grupos de 2 ou 3, recobertas por uma camada de “cera”. O fruto é um pouco maior que a flor. As folhas, caules e flores possuem uma essência, que lembra a murta, que pertence à mesma família.

Sua madeira de características físico-mecânicas e estéticas bastante diferenciadas, permite a substituição de várias espécies latifoliadas nativas (PEREIRA, 2000). No entanto, poucas espécies têm sido plantadas em escala comercial. Dentre as que mais se destacam, além de *E. globulus*, está *E. citriodora*, extensivamente cultivada e utilizada na construção civil, na indústria de papel e celulose e na extração de óleo essencial (principalmente citronelal e geraniol), sendo este destinado a diversas finalidades (CORRÊA, 1984).

A madeira de eucalipto tem sido utilizada para várias finalidades. Para usos tradicionais: lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, celulose e papel, chapa de fibras e de partículas, e também existe a possibilidade de utilizá-la para usos mais nobres, como fabricação de casas, móveis e estruturas, especialmente nas regiões Sudeste e Sul, carentes de florestas naturais (PEREIRA, 2000).

Na Tabela 2.2 são apresentados a composição das florestas plantadas no Brasil no ano de 2012, onde se destaca o Eucalipto, que possui um montante de 5.102.030 hectares de área plantada, correspondendo a 71% em relação aos outros tipos de florestas.

Tabela 2.2 - Composição das florestas plantadas no Brasil em 2012.

Espécie	Aplicações	Principais Estados produtores	Área (Ha)	Porcentagem de área plantada (%)
Eucalipto ( <i>Eucalyptus spp.</i> )	Madeira: Energia, construção civil e óleos essenciais.	MG, SP, BA, MS, RS, PR, SC, PA e MA.	5.102.030	71
Pinus ( <i>Pinus spp.</i> )	Madeira: Energia, construção civil e móveis.	PR, SC, RS, SP e MG.	1.562.782	21,75
Acácia ( <i>Acacia mearnsii</i> )	Madeira: Energia e móveis. Tanino: curtumes, adesivos, petrolíferos e borrachas.	RS e RR.	148.311	2,12
Seringueira ( <i>Hevea brasiliensis</i> )	Madeira: Energia e celulose. Seiva: borracha.	AM	168.848	2,36
Paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> )	Madeira: Construção civil e móveis.	PA e MA	87.901	1,22
Teca ( <i>Tectona grandis</i> )	Madeira: Construção civil, móveis e embarcações.	MT, AM e AC.	67.329	0,97
Araucária ( <i>Angustifolia</i> )	Madeira: Serrados, caixotaria, estrutura de móveis, fosforo e lápis.	PR e SC	11.343	0,16
Populus ( <i>Populus spp.</i> )	Madeira: Fósforos, partes de móveis.	PR e SC	4.216	0,06
Outras			33.183	0,46
<b>Total</b>			<b>7.185.943</b>	<b>100</b>

Fonte: ABRAF (2013).

Óleos essenciais de várias espécies de *Eucalyptus* também têm sido extensivamente utilizados na indústria cosmética, alimentícia e farmacêutica, devido às inúmeras propriedades aromáticas de seus constituintes químicos (SILVA *et al.*, 2003; FADEL, *et al.*, 1999; GUENTER, 1977).

Nas plantas do gênero *Eucalyptus* (Myrtaceae), os óleos são produzidos em estruturas secretoras, em que a secreção é formada em células endógenas (Figura 2.1) que eventualmente se rompem e liberam estas substâncias na cavidade resultante do rompimento das glândulas. Essas glândulas encontram-se distribuídas em todo parênquima foliar da maioria das espécies, as quais, em algumas delas, podem ser visualizadas como pontos translúcidos quando a folha é observada contra a luz (Castro, 2006).

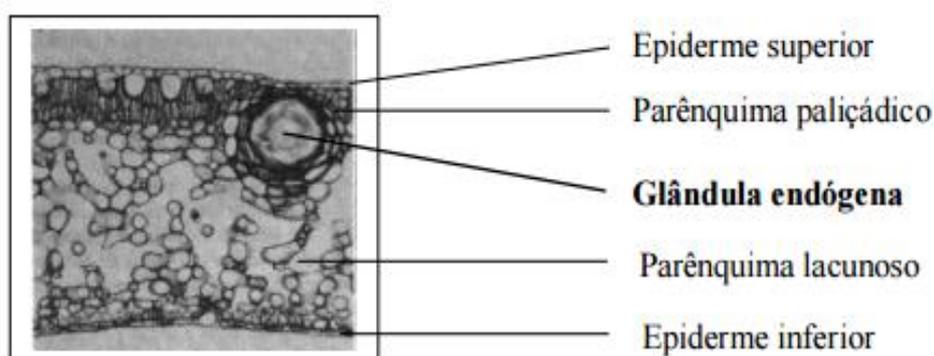


Figura 2.1 - Esquema de corte transversal de folha de eucalipto.  
Fonte: CASTRO,2006.

Uma característica física muito interessante no eucalipto é a sua capacidade para a produção de folhas, mesmo após sucessivos cortes, elas rebrotam com grande facilidade. Isso tem um grande valor, tanto para o cultivo visando à produção de madeira, como para a produção de folhas. As folhas dos eucaliptos, em geral, apresentam alto teor de óleos essenciais, principalmente o *eucaliptol*, este compõe aproximadamente 90% do conteúdo. Seus efeitos são muito conhecidos, desde a ação descongestionante das vias respiratórias, até seu disseminado uso como desinfetante.

Estudos de SILVA *et al.* (2003) sustentam o uso popular das espécies *E. citriodora*, *E. globulus* e *tereticornis* no tratamento de afecções do trato respiratório, além de demonstrar as atividades analgésica e anti-inflamatória do óleo essencial destas espécies.

#### 2.2.1.1. *Eucalyptus globulus*

O nome científico *Eucalyptus* deriva do grego *calyptra*, cujo significado mais aproximado é “poço com tampa” - uma alusão à forma cerrada do fruto - e *globulus*, referenciando à forma arredondada do mesmo (ALONSO, 2004).

A espécie *E. globulus* é uma árvore grande, de diâmetro proporcional, ramos cilíndricos, pouco foliosos, casca lisa, acinzentada ou castanha, desprendendo-se em grandes placas e lâminas. As folhas são alternas, pecioladas, falciforme lanceolada de até 35 cm de comprimento por 10 cm de largura, verticais ou oblíquas sobre os ramos adultos, agudas, coriáceas, igualmente verde-fuso nas duas páginas, luzidias possuidoras de numerosas glândulas óleo-resinosas, ricas em óleo essencial (basicamente eucaliptol) e taninos. As flores são grandes, brancas e vistosas, com corola de estrutura singular que, ao desabrocharem as flores, caem unidas com a forma de uma pequena tampa. A madeira é clara, compacta e elástica (CORRÊA *et al.*, 1984).

Introduzida nas Américas em 1792, é considerada umas das árvores mais conhecidas no mundo, uma vez que além da grande rusticidade e rápido crescimento, é também do mais alto valor sob vários aspectos, tais como: reflorestamento, grande adaptabilidade e extensivo uso medicinal. Sob este último aspecto, dado relata que, devido às suas propriedades medicinais, o óleo essencial desta espécie passa a ser produzido industrialmente na Austrália em 1860. As folhas de *E. globulus* têm sido empregadas topicamente para a cura de feridas, úlceras e outras enfermidades dos tecidos e pele, além de seu uso sob a forma de infusões contra afecções das vias respiratórias e do trato digestivo (ALONSO, 2000; CORRÊA *et al.*, 1984).

### **2.2.2 Fonte de matéria prima urbana - Arborização/podas**

As árvores são essenciais à vida dos seres humanos. Isso porque, elas ajudam na redução da poluição do ar, provocada principalmente pela queima de combustíveis dos veículos automotores e indústrias, minimizam a poluição sonora, equilibram a temperatura da cidade, amenizam a força do vento, protegem o lençol freático, evitam o ressecamento do ar através da transpiração entre outros. Seu cultivo é responsável pela geração de empregos e riquezas e pela promoção da qualidade de vida em áreas distantes de centros urbanos do País.

A arborização urbana é caracterizada principalmente pela plantação de árvores de porte em praças, parques, nas calçadas de vias públicas e nas alamedas e se constitui hoje em dia uma das mais relevantes atividades da gestão urbana, devendo fazer parte dos planos, projetos e programas urbanísticos das cidades (SANTOS, 2001).

O município de Toledo no Estado do Paraná, possui um Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU). Esse plano foi desenvolvido, visto aos inúmeros problemas resultantes do mau planejamento ou da manutenção equivocada das árvores. Teve como objetivo,

diagnosticar as espécies arbóreas presentes no município, pois desta forma, seria possível propor medidas de melhoria se necessário para a arborização urbana. Através do levantamento, foram identificadas 108 espécies de árvores no município e dentre as espécies encontradas (Figura 2.2), em relação a quantidade destacaram-se a Sibipiruna com 23%, Ligustro com 11%, Extremosa com 10%, Canela com 7%, Ipê Roxo com 7% e pôr fim a Murta (*Murraya paniculata*) com 7%.

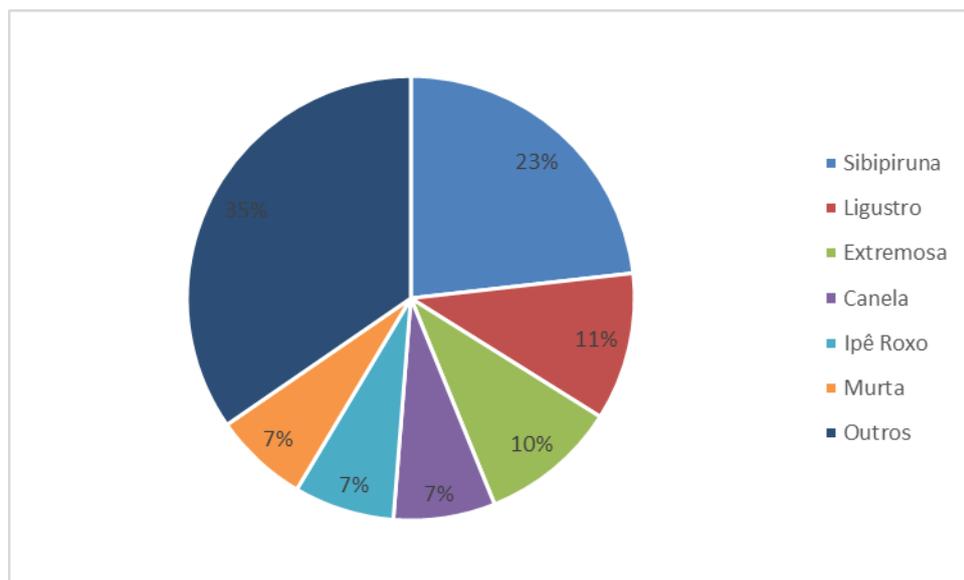


Figura 2.2 - Diagnóstico das espécies arbóreas do Município de Toledo/PR.  
Fonte: PDAU, 2012.

### 2.3. PROPRIEDADES DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

As propriedades farmacológicas atribuídas aos óleos essenciais são diversas e algumas são preconizadas por apresentarem vantagens importantes, quando comparadas a outros medicamentos, como, por exemplo, a sua volatilidade, que os torna ideal para uso em nebulizações, banhos de imersão ou simplesmente em inalações. A volatilidade e o baixo peso molecular de seus componentes possibilitam assim que eles sejam rapidamente eliminados do organismo através das vias metabólicas. (BANDONI; CZEPAK, 2008).

Existem trabalhos demonstrando que a toxicidade de alguns componentes dos óleos essenciais constitui uma proteção contra predadores e infestantes. Mentol e mentona, por exemplo, são inibidores do crescimento de vários tipos de larvas. Também existem evidências de que alguns insetos utilizam óleos essenciais sequestrados de plantas para defenderem-se de seus predadores. Assim, os vapores de certas substâncias como citronelal (utilizado por formigas) e  $\alpha$ -pineno (utilizado por cupins) podem causar irritação suficiente em um predador

para fazê-lo desistir de um ataque. Trabalhos de pesquisa indicam a existência de funções diversificadas para óleos essenciais, devido à diversidade de seus componentes terpênicos e às relações com o meio, que sugere ampla variação, de acordo com o ambiente (HARBORNE 1996 *apud* BERGAMASCHI 2011).

O terpeno d-limoneno, por exemplo, tem sido utilizado a tempos em materiais de limpeza, em repelentes de insetos, inseticidas, fungicida, bactericidas, solventes e também em desengraxantes industriais (BERGAMASCHI, 2011). Esse terpeno também tem apresentado interesse na área de nanotecnologia, sendo um dos setores com maior potencial de aplicação os sistemas de carregamento e liberação de fármacos e vacinas para melhorar a sua eficiência terapêutica (CONWAY; MADRIGAL-ESTEBAS, MCCLEAN; BRAYDEN; MILLS, 2001).

Estima-se que mais de 3000 óleos essenciais são conhecidos, mas aproximadamente 10% destes são comercialmente utilizados na indústria cosmética, alimentícia e farmacêutica (Bakkali *et al.*, 2008).

Segundo Alves (1992) *apud* Estanislau (2007), o eucalipto tem sido considerado útil em áreas como: ambiental, farmacêutica, cosmética. Apresenta propriedades antifúngica, antisséptica, adstringente, anti-inflamatória, antibacteriana, cicatrizante e desinfetante com um grande potencial.

Os óleos de eucalipto são divididos em basicamente três grupos, em função do seu uso final, quais sejam: óleos medicinais, óleos industriais e óleos de perfumaria (VITTI, 2003 *apud* PENFOLD e WILLIS, 1961; LASSAK, 1988; e DORAN, 1991). Os medicamentos produzidos, geralmente apresentam uma quantidade mínima de 70% de cineol, possuem cheiro semelhante à cânfora e sabor refrescante. O cineol possui ações antiespasmódicas, antimicrobianas e fungicidas. Os óleos industriais possuem como componente principal o felandreno usado na produção de desinfetantes e o mentol que é utilizado como aromatizante de produtos medicinais. Já as essências de perfumaria apresentam como componente principal o citronelal, utilizado nos produtos de limpeza, como sabões e desinfetantes. Os óleos essenciais de eucalipto possuem em sua composição vários compostos (Tabela 2.3) que possuem propriedades interessantes para os diversos segmentos de mercado:

Tabela 2.3 - Compostos presentes no óleo essencial de eucalipto.

<b>Compostos</b>	<b>Ação</b>
Óxidos	Mucolíticos, bactericidas, antissépticos.
Monoterpenos	Fungicidas, lipolíticos.
Álcoois Monoterpenos	Bactericidas, viricidas, fungicidas, imune estimulantes, hipertêrmicos, hipertensivos, neurotônicos.
Álcoois Sesquiterpênicos	Tônicos, estimulantes, microbicidas e Anti-inflamatórios.
Cetonas	Anticoagulantes, cicatrizantes, vermífugos, sedativos.
Ésteres	Tranquilizantes, tônicos, equilibrantes, espasmolíticos.
Aldeídos	Tônicos, estimulantes, anti-inflamatórios, imune estimulantes, harmonizantes.
Sesquiterpenos	Sedativos, anti-inflamatórios, hipotêrmicos.

Fonte: BANDONI; CZEPAK, 2008.

Pesquisas realizadas com o óleo essencial de *E. Globulus* permitiram a identificação de pelo menos 30 componentes, sendo que os majoritários são: 1,8-cineol (76%),  $\alpha$ -pineno (15%), pinocarveol (5%), sesquiterpenos (2%),  $\alpha$ -terpineol e aldeídos (1-2%), (CIMANGA *et al.*, 2002; GUO & YANG, 2006; DAYAL & AVYAR, 1986).

Das folhas, foram identificados os monoterpenos sabineno,  $\alpha$ -felandreno, terpineno e 1,2,4- trimetilbenzeno (HE *et al.*, 2000) além daqueles também encontrados no óleo essencial e outros terpenóides (SANTOS *et al.*, 1997), como por exemplo a eucaliptona (OSAWA *et al.*, 1995), flavonóides e taninos.

Do caule desta espécie foram isolados os triterpenóides  $\beta$ -amirina, eritrodiol, uvaol, ácido acetiloleanólico, ácido acetilbetulínico e ácido acetilursólico, além de outros triterpenóides. Dos frutos, finalmente, vale a pena destacar a presença da cipelocarpina C, um glicosídeo fenólico esterificado com ácido oleuropêico, que constitui um potente agente antitumoral (GUO & YANG, 2006).

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO FORNECEDOR

Os resíduos de madeira, em geral são provenientes de duas fontes distintas (Figura 2.3): atividade industrial e a do meio urbano. Isto se torna um problema, pois, apenas uma parcela do volume de resíduos de madeira gerados tem atualmente algum aproveitamento econômico, social e/ou ambiental.

Para Wiecheteck (2009), o volume expressivo de resíduos de madeira é gerado principalmente pelas indústrias madeireiras nos seus processamentos primários e secundários, sem aproveitamento racional ou econômico. Na maioria das vezes estes resíduos são desperdiçados por falta de mercados bem desenvolvidos, informações inadequadas ou inexistentes por parte dos agentes produtores e consumidores e falta de políticas públicas claras e orientadas para sua melhor utilização. Tal situação ocorre principalmente nas regiões Amazônica e Central, porém, nas regiões Sul e Sudeste ocorrem à integração entre empresas do ramo, na compra e venda de resíduos a preços competitivos.

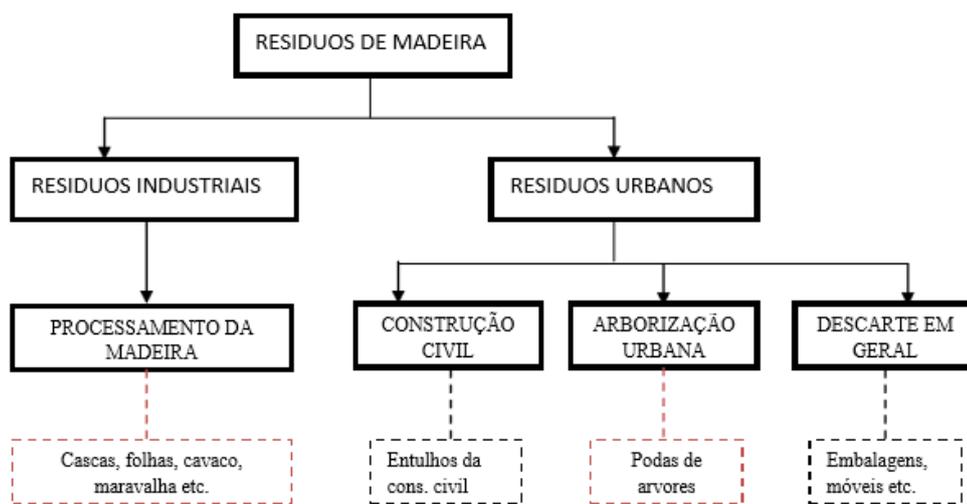


Figura 2.3 - Classificação dos resíduos de acordo com a fonte de geração.

Por outro lado, cada vez mais há necessidade de uma maior demanda de madeira proveniente de cultivos florestais, para utilização nos processos de secagem e armazenamento dos produtos de agropecuária, como o caso dos grãos e da avicultura (GONÇALVES *et al*, 2013).

Neste setor, o Estado do Paraná apresenta-se como o maior produtor de grãos do país, principalmente a soja, representando 6 % da produção mundial (SEAB / Deral, 2009). O agronegócio, que representa a produção e a industrialização dos produtos agrícolas e da pecuária, é o carro-chefe da economia do oeste paranaense. Dentre as cooperativas que se destacam, pode-se citar: Lar, Coamo, Coopagril e C-vale e os frigoríficos: BRF, Frimesa, Copacol, Globoaves etc.

A região oeste mostra-se como grande consumidora de madeira para fins energéticos, porem como consequência mostra-se ser uma grande geradora de resíduos. Contudo, possui potencial para geração de matérias primas alternativa para outros fins.

### 2.4.1 Resíduos de madeira – Cavaco

O cavaco ou estilha é um recurso renovável, constituída por pequenos pedaços de madeira oriundos da picagem ou destroçamento, com um comprimento variável entre 5 e 50 mm, que na sua maioria destina-se a produção de energia em fornos e caldeiras.

A qualidade da estilha ou cavaco depende da matéria-prima e da tecnologia utilizada na sua produção. É comum encontrar três tipos diferentes de cavacos de madeira.

Os cavacos de tipo I são os resíduos da floresta, como ramos, copas de árvores ou árvores inteiras, com valor comercial reduzido. Contém uma percentagem de umidade na ordem dos 50% e o seu tamanho variável e possuem cascas e folhas.

Os cavacos de tipo II são os produzidos nas serrarias, possuem uma percentagem de umidade da ordem dos 40-50%, que é usada, por exemplo, na indústria de pasta e papel ou na fabricação de aglomerados e outros painéis.

O cavaco de tipo III é proveniente dos cortes das árvores, sem ramos e folhas, deixados secar por aproximadamente 4-6 meses antes do seu destroçamento ou picagem. Este cavaco contém cerca de 30% de umidade e deve ser uniforme em qualidade e tamanho. Abaixo segue a Tabela 2.4, que classifica o tamanho dos cavacos.

Tabela 2.4 - Classificação dos tamanhos de cavaco.

<b>Cavaco</b>	<b>Tamanho aproximado (mm)</b>
Fino	< 3
Pequeno	8
Médio	16
Comum	25
Grande	45
Extra Grande	> 65

Fonte: Grande, 2012.

Segundo Melanie Grunkraut (2010), as espécies mais importantes para o fornecimento de madeira, no Brasil são o eucalipto, o pinus e a acácia-negra. O eucalipto se destaca pelo rápido crescimento, boa adaptação, pela condição climática (condição de solo e clima) e também pelo baixo custo de produção.

### 2.4.2 Poda da Arborização Urbana

Os resíduos provenientes da poda de arborização urbana e remoção de árvores públicas e de residências particulares em um município podem gerar sérios problemas

urbanos quando não são devidamente aproveitados, sendo descartados em locais impróprios como aterros sanitários e lixões clandestinos. Além dos resíduos resultantes das podas em árvores públicas (troncos, toras, galhos, tocos e raízes), os resíduos vegetais de centros urbanos incluem ainda o material orgânico resultante da manutenção de parques e jardins (incluindo grama e materiais lenhosos diversos).

Os levantamentos de campo realizados por Wiecheteck (2009) identificaram diferentes experiências nos municípios visitados (estados de São Paulo, Pará, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio grande do Sul) que vão desde a inexistência de aproveitamento dos resíduos até a alta eficiência, o que neste caso permite gerar um faturamento para a prefeitura, redução de custos de manutenção de acúmulo de material orgânico em aterros sanitários.

## **2.5 CARCATERIZAÇÃO DO MERCADO CONSUMIDOR DE ÓLEOS ESSENCIAIS**

O interesse das indústrias pelos óleos essenciais vem crescendo muito e sua comercialização movimentou milhões de dólares em todo o mundo. As essências são utilizadas nas indústrias de alimentos como aditivos, na indústria de cosméticos, de produtos farmacêuticos, na indústria química, na fabricação de bebidas, licores, em tintas, polímeros e pinturas e, ainda, em terapias alternativas, como a aromaterapia (PINHEIROS, 2014).

Dentre as terapias alternativas, a Fitoterapia é uma terapia natural que tem sido apontada como a prática de maior adesão em pacientes oncológicos. Desta população, 89% conhece algum tipo de terapia alternativa, sendo que 69% é adepta das terapias naturais e 82% destes usam ervas e chás medicinais associados ao tratamento convencional. Além disto, 44% responderam que as terapias alternativas, juntamente com a quimioterapia, proporcionaram a diminuição dos efeitos colaterais causados pelas drogas antineoplásicas. (JACONODINO *et al.*, 2008).

As plantas com propriedades terapêuticas utilizadas no cuidado de saúde, tradicionalmente constituem uma importante fonte de novos compostos biologicamente ativos. (OLIVEIRA *et al.*, 2006; BAGETTA *et al.*, 2010) relatam sobre a crescente produção de óleo essencial conforme a demanda, especialmente para as áreas de produtos de perfumaria e indústria cosmética, mas também uma crescente demanda das indústrias alimentícias e farmacêuticas.

O Brasil se posiciona como o 3º maior exportador de óleos essenciais do mundo, com aproximadamente US\$ 147 milhões, perdendo apenas para os EUA e França, tendo ultrapassado o Reino Unido em 2007. Segundo a ABRAF (2013) o Estado do Paraná lidera o ranking de área plantada de Pinus com 39,7% da área total, e de *Eucalyptus* possui 11,5 %, sendo que, a área planta de Pinus no Brasil é de 1,56 milhões de hectares e de *Eucalyptus* de 5,10 milhões de hectares.

A produção de óleos essenciais naturais no Brasil, de forma comercial significativa, teve início a partir do início do século XX, tendo como base o extrativismo de essências nativas, principalmente do Pau Rosa. A partir de 1940, devido à grande demanda imposta pelas indústrias do ocidente, que se viram privadas de suas tradicionais fontes de suprimento, em virtude da II Guerra Mundial, a produção de óleos essenciais no Brasil passou a ser feita de forma mais organizada, com a introdução de outras culturas para obtenção de óleos de menta, laranja, canela sassafrás, eucalipto, capim-limão, patchouli, e outros, voltada basicamente, para o mercado externo. Nas décadas seguintes, contudo, empresas internacionais produtoras de perfumes, cosméticos, e produtos farmacêuticos e alimentares passaram a se instalar no país, contribuindo para a solidificação e desenvolvimento do nosso mercado interno.

O padrão de consumo e o crescimento do segmento dos óleos essenciais são estimulados pelas indústrias consumidoras, principalmente: Higiene Pessoal, perfumaria e cosmético (HPPC).

### **2.5.1 Cosméticos e higiene pessoal**

Existem no Brasil 2.540 empresas atuando no mercado de produtos de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, sendo que 20 empresas de grande porte, com faturamento líquido de impostos acima dos R\$ 100 milhões, representam 73,0% do faturamento total (ABIHPEC, 2015). As empresas estão distribuídas por região conforme mostra a Figura 2.4.

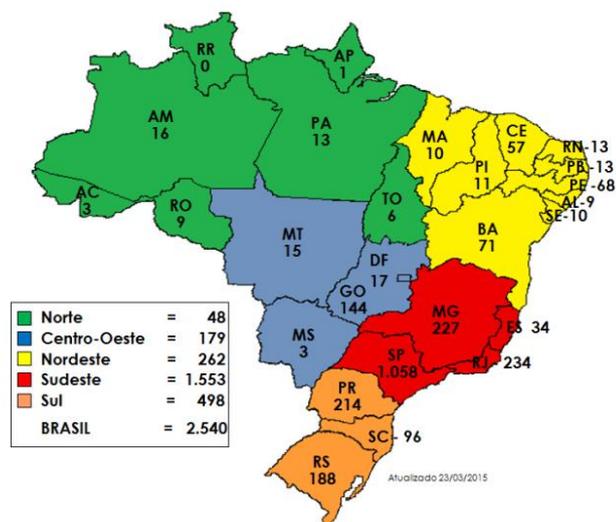


Figura 2.4 - Mapa brasileiro da distribuição de empresas de HCCP por região.  
Fonte: ABIHPEC,2015.

Como pode ser visto na figura 4, a região sul do Brasil é a segunda maior produtora do segmento e o estado do Paraná, posiciona-se em 4º lugar, estando atrás de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Conforme dados extraídos do relatório desenvolvido pela Bain & Company (2014) a indústria nacional de cosméticos e higiene pessoal movimentou somente em 2012, 41,8 bilhões de dólares, e possui estimativas de crescimento médio até 2017 de 8,9% ao ano.

No cenário Mundial segundo Abihpec (2015), o Brasil representa 9,4% do consumo mundial, ocupando desta forma a posição de terceiro maior consumidor global, posicionando-se atrás apenas dos Estados Unidos e Japão.

### 2.5.2 Produtos de Limpeza

A segunda maior indústria consumidora de fragrâncias aromáticas é a de produto de limpeza. Desde 2008, tais indústrias mantem crescimento médio de 5,9% ao ano. Contudo, afetada pela desvalorização do real frente ao dólar, deverá crescer 2,3% ao ano até 2017 (BAIN & COMPANY, 2014).

### 2.5.3. Balança comercial

De acordo com a base de dados americana COMTRADE, 2005, os maiores consumidores de óleos essenciais no mundo são os EUA (40%) e a União Europeia (30%),

sendo a França o país líder em importações ao lado do Reino Unido, Alemanha, Suíça, Irlanda, China e Cingapura.

Segundo dados divulgados pela empresa americana Euromonitor Internacional, hoje o Brasil é o terceiro maior mercado de produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos, em relação ao mercado mundial, e o segundo maior mercado em produtos infantis, desodorantes e perfumarias.

A indústria de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos apresentou na última década crescimento médio de 10,9%.

Vários fatores vêm contribuindo para esse desempenho, entre os quais citamos: a ampliação da participação da mulher no mercado de trabalho, lançamentos constantes de novos produtos, aumento da produtividade com queda dos preços pelo uso intensivo de tecnologia e aumento da expectativa de vida, o que traz a necessidade de conservar uma impressão de juventude. O mercado de estética vem crescendo a uma taxa de 30% ao ano, em razão da crescente entrada do público masculino.

Mercado certo e aumento da procura são argumentos fortes para o incentivo ao plantio e produção de óleos essenciais em muitas regiões do Brasil. Basta saber que o País produz apenas 3% do óleo essencial que consome e que 60% dos produtos alopatóicos e 80% dos homeopáticos são compostos por óleos essenciais (SEBRAE, 2014).

## **2.6 PROCESSOS PARA A EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS**

Os óleos essenciais são sintetizados, armazenados e liberados pelas plantas e para serem utilizados, existem algumas técnicas de extração, tais como: destilação por arraste de vapor, prensagem a frio, extração com fluidos a altas temperaturas e pressões.

A utilização de óleos essenciais já era conhecida desde 3500 a.C., entre os povos que utilizavam a aromaterapia podemos citar: Egito, Pérsia, Japão, China e Índia (VITTI; BRITO, 2003), entretanto, esses povos não tinham conhecimentos específicos sobre essas substâncias, que só foram alcançados no final do século XIX com o início dos estudos no que diz respeito às essências naturais (ZEIGER *apud* SOUZA *et al*, 2010). Desde então, métodos com o intuito da extração de óleos essenciais foram desenvolvidos e aperfeiçoados, desde os mais simples até os mais complexos que utilizam fluídos supercríticos. Cada qual com suas vantagens e desvantagens.

Nos últimos anos, a demanda Internacional por óleos essenciais obtidos de matérias primas vegetais tem aumentado o interesse por novos processos de extração, visando melhorar a qualidade dos extratos obtidos de plantas, bem como baixar custos operacionais do processo.

### **2.6.1 Destilação por arraste a vapor**

O método por arraste de vapor, a matéria-prima é colocada sobre uma placa perfurada, a certa distância do fundo do extrator, de modo a evitar o contato direto com a água em ebulição; ou ainda, pode-se introduzir vapor de água, gerado a partir de fontes de calor (SILVA *et al.* 2010). O vapor é percolado através do leito de sólidos, no interior do vaso extrator, arrastando o óleo essencial. A indústria prefere a destilação com arraste a vapor devido à sua maior simplicidade e economia, pois permite tratar de uma única vez quantidades significativas de material vegetal (STEFFENS, 2010).

A unidade de extração por arraste a vapor é em geral composta por um vaso de destilação que contem em seu interior um cesto móvel para acomodação da matéria-prima. O vapor é produzido por caldeira que geralmente é alimentada por lenha.

As caldeiras ou geradores de vapor, são equipamentos que se destinam a gerar vapor através de uma troca térmica entre o combustível e a água (Leite; Militão, 2008), sendo isto feito por este equipamento construído de chapas e tubos metálicos cuja finalidade é fazer com que água se aqueça e passe do estado líquido para o gasoso, aproveitando o calor liberado pelo combustível que faz com as partes metálicas da mesma se aqueça e transfira calor à água produzindo o vapor. Segundo, Moreira (2012), as caldeiras podem ser classificadas de acordo com as classes de pressão, o grau de automatização, os tipos de energia empregada e o tipo de troca térmica, sendo dessa forma classificadas em flamotubulares, aquotubulares, mistas e elétricas.

No modelo de caldeira flamotubular, os gases quentes gerados pela combustão passam por dentro de tubos metálicos, estando ao redor dotados de água a ser aquecida e evaporada. São empregadas apenas para pequenas capacidades aproximadamente até 10 ton/h, e baixas pressões (até 10 bar) chegando algumas vezes a 15 ou 20 bar (BIZZO, 2000).

Segundo Torreira (1995), as caldeiras flamotubulares modernas só queimam combustíveis líquidos ou gasosos, devido à dificuldade de se instalar grelhas para combustíveis sólidos. Algumas caldeiras flamotubulares de pequena capacidade queimam combustíveis sólidos através de adaptação de grelhas na fornalha, porém são limitadas ao tamanho necessário da área de grelha.

Nas aquotubulares a água fica contida nos tubos e os gases quentes envolvendo-os. São usados para instalações de maior porte e na obtenção de vapor superaquecido (LEITE; MILITÃO, 2008). A necessidade de utilização de combustíveis sólidos para caldeiras de pequena capacidade fez surgir uma solução híbrida que são as caldeiras mistas (BIZZO, 2000).

As caldeiras mistas são caldeiras flamotubulares com uma antecâmara de combustão com paredes revestidas de tubos de água. Na antecâmara se dá a combustão de sólidos através de grelhas de diversos tipos possibilitando assim o espaço necessário para os maiores volumes da câmara de combustão necessários a combustão de sólidos, principalmente em grandes tamanhos, tais como lenha em toras, cavacos, etc. além da possibilidade de retirada de cinzas por baixo das grelhas (o cinzeiro). De acordo com Moreira (2012), é uma solução prática e eficiente quando se tem disponibilidade de combustível sólido a baixo custo. Tem ainda a possibilidade de queimar combustível líquido ou gasoso, com a instalação de queimadores apropriados. O rendimento térmico destas caldeiras é menor que as flamotubulares, devido à perda de calor pela antecâmara.

O condensador pode ser casco e tubo ou tanque com serpentina, com alimentação de água fria ou ambiente e o separador de água e óleo volátil é o último dos componentes (LEAL, 2008).

Os condensadores tipo casco e tubo, possuem um certo número de tubos envolto por uma carcaça. Os tubos geralmente são redondos sendo montados dentro de um vaso cilíndrico. Uma possibilidade é ter o eixo dos tubos em paralelo com o eixo do casco. Quando é este o caso os trocadores são muito utilizados como resfriadores de óleo, condensadores e evaporadores e geradores de vapor em usinas nucleares.

O tanque com serpentina caracteriza-se por conter um tubo espiral no interior do casco. O coeficiente de transferência de calor em um tubo espiral é mais elevado do que em um tubo reto. Estes trocadores são utilizados como condensadores e evaporadores em sistemas de refrigeração: são usados com fluidos limpos, pois é quase impossível limpá-los adequadamente.

Como vantagens do método de arraste por vapor, podemos citar o bom rendimento do óleo extraído, as instalações básicas, o método ser industrial e de laboratório, além do baixo custo. Como desvantagens, podemos citar a alta temperatura de operação, e o fato de que não é ideal para óleos termo sensível.

### **2.6.2. Hidrodestilação**

O material vegetal permanece em contato com a água em ebulição, o vapor força a abertura das paredes celulares e ocorre a evaporação do óleo que está entre as células da planta. É o método mais utilizado em escala laboratorial. Como vantagens, podemos citar o baixo custo, fácil instalação e operação, o baixo consumo de energia e a segurança. Como desvantagens, podemos citar o fato de requerer etapa posterior de refinação e o óleo extraído não apresentar boa coloração.

### **2.6.3. Enfloração**

O método de enfloração (enfleurage) baseia-se na grande capacidade de a gordura absorver os constituintes voláteis emitidos pelas flores.

O processo ocorre colocando as pétalas das flores em placas de vidro em contato com gordura vegetal ou animal, que exercem papel de esponjas absorvendo o óleo em questão. Essas pétalas são substituídas a cada 24 horas, durante semanas, até que a gordura fique com aspecto de “pomada” saturada de óleo. Posteriormente essa gordura passa por processos de filtração, destilação, injeção de álcool no concentrado oleoso aromático e novamente destilação, para gerar o óleo essencial.

Como vantagem deste método, podemos citar a boa qualidade do óleo extraído. Como desvantagens, podemos citar que o método é muito antigo/ultrapassado, e necessita de muita mão-de-obra.

### **2.6.4. Extração por solvente orgânico**

O método de extração por solventes orgânicos consiste em colocar um solvente orgânico em contato com a matriz vegetal. Antes de iniciar o processo de extração o material deve ser esmagado, picado ou maceradas para permitir uma maior área de contato entre o sólido e o solvente. Os solventes mais utilizados são: o etanol, metanol, isopropanol, hexano, ciclo-hexano, tolueno, xileno, ligroína, éter etílico, éter isopropílico, acetato de etilo, acetona, clorofórmio (PUNINA, 2010).

Como vantagens, podemos citar as condições de operação conduzidas a temperatura e pressão ambientes, e a possibilidade de separar componentes individuais. Como desvantagens, podemos citar o alto custo, o fato de contaminar o meio ambiente, o risco de incêndio e explosão, além de extrair elementos indesejados (ceras, pigmentos, etc.).

### 2.6.5. Extração por CO<sub>2</sub> supercrítico

A extração com solventes líquidos é o método mais utilizado industrialmente, no entanto, tem o inconveniente de deixar resíduos no extrato além de requerer uma etapa de separação do extrato do solvente. A extração com fluido supercrítico é considerada desejável, pois não libera resíduos tóxicos de solventes no ambiente (HUI, 1996).

A obtenção de compostos antioxidantes mediante extração com gases, como o dióxido de carbono, em condições de pressão e temperatura acima do ponto crítico, constitui método moderno e eficiente. Algumas substâncias, como o metanol e o etanol, podem ser utilizadas como co-solventes, melhorando o rendimento e a seletividade dos extratos (POKORNY e KORCZAK, 2001).

Uma substância que esteja à pressão e temperatura acima de seu ponto crítico é denominada supercrítico. Várias propriedades dos fluidos são alteradas sob essas condições, tornando-se parecidas com as de alguns gases e líquidos. A densidade do fluido supercrítico é similar a dos líquidos, sua viscosidade assemelha-se a dos gases e sua capacidade de difusão é intermediária entre os dois estados. Portanto, o estado supercrítico de fluidos pode ser definido como o estado no qual líquido e gás são indistinguíveis entre si (HERRERO, CIFUENTES e IBANEZ, 2006).

Devido à sua baixa viscosidade e alta capacidade de difusão, os fluidos supercríticos apresentam propriedades de transporte melhores que os líquidos. Podem se difundir facilmente através de materiais sólidos, resultando em melhores rendimentos nas extrações. O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o fluido mais utilizado devido a sua moderada (31,3°C) e pressão crítica (72,9 atm.), é gasoso em temperatura ambiente. Entretanto, o CO<sub>2</sub> supercrítico (pela baixa polaridade) é menos efetivo para a extração de compostos com maior polaridade em fontes naturais. Tal fato é superado com a adição de modificadores, também conhecidos como co-solventes (DEL VALLE e AGUILLERA, 1999; RAVENTÓS, DUARTE e ALARCÓN, 2002).

As indústrias alimentícias, cosméticas e farmacêuticas, têm interesse pela extração supercrítica para a substituição dos processos de extração convencionais (como a extração com solventes orgânicos e a hidrodestilação) para obtenção de óleos essenciais.

A extração supercrítica produz extratos livres de resíduos e pode ser conduzida em baixas temperaturas, preservando a qualidade de compostos termo sensíveis (ZANCAN *et al.*, 2002). O grande inconveniente da extração supercrítica reside na alta pressão necessária para a operação que requer equipamentos excessivamente caros, elevando o custo do produto final.

Outras vantagens como, por exemplo, a alta pureza dos extratos e a eficiência do processo podem torná-la viável para aplicação em alimentos (HERRERO, CIFUENTES; IBANEZ, 2006).

### 2.6.6 Prensagem a frio

O método de prensagem a frio consiste em colocar sementes e cascas inteiros diretamente em uma prensa hidráulica, sendo coletados o suco e o óleo presentes na casca. Como vantagem, podemos citar que a tecnologia é conhecida a anos, mas tem seus detalhes e segredos. Como desvantagens, podemos citar que traz impurezas com o óleo essencial extraído e o mesmo deve ser armazenado em recipientes escuros a 12 °C.

## 2.7 ESTADO DA ARTE EM RELAÇÃO AOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS

Pouco se houve falar em inovações ou avanços tecnológicos acerca de equipamentos para extração de óleos essenciais. Muito do conteúdo de artigos e revistas científicas refere-se a características químicas dos óleos essenciais. Como pode ser visto na figura 2.5, o gráfico refere-se à quantidade de documentos científicos gerados por ano sobre óleos essenciais. Os registros de publicações são de vinte anos atrás, mostrando que na época (1995) eram publicados menos de dez documentos por ano. Este cenário mudou a partir de 2007, sendo possível verificar o dobro de artigos publicados em 2009 e a partir de então vem aumentando ano a ano. No ano de 2015, é possível observar que foram publicados mais de quarenta e cinco documentos sobre óleos essenciais.

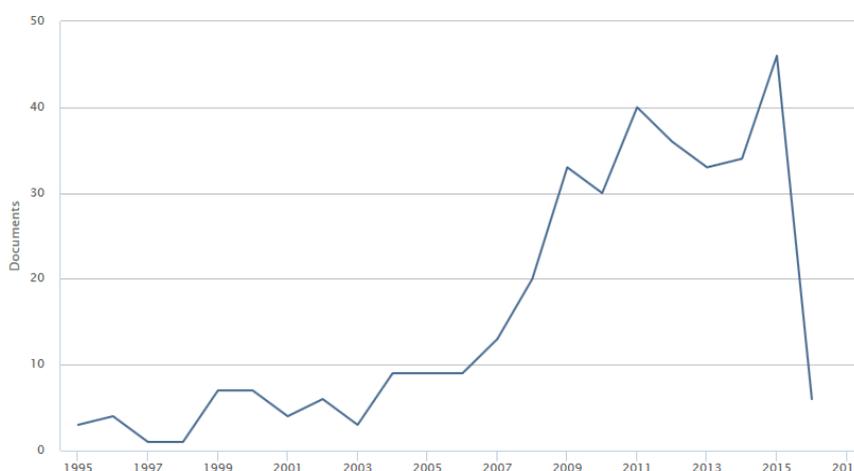


Figura 2.5 – Quantidade de documentos sobre óleos essenciais publicados por ano.  
Fonte: Scopus, 2015.

Os documentos gerados sobre os métodos de extração de óleos essenciais têm registro desde 1825, conforme ilustra a Figura 2.6. Porém é possível identificar uma significativa quantidade de documentos gerados a partir de 1961. A partir de 1995 expandiu-se as pesquisas, quadruplicando a quantidade de documentos publicados em 2012.

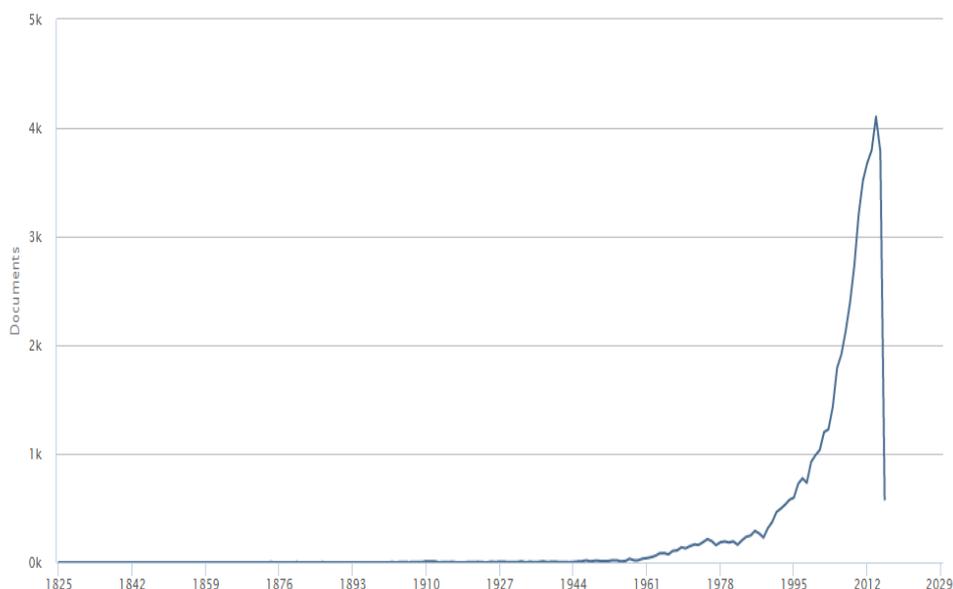


Figura 2.6 - Quantidade de documentos sobre métodos de extração de óleos essenciais publicados por ano.  
Fonte: Scopus, 2015.

Quanto as tecnologias de extração a quantidade de documentos gerados é infinitamente menor se comparado as pesquisas sobre os óleos essenciais e métodos de extração. Conforme pode ser visualizado no gráfico da Figura 2.7, em 1984 á registro de um documento gerado sobre tecnologia de extração. Tendo um aumento em 1996, sendo publicados quatro documentos, em 2008 cinco documentos e 2014 seis documentos.

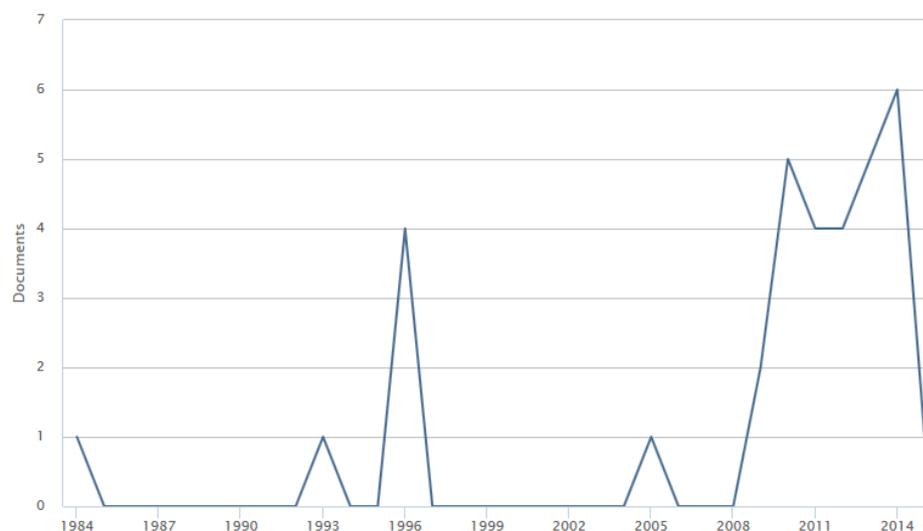


Figura 2.7 - Quantidade de documentos sobre tecnologias de extração de óleos essenciais publicados por ano.  
Fonte: Scopus, 2015.

Os países que mais publicam documentos sobre óleos essenciais são os Estados Unidos, tendo um total de seis mil (6.000) publicações e a Índia, tendo um total de quatro mil (4.000) publicações. O Brasil classifica-se como terceiro colocado no ranking dos quinze países que mais publicam documentos relacionados a óleos essenciais, tendo um total de três mil e quinhentas (3.500) publicações, conforme é possível visualizar no gráfico da Figura 2.8.

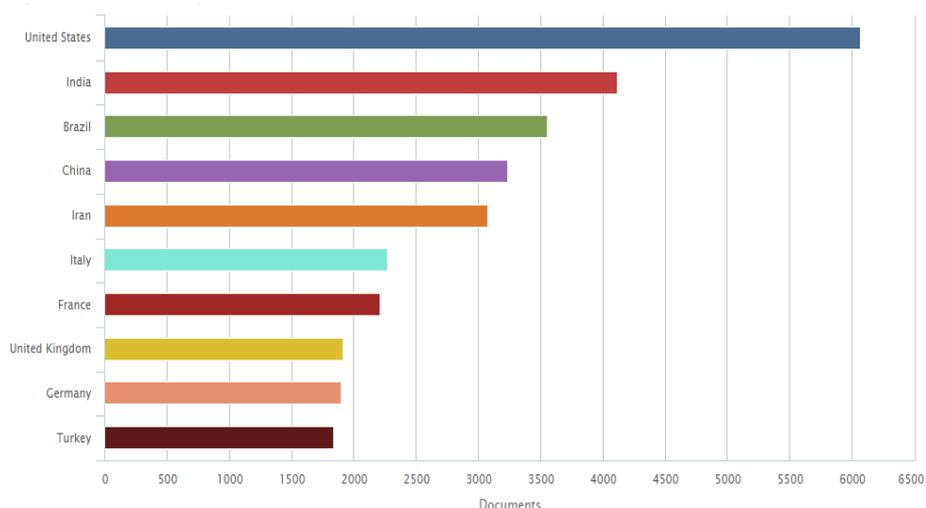


Figura 2.8 – Comparação de quantidades de publicações por países sobre óleos essenciais.  
Fonte: Scopus, 2015.

No gráfico da Figura 2.9, é possível visualizar os quinze países que se destacam com as publicações sobre os métodos de extração de óleos essenciais, a China classifica-se em primeiro lugar, tendo um montante de mais de cinquenta e cinco publicações sobre o tema.

Em segundo lugar classifica-se o Iran com trinta e cinco publicações e em terceiro a Espanha com um pouco mais de vinte e cinco publicações. O Brasil, classifica-se em sexto lugar, somando um montante de vinte publicações sobre os métodos de extração de óleos essenciais.

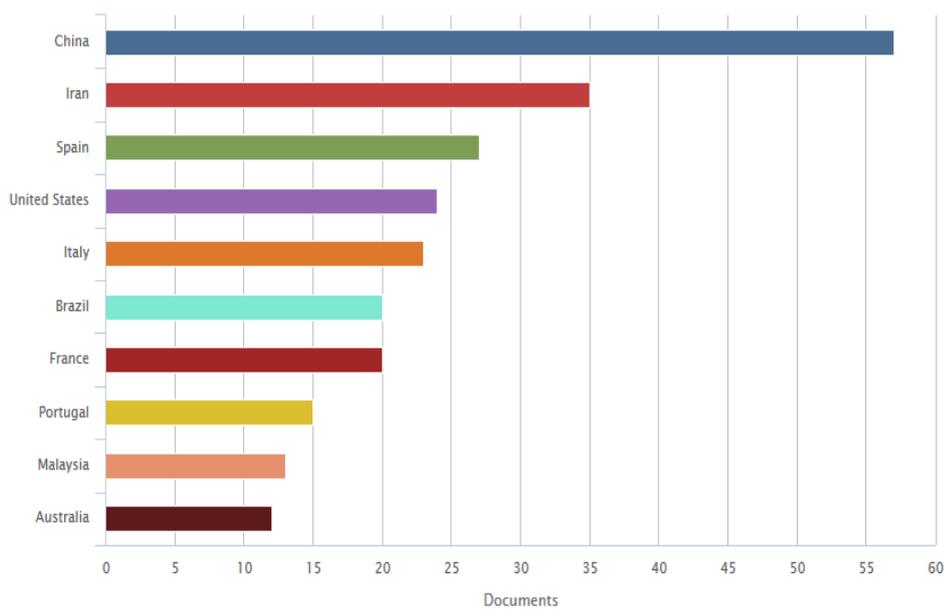


Figura 2.9 - Comparação de quantidades de publicações por países sobre métodos de extração de óleos essenciais.

Fonte: Scopus, 2015.

No gráfico da Figura 2.10, é possível visualizar os quinze países que se destacam com as publicações sobre as tecnologias de extração de óleos essenciais. A França e a Malásia, possuem cinco publicações no total, classificando-se respectivamente em primeiro lugar. A Austrália e a Itália, possuem três publicações igualmente. O Brasil, está listado em décimo quinto lugar com apenas uma publicação a respeito das tecnologias desenvolvidas para extração de óleos essenciais.

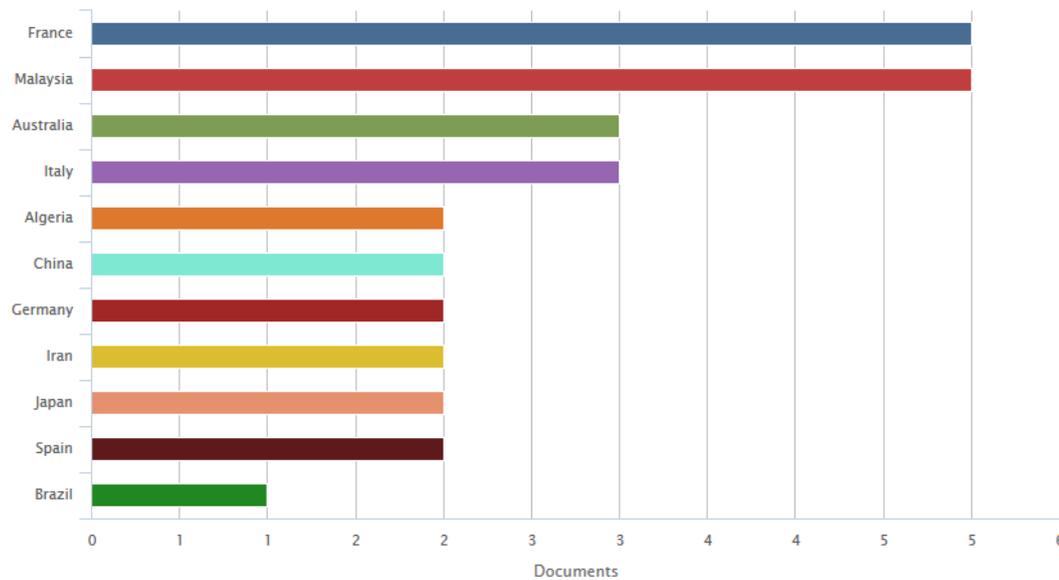


Figura 2.10 - Comparação de quantidades de publicações por países sobre tecnologias de extração de óleos essenciais.  
Fonte: Scopus, 2015.

No gráfico da Figura 2.10, é possível visualizar os tipos de documentos publicados sobre óleos essenciais. No caso das pesquisas relacionadas aos óleos essenciais a maior parte das publicações são em artigos científicos (79,6%) e papers publicados em conferências/congressos (8,6%).

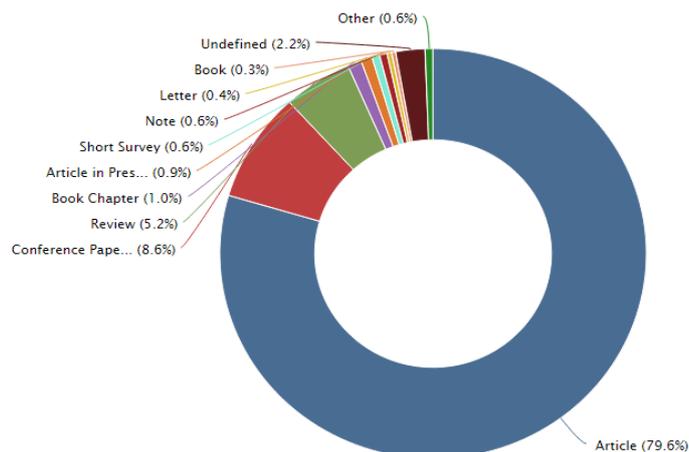


Figura 2.11 - Comparação por tipo de documentos sobre óleos essenciais.  
Fonte: Scopus, 2015.

Quanto a quantidade dos tipos de documentos publicados sobre os métodos de extração de óleos essenciais, os artigos são os documentos mais publicados (87,6%). Oito por cento (8%) a mais se comparado com as pesquisas sobre óleos essenciais. O restante,

classifica-se como review (5,6%), publicações em conferencias/congressos (5,4%) e outros (1,5%).

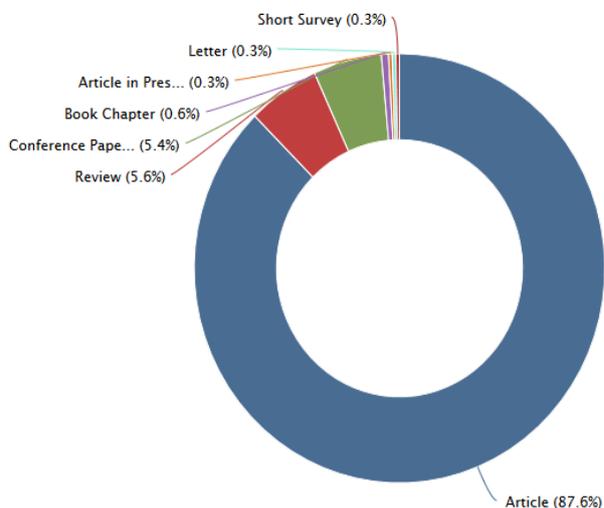


Figura 2.12 - Comparação por tipo de documentos sobre métodos de extração de óleos essenciais.

Fonte: Scopus, 2015.

No gráfico da Figura 2.13 é possível visualizar que as publicações relacionadas a tecnologias de extração de óleos essenciais, classificam-se em três categorias, artigos, publicações em conferências/congressos e review. Destas três, os artigos são a maioria dos documentos encontrados, caracterizando 76,5%.

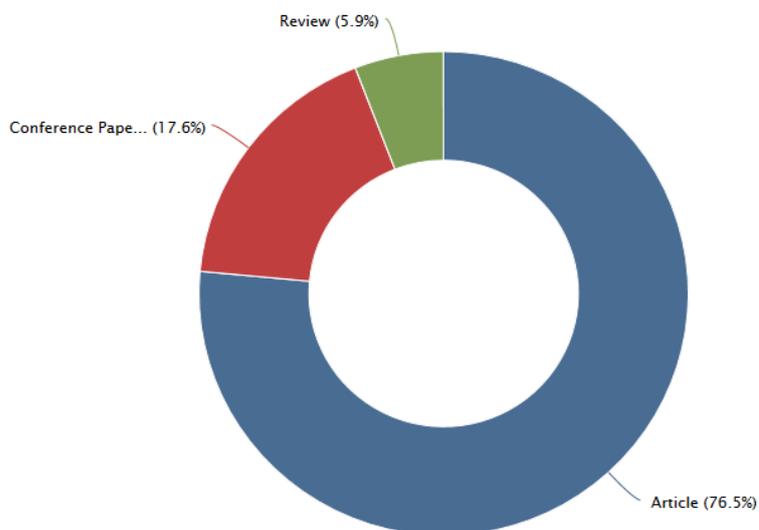


Figura 2.13 - Comparação por tipo de documentos sobre tecnologias de extração de óleos essenciais. Fonte: Scopus, 2015.

De modo geral, as áreas que mais publicam documentos sobre os óleos essenciais conforme gráfico da Figura 2.14, são a Agricultura (39,3%), a Química (28,6%).

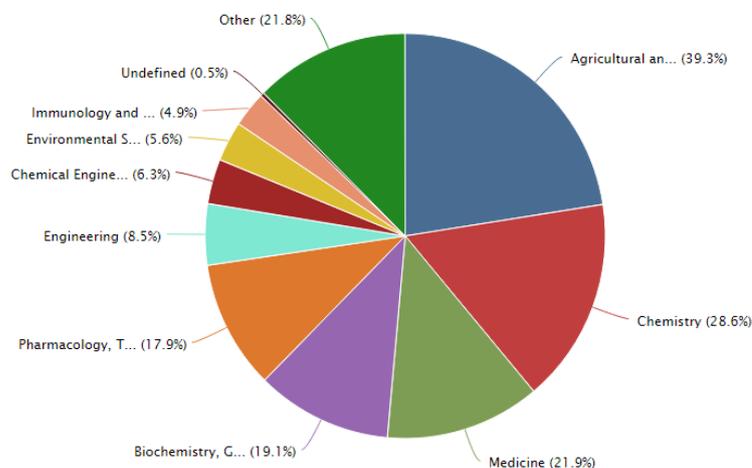


Figura 2.14 - Comparação de documentos publicados por área de atuação sobre óleos essenciais. Fonte: Scopus, 2015.

No gráfico da Figura 2.15 é possível visualizar as áreas que mais publicam documentos sobre métodos de extração de óleos essenciais. Neste caso, diferente da área de pesquisa dos óleos essenciais a área que mais publica documentos é a Área Química (55,9%), as Engenharias com 35,3% de publicações, a Engenharia Química com 29,4% de publicações, a Bioquímica com 26,5% de publicações, a Agricultura e Ambiental com 23,5% de publicações. No restante, tem as áreas de Medicina, Ciência dos materiais, Energia etc., porém com pouca quantidade de publicações comparado as outras áreas.

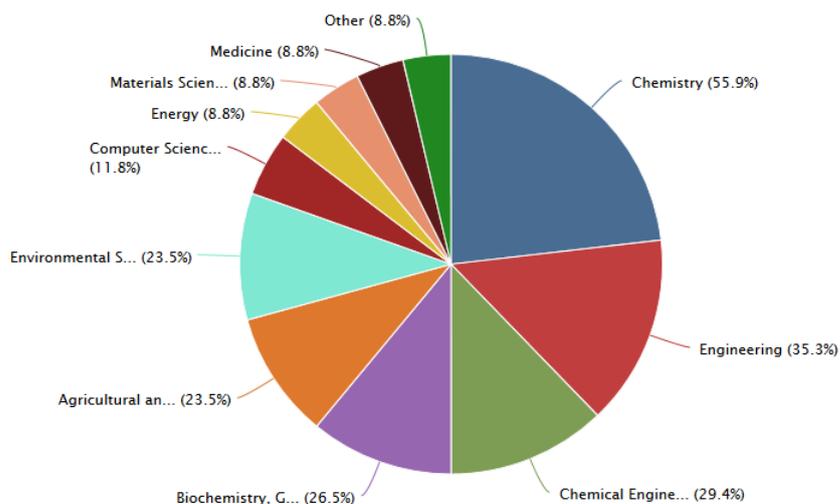


Figura 2.15 - Comparação de documentos publicados por área de atuação sobre métodos de extração de óleos essenciais. Fonte: Scopus, 2015.

No gráfico da Figura 2.16 é possível visualizar as áreas que mais publicam documentos sobre as tecnologias de extração de óleos essenciais. Mantendo o mesmo formato das áreas de pesquisa dos óleos essenciais a área que mais publica documentos é a Área Química com 46,9% de publicações e a Agricultura com 46,0% de publicações. Posteriormente a Engenharia Química com 22,3% de publicações, a Bioquímica com 15,8% de publicações, a Medicina e Ambiental com 13,0% e 11,0% de publicações respectivamente.

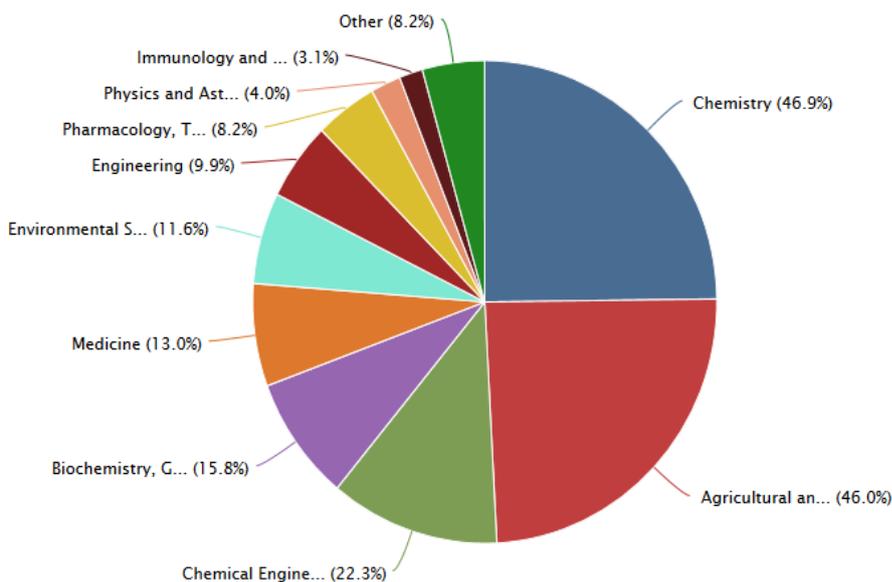


Figura 2.16 – Comparação de documentos publicados por área de atuação sobre tecnologias de extração de óleos essenciais  
Fonte: Scopus, 2015.

Utilizando os bancos de patentes nacionais e internacionais é possível realizar buscas por produtos ou processos que tenham sido desenvolvidos e patenteados a tempos ou atualmente. No Brasil o órgão responsável pelas patentes de propriedade intelectual e industrial é o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), através do seu site podem ser realizadas pesquisas gratuitamente.

Internacionalmente existem pelos menos quatro órgãos que podem ser pesquisados através de bases gratuitas também, um exemplo é Escritório Europeu de Patentes (EPO) que é possível acessar através da base Espacenet. Este escritório é responsável por mais de 90 milhões de documentos de patentes de diversos países inclusive do Brasil. Outro que se destaca é o Escritório Americano de Marcas e Patentes (USPTO), o qual é possível encontrar documentos patenteados desde 1970.

Em pesquisa realizada na base do INPI, foi encontrada uma patente de 2004, de número PI0404840, que compreende uma bateria extratora, constituída basicamente por sete extratores independentes acoplados a uma única fonte de vapor e que podem ser operados separadamente ou em conjunto, sendo que cada extrator consta de um vaso destilador, de um condensador e de um vaso separador.

Na base da USPTO, foi encontrada uma patente de número US20080128261 de 2007, dotada de pelo menos um tanque de destilação, um condensador, um coletor do condensado, um tubo de retorno de água, um sistema de refrigeração com uma bomba elétrica com um reservatório de líquido de refrigeração. Pode se trabalhar tanto com material vegetal seco ou fresco. Alguns pontos negativos deste sistema se dão pelo material e a água estarem em contato durante o aquecimento e este ser realizado por um fogão doméstico; O que acaba influenciando na extração, que seria aplicável a pequenos volumes (0,5 a 16 ml por Kg de material).

Na base Espacenet, é possível encontrar diversas patentes de equipamentos de extração de óleos essenciais, realizadas por diferentes processos. Uma delas corresponde ao número de CN100999696 do ano de 2006, a qual consiste em um equipamento para extração de óleos essenciais das flores de lavanda com CO<sub>2</sub> supercrítico. O processo se dá a partir da prensagem das flores que posteriormente devem ser levadas para um tanque onde ocorre a extração com CO<sub>2</sub> a pressão de 10-30 MPa, com temperatura superior a 30°C de 1 a 4 horas.

No ano de 2011 foram localizadas na mesma base, quatro patentes CN201962270, CN102391912, CN202359093, CN202401042 respectivamente.

A patente CN201962270, compreende um sistema de extração por arraste a vapor, composto de um extrator, um separador, uma bomba de medição de alta pressão, uma válvula de retorno de alta pressão, um tanque de água, um filtro, um medidor de fluxo, um aquecedor, um termostato, um condensador, um sistema de resfriamento, um componente à prova de explosão, um controlador elétrico e um suporte. A extração é feita sob alta pressão, podendo a quantidade de óleo aumentar de três a quatro vezes.

A patente de número CN102391912 refere-se a um equipamento para extração com CO<sub>2</sub> supercrítico de óleos essenciais das flores da peônia. Esse sistema é composto por um dispositivo de secagem, um dispositivo de moagem e um dispositivo de extração com CO<sub>2</sub> supercrítico, em que o dispositivo de secagem compreende uma sala de secagem, um forno de secagem e um carrinho, e o dispositivo de extração com CO<sub>2</sub> supercrítico compreende um extrator, um tanque de armazenamento, um vaporizador, um separador, um dispositivo de

liquefação, um tanque de gás residual, um compressor e uma bomba de alta pressão. Tudo para se obter um produto de alta pureza de maneira eficiente.

A patente número CN202359093 compreende um modelo de utilidade de extração de óleos essenciais com vapor, para este fim, o equipamento é composto por um tanque de destilação, um condensador e um vaso separador de água e óleo. As fontes de aquecimento podem ser elétricas, com vapor ou através do revestimento de óleo térmico.

Outro método de extração por arraste a vapor, a patente CN202401042 é composta por um tanque de extração, um condensador tipo prato, um vaso separador e por tubulações e conexões, não contém gerador de vapor separado. É descrito como um sistema compacto e ótimo para poucas quantidades de óleo essencial.

A patente número CN102994232 refere-se a um equipamento para extração de óleos essenciais por hidrodestilação que inclui um tanque de destilação elétrico, um condensador de vapor e um separador de água-óleo.

Um extrator a vácuo por arraste a vapor de óleos essenciais foi localizado na Espacenet do ano de 2013, o qual é composto por uma caldeira de destilação, ligada a um condensador que por sua vez é conectado a um vaso separador. Não possui gerador de vapor separado, e sua operação é em batelada. O número da patente é CN203582836.

A patente número CN204079937 e a número CN104194939 do ano de 2014. Compreende respectivamente de uma unidade de extração de óleos essenciais que contém um tanque de extração, um misturador, dois condensadores trabalhando em sequência, e um separador de óleo-água. A segunda patente refere-se a um aparelho de extração por hidrodestilação, constituído de um vaso de destilação, um condensador e um separador de óleo-água; A forma de aquecimento pode ser elétrica, chamas ou outros. De modo geral pode ser descrito como um equipamento bastante simples.

Nota-se que num período de dez anos foram patenteados mais de 10 equipamentos de extração de óleos essenciais. A maior parte destes sistemas baseados no método de arraste a vapor, porém com equipamentos ou processos que por vez diferencia-se. Vale ressaltar a utilidade dos bancos de patentes para varredura e pesquisa desses equipamentos e processos, os quais são de difícil localidade em artigos científicos, dissertações ou teses. A carência tecnológica é um dos motivos que dificulta a descrição precisa dos processos de extração de óleos essenciais.

### **3 MATERIAIS E METODOS**

Para desenvolvimento do trabalho a metodologia contemplou a realização de sete etapas: 1) caracterização da matéria prima; 2) prospecção tecnológica; 3) proposição da tecnologia alternativa; 4) prototipagem por meio do projeto, construção e montagem dos componentes; 5) testes operacionais na condição real de operação; 6) avaliação dos requisitos de novidade para a proteção intelectual; e 7) a sistematização dos resultados.

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA**

A caracterização da matéria prima compreendeu a escolha e explicitação da sua composição, a identificação das fontes de fornecimento e o potencial de aproveitamento dos resíduos das atividades de produção de lenha e também da manutenção das árvores na área urbana. Essa etapa foi realizada com base de uma pesquisa prospectiva em artigos, dissertações e manuais técnicos. Foi também utilizado como fonte a pesquisa em bancos de dados na EMBRAPA, IBGE e IPARDS. Para este fim, foi desenvolvido uma planilha eletrônica e os resultados permitem evidenciar o grande potencial de aproveitamento de alguns tipos de resíduos como matéria prima para a produção de óleo essencial.

#### **3.2 PROSPECÇÃO DA TECNOLOGIA**

Após a definição do potencial de aproveitamento de alguns tipos de resíduos para a produção de óleos essenciais, foi necessária uma pesquisa prospectiva dos métodos, processos e tecnologias convencionais de extração de óleos essenciais. Essa etapa foi realizada com base da estratégia proposta por Porter et al (1991) nomeada Monitoramento & sistemas de inteligência aplicado a busca em bases de dados de artigos científicos e também em bancos de patentes. A prospecção dos artigos científicos foi realizada utilizando a base de dados do SciVerse Scopus. Em todos os casos foram empregadas palavras chaves aplicadas na busca por Article, Title, Abstract, Keywords na plataforma Scopus. Para garantir a cobertura total dos documentos considerou-se dois descritores intercalados com o operador booleano OR e AND, bem como os elementos de truncagem “”. Os descritores utilizados foram “essential oil” or “extraction method” or “extraction technology of essential oil”.

A prospecção de patentes foi realizada nas bases dos principais escritórios de patentes do INPI, Espacenet e USPTO. Essa pesquisa apontou a existência de 102 artigos científicos e 13 patentes que versam sobre o tema.

Esse material foi armazenado e organizado num banco de dados por tópico e assunto. Em cada caso após sua análise foram detalhados as vantagens e desvantagens dos sistemas convencionais de extração de óleo essenciais bem como suas limitações e gargalos tecnológicos.

### **3.3 PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA**

A proposição de tecnologia alternativa teve como base a identificação das limitações dos métodos convencionais de extração de óleos essenciais. Para contornar as limitações e gargalos das tecnologias convencionais, foi realizada uma pesquisa com base da inovação incremental e esse processo contemplou reuniões técnicas. De maneira gradual, e em conformidade com o cronograma do projeto, surgiram os esboços preliminares das características constitutivas do equipamento. Esse trabalho manual com desenhos e esquemas dos componentes do equipamento foram digitalizados (em 3D) utilizando o *software Solid Works* para a simulação, ajustes e otimização. Considerando a necessidade do projeto e construção de um protótipo foi definido uma capacidade e em função disso foi planejado o projeto de cortes para a construção de todos os componentes no *software AutoCAD 2014*.

### **3.4 PROTOTIPAGENS POR MEIO DO PROJETO, CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DOS COMPONENTES.**

Para a realização dos procedimentos relacionados à construção do equipamento de extração foram necessários definir alguns pressupostos: 1) Alinhamento de parceria Universidade-Empresa, nos moldes da Lei de Inovação para a fabricação do equipamento; 2) Planejamento para execução do projeto; 3) Planificação de desenho; 4) Levantamento de material para fabricação; e 5) Acompanhamento da fabricação/montagem do equipamento.

#### 3.4.1 Alinhamento de parceria para fabricação de equipamento

Foi realizada uma reunião com a Empresa INOMAQ Indústria e Comércio de Equipamentos Ltda. situada no município de Toledo-PR, para formalizar a parceria universidade/empresa para a fabricação do protótipo.

#### 3.4.2 Planejamento para execução do projeto

O projeto foi planejado no *software* AutoCAD (disponibilizado pela empresa INOMAQ). A execução contemplou a abertura de ordem de serviço junto a empresa junto ao setor de planejamento e controle de produção. Foi definido prazos para a coleta de materiais, corte, solda e montagem dos componentes.

#### 3.4.3 Levantamento de materiais para fabricação

O levantamento de materiais para a fabricação teve como fonte o setor de almoxarifado e também o setor de sucatas para possível aproveitamento de retalhos.

#### 3.4.4 Acompanhamento da fabricação/montagem do equipamento.

A fabricação do equipamento envolveu os setores de corte, prensagem, soldagem e montagem. Esta etapa envolveu a participação de dois mecânicos.

### **3.5 TESTES OPERACIONAIS NA CONDIÇÃO REAL DE OPERAÇÃO**

#### 3.5.1 Matéria-prima

O material utilizado para realização do teste foi o *Eucalypto Globulus* coletado na linha Mandarina, localizada no município de Toledo - Pr. Após a coleta a matéria-prima foi preparada, sendo picada os galhos e folhas manualmente para facilitar a passagem e arraste de vapor. O material picado, foi pesado e acondicionado em saco plástico para posterior utilização.

### 3.5.2 Preparação do Equipamento

A preparação do equipamento para a extração começa com o abastecimento de água na caldeira, usando para este o reservatório de água. A caldeira está em condição de operação quando obtiver  $\frac{3}{4}$  da sua capacidade, isto é controlado através da observação do medidor de nível instalado ao lado do vaso.

Uma vez preparada a matéria prima, a mesma é colocada nos leitos extratores. Após, são apertadas as borboletas localizadas em um tubo sobressalente que deve ser encaixado na frente dos cestos do extrator, para impedir a fuga de vapor.

### 3.5.3 Funcionamento

Uma vez fechado o extrator, é realizada a alimentação do gerador com o combustível selecionado, que é colocado através da tampa inferior do gerador, sendo que o mesmo possui um puxador para auxiliar este trabalho.

A entrada de comburente se realiza pelos orifícios que são ajustados através do puxador, desta forma controlando a combustão no interior do gerador, já que é composto por uma placa sobre outra, quando o encaixe é tal que, há coesão entre os orifícios tem-se máxima entrada de comburente, e de acordo com que se move a placa através do puxador esta quantidade vai diminuindo até chegar à zero, posição esta que a placa superior tampa todos os orifícios.

O processo de queima do comburente pode gerar a produção de cinzas, que caem pela grade de cinzas, até chegar à gaveta removedora de cinzas que com o auxílio de um puxador, pode ser facilmente descarregada. Com o início da combustão, tem-se o início da transferência de calor para a água. Ainda no corpo do gerador existe um medidor de pressão e um medidor de temperatura da água.

Com o processo de combustão iniciado, temos a geração de gás carbônico e vapor que seguem pelas tubulações, respectivamente. O vapor e/ou gás carbônico segue a tubulação até chegar ao distribuidor de fluxo, no qual é direcionado para o leito modular extrator, e os gases que não estiverem sendo utilizados, em caso de escolher trabalhar somente com vapor, ou somente com gás carbônico, são liberados pela chaminé.

Após o fluxo passar pela matéria prima, o óleo essencial é “arrastado” junto, e segue pela tubulação até chegar ao tanque concentrador. O fluido que já for condensado nos leitos extratores é direcionado para o fundo do mesmo, para ser aproveitado.

Após sair do tanque concentrador o fluxo segue pela tubulação até chegar ao condensador onde o óleo essencial mais o vapor e/ou gás carbônico circula através dos tubos e transfere calor para a água, que vem do reservatório de água pela tubulação, entra no condensador por baixo e sai pela tubulação superior. Esta água aquecida é reaproveitada, e segue pela tubulação, chegando na entrada de água do gerador, estando a água pré-aquecida.

O óleo essencial mais o vapor e/ou gás carbônico, continua passando pelos tubos e, como há a transferência de calor (perda), este fluido condensa-se, e sai pelo fundo do condensador já estando na fase líquida, onde é direcionado para o vaso separador de óleos essenciais, água e gás carbônico e no qual, o óleo essencial é separado da água e gás carbônico, obtendo-se dessa maneira, o produto final desejado.

O processo de extração foi realizado durante um período de 65 minutos. Terminado o processo, o fogo da caldeira foi apagado, os cestos foram removidos e o material vegetal foi retirado para verificação de peso.

### **3.6 AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS PARA PEDIDO DE PATENTE**

Após a realização das etapas anteriores foi realizado a verificação dos requisitos de proteção intelectual do produto tecnológico desenvolvido. Esse processo contemplou: a avaliação dos requisitos de novidade, atividade inventiva, aplicação industrial e suficiência descritiva. Para essa finalidade foram realizadas, buscas de tecnologias similares em bancos de patentes (INPI, Espacenet e USPTO).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Os óleos essenciais provenientes do eucalipto ocorrem principalmente nas folhas, onde são produzidos em pequenas cavidades globulares, chamadas glândulas. Estas se encontram distribuídas em todo parênquima foliar da maioria das espécies de eucalipto. As espécies de eucalipto utilizadas para a produção de óleo essenciais são classificadas de acordo com a sua utilização, nas áreas de medicina, indústria ou perfumaria.

O óleo essencial de *Eucalypto Globulus* classifica-se como um óleo de grande utilidade na medicina, isto porque apresenta como seu componente principal o 1,8Cineol representado como 76% da sua composição. Conforme ilustrado na Figura 4.1, além do Cineol, o Eucalipto Globulus apresenta em sua composição química o componente alfa pipeno, o pinocarveol, os Sesquiterpenos e os aldeídos.

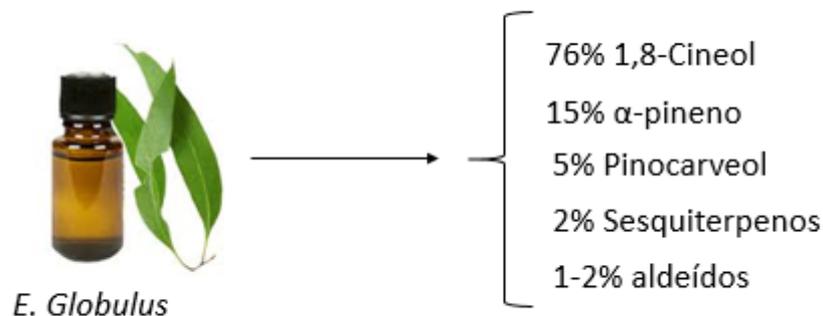


Figura 4.1 - Componentes do Eucalipto.

Fonte: Adaptado de CIMANGA *et al.*, 2002; GUO & YANG, 2006; DAYAL & AVYAR, 1986.

Do ponto de vista de disponibilidade de material para a obtenção de óleos essenciais, no esquema da figura 4.2, se ilustra o potencial de aproveitamento dos resíduos da produção de lenha e também dos resíduos da arborização urbana. No meio rural, os resíduos do beneficiamento da madeira são utilizados como fonte energética para abastecer as indústrias de transformação, porém uma certa quantidade acaba sendo descartada. No âmbito urbano, as

podas das árvores são descartadas indo direto para os aterros sanitários. Perdendo o potencial de aproveitamento para a produção de óleo essencial.

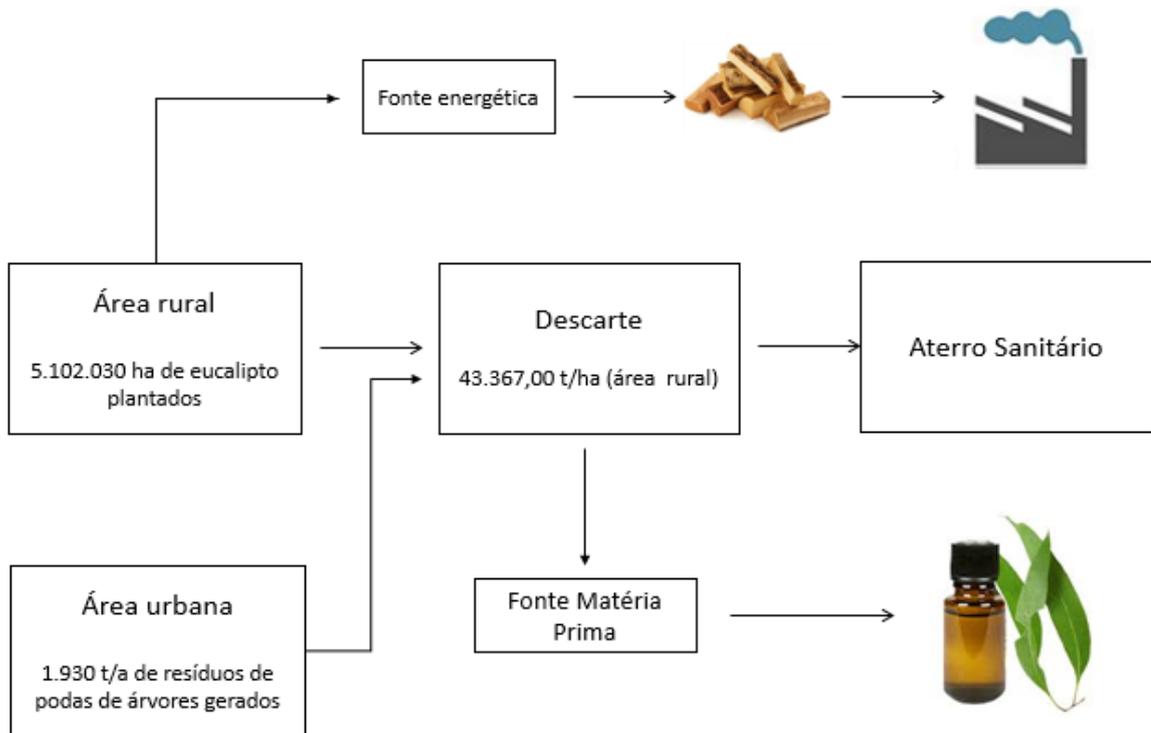


Figura 4.2 - Potencial de aproveitamento de resíduos.  
Fonte: Resultados da pesquisa.

O município de Toledo está situado na região Oeste do Paraná, conforme ilustrado na Figura 4.3, com uma área territorial de 1.198,607 km<sup>2</sup>, limitando-se ao norte com os municípios de Maripá e Nova Santa Rosa; ao sul com Santa Tereza do Oeste e São Pedro do Iguazu; a leste com Assis Chateaubriand, Tupãssi e Cascavel; e a oeste com Quatro Pontes; Marechal Cândido Rondon e Ouro Verde do Oeste. Está localizado entre as coordenadas: 24° 43' 12" Sul e 53° 44' 36" Oeste.

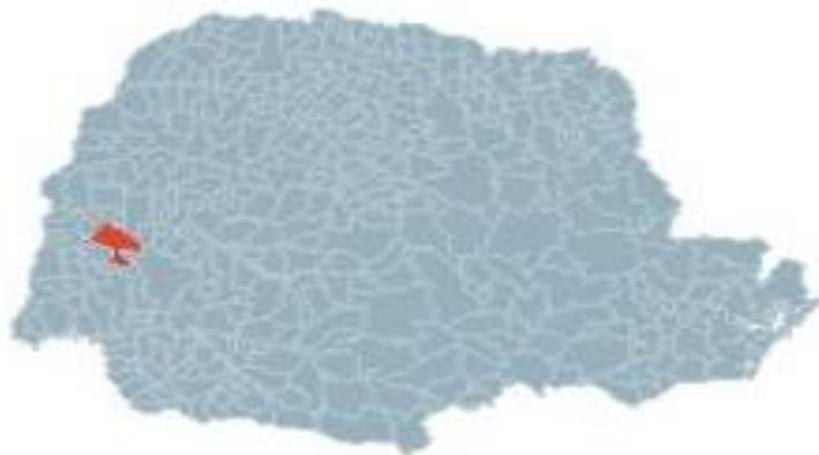


Figura 4.3 - Localização do município de Toledo/Pr.  
Fonte: IPARDES.

Conforme ilustra a Figura 4.4, com dados extraídos do IPARDS, verificou-se que o abate de aves no Paraná teve um considerável aumento, foram abatidos no ano de 2014, 3.651.564 aves, praticamente 50% em relação ao ano de 2010 que abateu 2.725.634 aves.

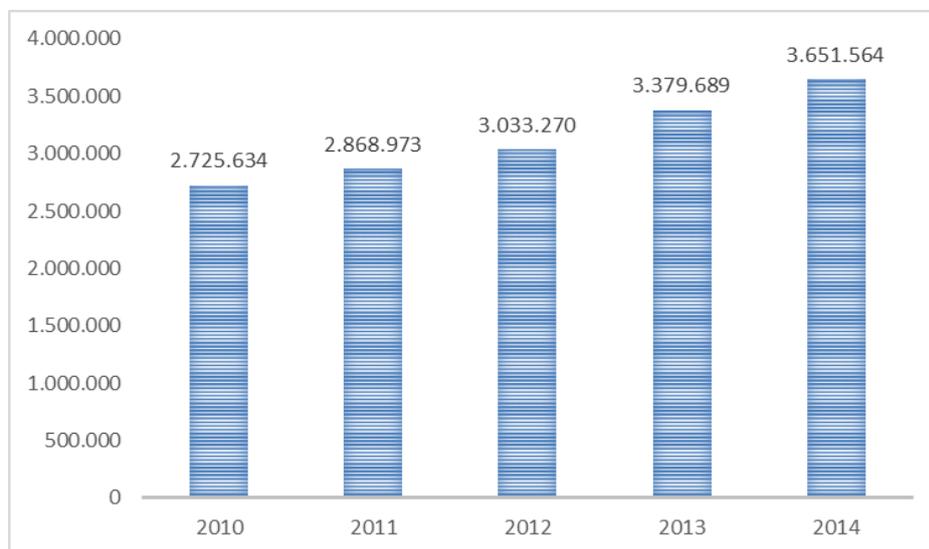


Figura 4.4 - Gráfico do abate de aves no Paraná de 2010 - 2014.  
Fonte: Resultados da pesquisa.

A região oeste, possui 14 cooperativas agropecuárias, destas a maior parte pratica o abate de aves. Na região está presente também, a segunda maior unidade da BRF no país, está localizada no município de Toledo – Pr.

Verificou-se que nos lugares onde a agroindústria é predominante os resíduos de madeira (cavacos) são empregados para geração de energia térmica, os quais são utilizados nos processos industriais, tanto na industrialização da carne quanto secagem de grãos.

Identificou-se que a principal fonte geradora de resíduos de madeira é a indústria madeireira, conforme figura 4.5, a qual contribui com noventa e um por cento (91%) dos resíduos gerados, sendo os outros seis por cento (6%) constituídos de resíduos do meio urbano e os outros três por cento (3%) de materiais diversos.



Figura 4.5 - Gráfico das fontes geradoras de resíduos no Brasil.  
Fonte: Resultados da pesquisa.

As principais fontes de energia utilizadas no setor agropecuário são o óleo diesel, a lenha e a eletricidade. A Figura 4.6, ilustra o consumo de energia do setor agropecuário brasileiro de 2010 a 2013, o qual destaca o óleo diesel como principal fonte de energia para os processos agroindustriais e em segundo lugar a lenha.

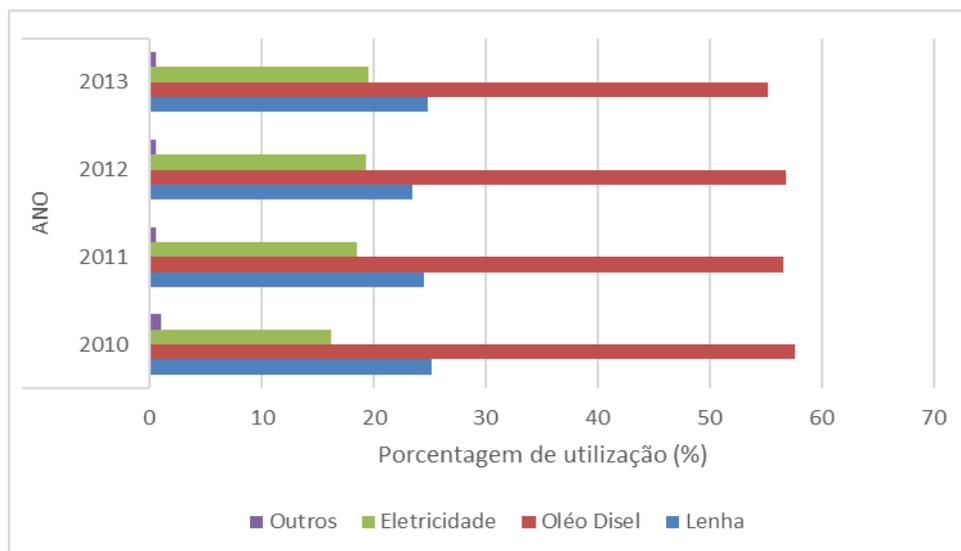


Figura 4.6 - Gráfico do consumo de energia do setor agropecuário brasileiro.  
Fonte: Resultados da pesquisa.

Para uma empresa que abate 5,5 milhões de aves por mês e utiliza lenha como principal fonte de energia, esta irá consumir em média mil toneladas por mês, isto tendo como base segundo Moura (2013) o consumidos 2,82 toneladas de lenha a cada mil aves abatidas. A vantagem da utilização da lenha como insumo é o seu custo, que é relativamente barato comparado a outros combustíveis.

Dentre as espécies utilizadas como fonte energética destaca-se o eucalipto. A figura 4.7, ilustra a composição de florestas plantadas no Brasil por área, o que evidencia a predominância do eucalipto com 5.102.030 (71%) de plantação. A espécie atende aos requisitos básicos para ser utilizada para produção de energia, que são: rápido crescimento; ampla diversidade de espécie; alta densidade e produtividade.

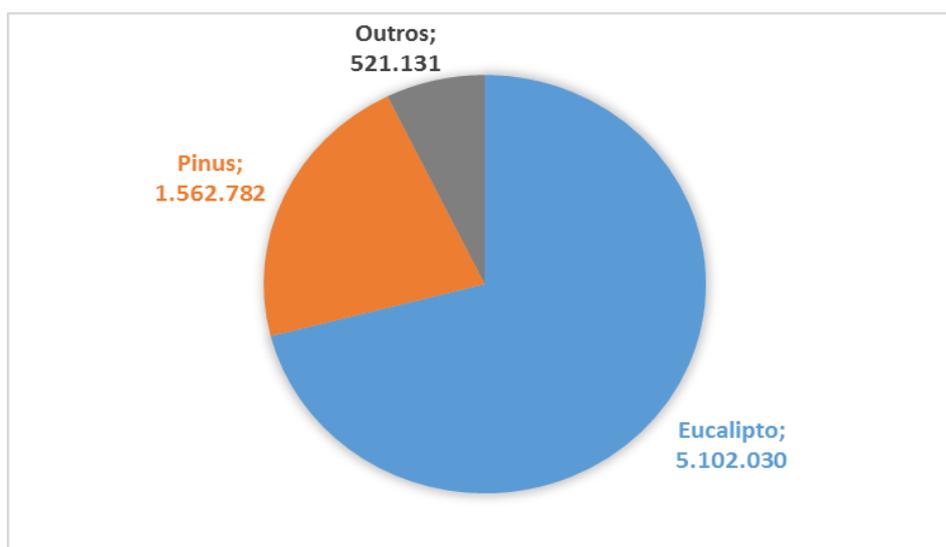


Figura 4.7 - Gráfico da composição das florestas plantadas por área no Brasil.  
Fonte: Resultados da pesquisa.

O eucalipto destaca-se também como grande potencial para produção de óleo essencial. Entre os principais óleos essenciais de importância comercial no mundo o óleo de eucalipto classificasse como terceiro, ficando atrás apenas do óleo essencial de Laranja e Menta.

Os óleos essenciais podem ser utilizados nos mais diversos ramos da indústria, podendo ser empregados, em remédios, perfumes, produtos de limpeza, alimentos, tintas, produtos terapêuticos etc.

O Brasil posiciona-se como o terceiro maior exportador de óleos essenciais do mundo, porém produz apenas três por cento (3%) do óleo que consome.

Desta forma evidenciou-se que os resíduos da produção de lenha (na área rural) e aqueles provenientes da poda da arborização urbana se constitui numa importante fonte de matéria-prima para a produção de óleo essencial.

## 4.2. RESULTADOS DA PROSPECÇÃO DA TECNOLOGIA

A prospecção tecnológica em torno do assunto apontou a existência de várias tecnologias, cada uma delas apresentando vantagens e desvantagens, os quais são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Vantagens e desvantagens dos métodos de extração de óleo essencial.

<b>Método</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Enfleurage	Grande qualidade de óleos obtidos	É um método antigo que já não se utiliza tanto; é um método trabalhoso, pois requer bastante mão de obra; é amplamente superado tecnicamente por outros métodos alternativos.
Extração com solventes	Uso de temperaturas baixas; Possibilidade de separação de componentes individuais.	Caro; tem risco de incêndio e explosão; difícil de separar completamente o solvente sem alterar a composição do óleo.
Prensagem a frio	É uma tecnologia conhecida a anos.	Quando o óleo sai da prensa tem muitas impurezas que devem ser eliminadas; devem ser eliminadas; O óleo essencial deve ser guardado em recipientes escuros a 12 °C.
Extração com fluido supercrítico	Alto rendimento; ecologicamente limpo; fácil retirada e reciclagem do solvente; baixas temperaturas de extração; não há alteração química no óleo.	Ácidos graxos, pigmentos e ceras também podem ser extraídos junto com o óleo essencial.
Hidrodestilação	Não requer uma caldeira de geração de vapor; é bastante utilizado em campo; são fáceis de instalar e de fácil transporte; tem custo acessível; fácil operação e apresenta um consumo energético baixo.	O óleo produzido tem mais cor; tendem a apresentar um certo odor queimado; sempre irão necessitar de uma etapa posterior de refinação.
Extração com arraste a vapor	Requer instalações básicas para construção e manutenção do equipamento; tecnologia simples; utiliza dos princípios de engenharia química; método industrial e laboratorial.	Seu principal inconveniente é a alta temperatura de operação, que se faz inapropriado para os óleos essenciais com componentes sensíveis ao calor.

Fonte: Resultados da pesquisa.

### 4.3 RESULTADOS DA PROPOSIÇÃO DA TECNOLOGIA ALTERNATIVA

Com base do levantamento feito a partir da literatura dos métodos, evidenciou que, o método mais adequado e aplicável à escala industrial, onde se requer altas quantidades de óleo essencial extraído a baixo custo, é o método de extração de arraste por vapor com o aproveitamento do CO<sub>2</sub> e o vapor de água do produto da combustão. Pois, conforme Equação (4.1), a partir da utilização de hidrocarbonetos como combustíveis, durante o processo de combustão (queima), os produtos resultantes da combustão são a emissão de gás carbônico e vapor de água. Neste caso o aproveitamento do CO<sub>2</sub> atua como solvente do óleo essencial no leito, o qual deve aumentar a eficiência do processo de extração de óleo essencial.



O estudo das tecnologias convencionais para a obtenção de óleos essenciais apontou que, em linhas gerais, prevalecem os sistemas em batelada. Para contornar essa limitação foi utilizado módulos extratores que devem operar de forma simultânea em série e/ou paralelo utilizando a mesma corrente de vapor com ou sem gás carbônico na sua composição. Essa característica deve propiciar a flexibilidade na capacidade de processamento, bem como na continuidade operacional com maior eficiência de extração.

As tecnologias empregadas até então, ou possuem baixo desempenho com baixo custo, ou alto desempenho com alto custo de produção e operação do equipamento, o que inviabilizam a aplicação industrial. Diante disso, firmou-se o desenvolvimento de um equipamento, com formato e partes constituintes inovadoras, que proporcione maior rapidez, uma maior uniformidade na extração e ainda um melhor rendimento no processo de obtenção de óleos essenciais, ou seja, que possua um alto desempenho com custo reduzido.

O extrator de óleos essenciais (tecnologia proposta) é constituído de uma caldeira com características diferenciadas na geração e na transferência de calor para geração de vapor, módulos de extração constituídos de "n" leitos de contato sólido-vapor dispostos em paralelo com alimentação independente, um tanque concentrador constituído de aletas, dois condensadores com características diferenciadas e um coletor de óleos essenciais. Todos estes são interligados através de tubulações para o transporte do fluído que arrasta o óleo essencial, conforme se ilustra no esquema da Figura 4.8.

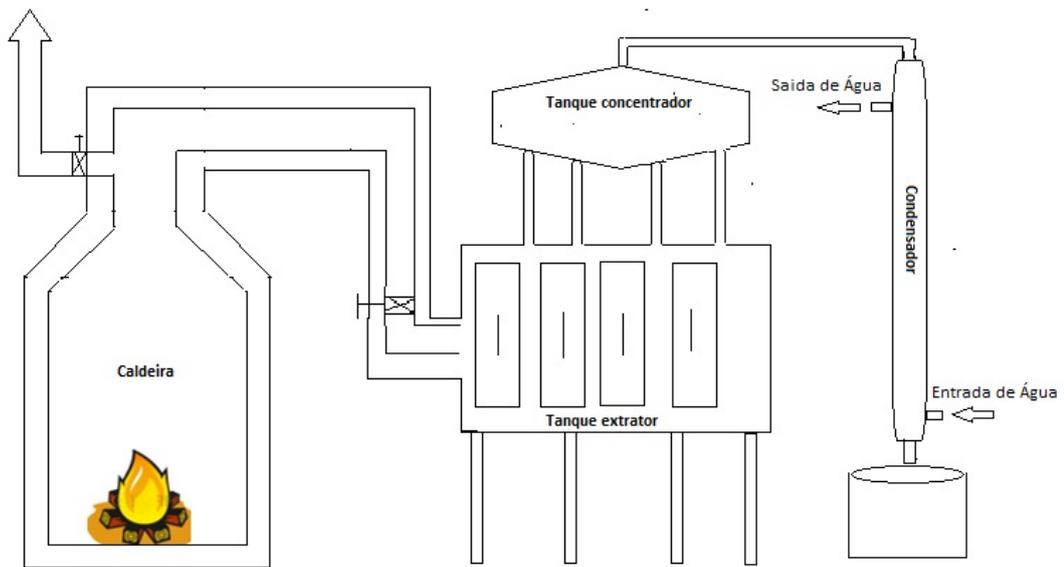


Figura 4.8 - Ilustração das partes constituintes do extrator de óleo essencial.  
Fonte: Resultados da Pesquisa.

Na sequência, foi especificado uma capacidade de operação (200 kg) e com base disso foi realizado o detalhamento e o dimensionamento das partes do equipamento. O resultado preliminar desta etapa se encontra ilustrado na Figura 4.9. Para o processo de digitalização, na escala real, foi utilizado o *software Solid Works* em 3 dimensões (3D).

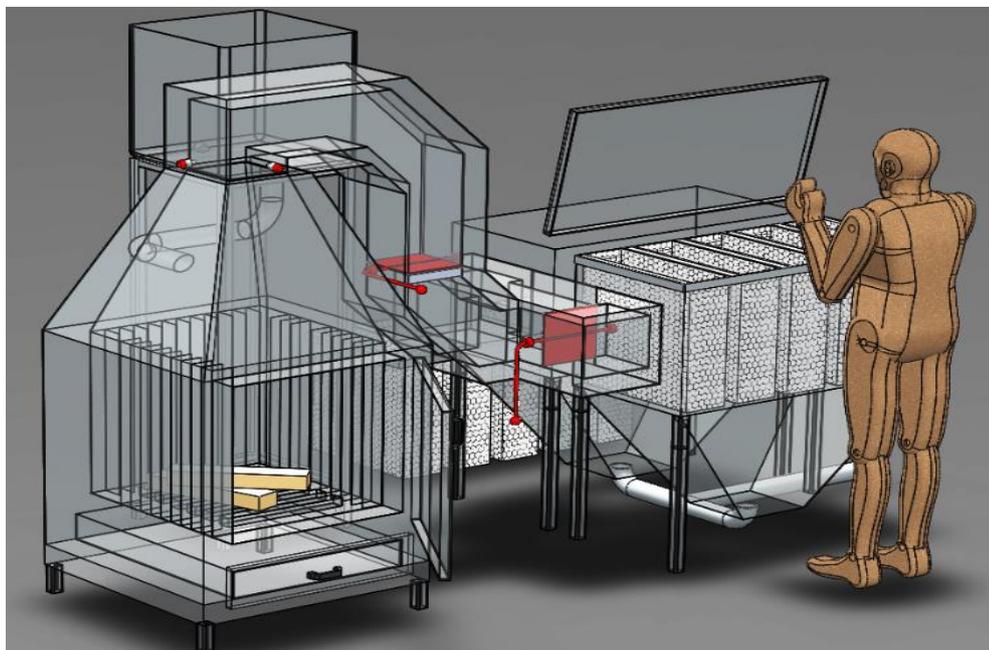


Figura 4.9 - Ilustração das partes constituintes do extrator de óleos essenciais em software SolidWorks.  
Fonte: Resultados da Pesquisa.

Com essa ferramenta foi possível a implementação dos acessórios e por meio da simulação foi realizado os ajustes e a otimização do equipamento cujo resultado se apresenta na Figura 4.10.

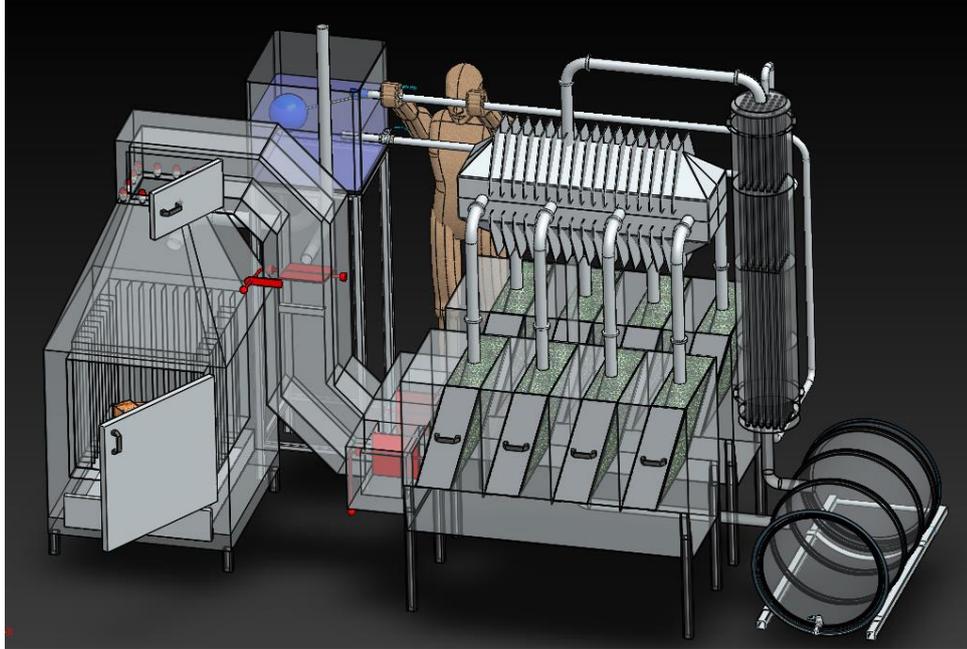


Figura 4.10 - Ilustração do projeto do extrator de óleos essenciais em software solidworks.  
Fonte: Resultados da Pesquisa.

Na sequência, estando o projeto finalizado foi planejado as cotas de dimensionamento do equipamento em Software AutoCAD versão 2014, para dar continuidade ao projeto, porem agora na fabricação. O resultado desta etapa encontra-se ilustrado na Figura 4.11

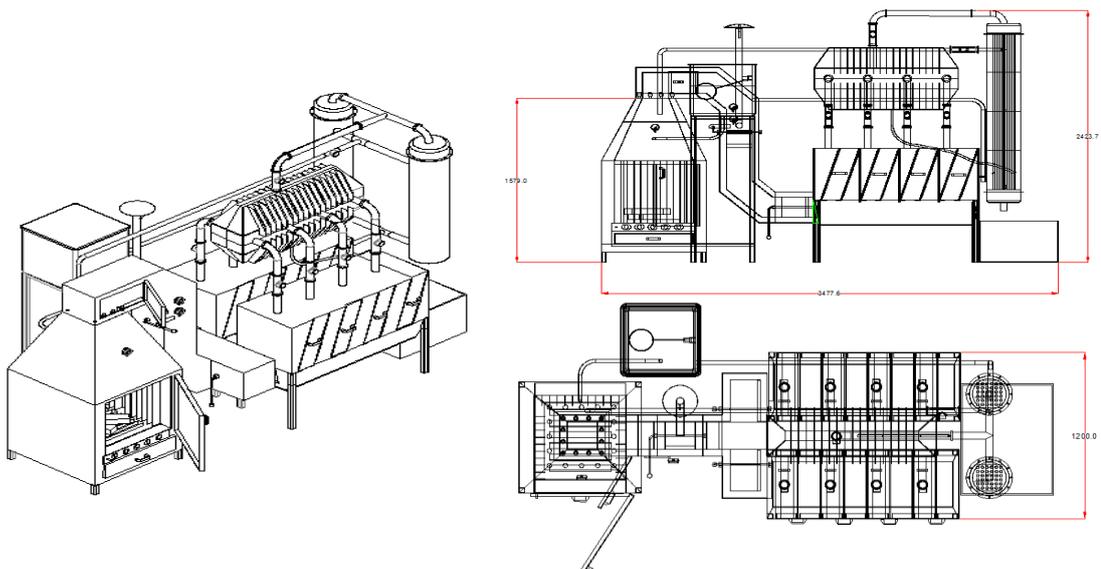


Figura 4.11 - Planificação das cotas de dimensionamento do extrator de óleos essenciais.  
Fonte: Resultados da Pesquisa.

Considerando que a extração de óleos essenciais, por meio do arraste de vapor e sem a sua separação, possui outras aplicações foi também desenvolvido um sistema para sua utilização em saunas. A metodologia foi análoga ao utilizado no processo anterior e o resultado se apresenta na Figura 4.12.

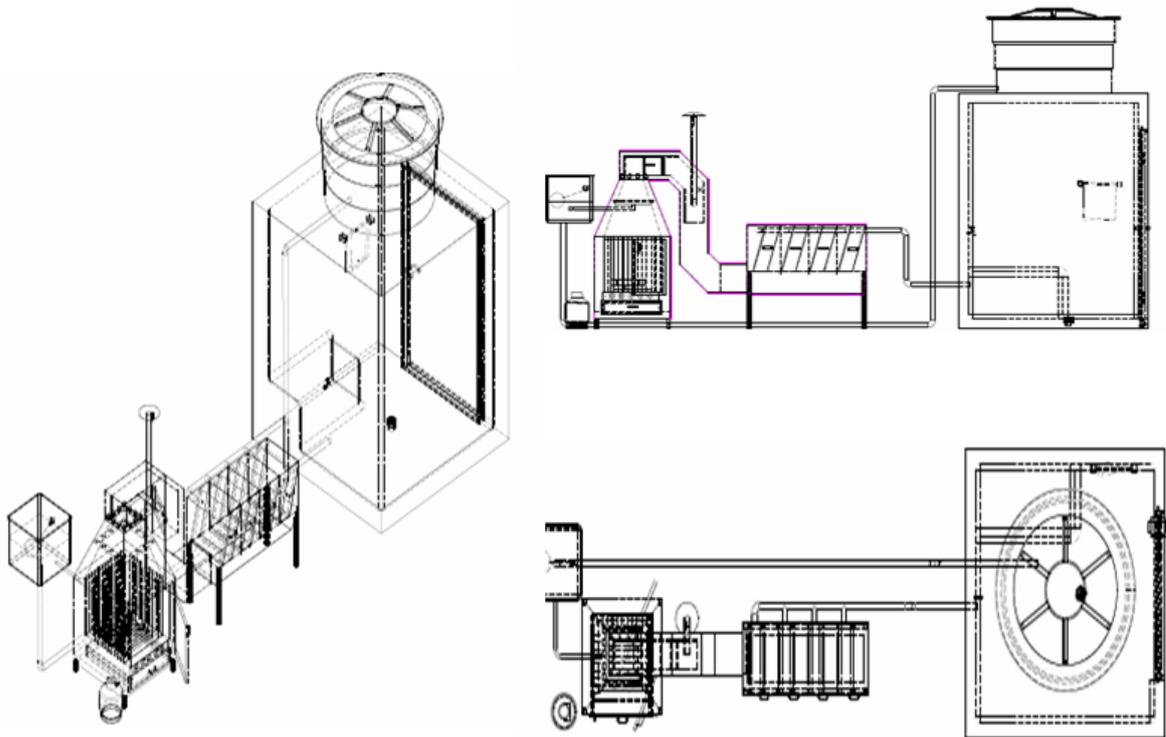


Figura 4.12 - Planificação das cotas de dimensionamento do equipamento para sauna.  
Fonte: Resultados da Pesquisa.

#### **4.4 RESULTADO DA PROTOTIPAGEM POR MEIO DO PROJETO, CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DOS COMPONENTES.**

Do ponto de vista construtivo o projeto contou com a colaboração da empresa INOMAQ quem identificou a relevância da pesquisa e as perspectivas de futuros negócios por meio da transferência de tecnologia nos moldes da Lei de Inovação. A Universidade não necessitou entrar com nenhum recurso próprio.

Na Figura 4.13 se apresenta a ordem de serviço para fabricação do equipamento.

<b>INOMAQ</b> C.N.P.J.: 00.659.603/0001-08 - Insc. Est.: 41806938-45 Endereço: RUA AV EGYDIO GERONYMO MUNARETTO, 3747 - Bairro: PANORAMA TOLEDO - PR - CEP: 85915-175 Telefone/Fax: (45)3277-2318 - ( ) - Email: vendas@inomaq.com.br		<b>Ordem de Produção Nº 000362/2015</b> Pedido Nº / Condicional <input type="checkbox"/> Garantia <input type="checkbox"/> Status O.P.D. Em Produção Data/Hora 19/10/2015 17:07:50		
<b>Cliete.....: 000050 - INOMAQ INDUSTRIA E COMERCIO DE EQUIPAMENTOS</b>		Data Cadastro: 06/08/2015		
Endereço.....: EGYDIO GERONYMO MUNARETTO - JD PANORAMA		Telefone.: 4532772318 -		
Cidade.....: TOLEDO - PR		Fax.....: ( ) -		
CNPJ/CPF.....: 00.659.603/0001-08	Insc. Estadual: 4180693845	Dt. Orçamento: 06/08/2015		
Entrega Prev.....: 30/11/2015	Nº Orçamento: /			
Setor.....:		Representante: 0001 REPRESENTANTE INOMAQ		
Observações.....: Ordem referente a fabricação de extrator de essencias				
Resp. Técnico: Data Final.....:		Resp. Produção: Data Final.....:	Contr. Qualid.: Data Final.....:	
<b>PRODUZIR EQUIPAMENTO/PEÇA CONFORME O ESPECIFICADO ABAIXO</b>				
Código	Descrição	Und.	Quant.	Nº de Série

Figura 4.13 - Ordem de serviço para fabricação do extrator de óleos essenciais.  
Fonte: INOMAQ

Na seleção dos materiais foi constatado o grande potencial de aproveitamento de sucata. Diante desse fato, conforme Figura 4.14, foi selecionado e separado os materiais da sucata para a fabricação do equipamento. Esses materiais denominados sucatas, são oriundos de retrabalhos, materiais que já vem com defeito do fornecedor, ou equipamentos que foram utilizados e trocados por outros novos, que voltam para a empresa, porém sem “possibilidade” de nova utilização. O resultado significativo desta etapa foi a possibilidade de um aproveitamento diferenciado da sucata para fabricação de peças de protótipos e plantas piloto.



Figura 4.14 - Material utilizado para fabricação do equipamento.  
Fonte: Resultados da Pesquisa.

A fabricação da caldeira, começou com o corte da chapa de aço na máquina guilhotina. O processo de montagem da caldeira foi realizado de dentro pra fora, ou seja, faz-se primeiro a parte interna da caldeira, para depois fazer o fechamento do compartimento de água. Foram instaladas aletas internas para reforçar o equipamento e também para garantir a maior troca de calor na geração de vapor. Separadamente foram abricadas os demais componentes da caldeira (grelha para alocar o material combustivel, gavetas, pés, etc.). O resultado do processo dessa etapa se encontra ilustrado na Figura 4.15.



Figura 4.15 - Processo de fabricação da caldeira.  
Fonte: Resultados da Pesquisa.

O processo de fabricação do extrator, além de envolver o corte das chaparia envolveu o processo de dobra. A tubulação que sai do condensador conectando-se no extrator é dobrada e soldada, sendo que a parte interna do extrator é oca para conseguir alocar os cestos. O resultado do processo de fabricação e montagem dos leitos extratores se encontra ilustrado na Figura 4.16.



Figura 4.16 - Processo de fabricação do leito extrator.  
Fonte: Resultado da pesquisa.

A fabricação do condensador contemplou a escolha do formato e em função dos requisitos operacionais foi escolhido o formato casco e tubo com operação vertical. Neste equipamento também prevaleceu o caráter modular. O resultado do processo de fabricação e montagem do condensador se encontra ilustrado na Figura 4.17.



Figura 4.17 - Processo de fabricação do condensador.  
Fonte: Resultado da pesquisa.

Em se tratando de um equipamento piloto, a primeiro modo ser utilizado somente para testes, foi optado pela fabricação de apenas um conjunto de leitos de extração (4 gabetas/leitos

de extração) e um condensador. Em função dos resultados da etapa de operação haverá provavelmente mudanças e ajustes para serem efetuados. Desta forma a fabricação dos demais componentes fica para uma etapa posterior.

O processo de fabricação e montagem do equipamento levou em torno de 45 dias. A finalização se deu no dia 21 de setembro de 2015.

#### **4.5 RESULTADOS DOS TESTES NA CONDIÇÃO REAL DE OPERAÇÃO**

Após a sua construção, com base dos desenhos/projeto técnico, o equipamento foi instalado na área externa da empresa INOMAQ, próximo a um ponto de água para facilitar o abastecimento da caixa d'água que abastece a caldeira.

No decorrer dos testes experimentais, foram identificados a necessidade de alguns ajustes. Conforme ilustra a Figura 4.18 esses ajustes ocorreram de maneira simultânea.



Figura 4.18 - Ajustes na caldeira e no leito extrator.

Fonte: Resultado da pesquisa.

Na Foto da Figura 4.19, se apresenta o resultado da coleta de material vegetal para extração do óleo essencial. Esta etapa foi executada numa propriedade nas proximidades (Linha Mandarina) do Município de Toledo-Pr.



Figura 4.19 - Material vegetal coletado - *Eucalipto Globulus*.  
Fonte: Resultado da pesquisa

Os galhos de *Eucalipto Globulus* foram coletados de plantas jovens com três anos de idade, em virtude do seu porte ser de fácil acesso para retirada de material. A coleta foi feita no período da manhã.

Na foto da Figura 4.20 se apresenta o combustível utilizado para a geração de calor na caldeira. Esse material teve como fonte os de paletes oriundos da obtenção de chaparias e materiais que seriam descartados.



Figura 4.20 - Combustível utilizado para geração de calor na caldeira.  
Fonte: Resultado da pesquisa

Nas fotos da Figura 4.21 se ilustra o processo de abastecimento de água na caldeira, por meio de um reservatório de água que faz parte do protótipo.



Figura 4.21 - Processo de abastecimento de água na caldeira.  
Fonte: Resultado da pesquisa.

Na foto da Figura 4.22 se apresenta o resultado da etapa de preparação da matéria prima antes da sua alimentação nos leitos de extração. A preparação do material vegetal consistiu na retirada das folhas, quebra dos galhos e alimentação nos leitos de extração de modo a facilitar a passagem e arraste de vapor. É importante destacar que as plantas selecionadas devem estar frescas, livre de impurezas e de sujeira, pois podem comprometer o rendimento da extração. Antes de serem colocados no extrator a matéria prima de cada leito de extração foi pesado de maneira independente.



Figura 4.22 - Preparação da matéria - prima no leito extrator.  
Fonte: Resultado da pesquisa.

A quantidade de matéria-prima vegetal a ser colocada nos cestos depende da capacidade do extrator e do tipo da planta e também das partes dos vegetais a serem aproveitados (folhas, cascos, galhos etc.). Para o eucalipto, cada leito de extração comportou, aproximadamente, 5 kg. Na foto da Figura 4.23 se ilustra os resultados desta etapa.

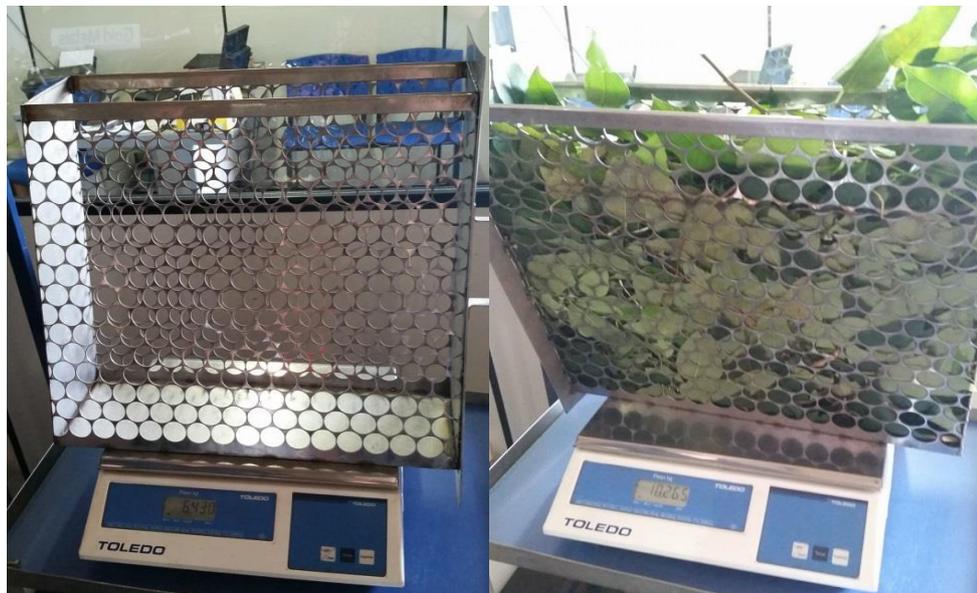


Figura 4.23 - Pesagem da matéria - prima utilizada.  
Fonte: Resultado da pesquisa.

Na foto da Figura 4.24 se apresenta o resultado da alimentação da matéria prima nos leitos de extração. Após foram apertadas as borboletas de fechamento para impedir a fuga de vapor.



Figura 4.24 - Alimentação da matéria-prima nos leitos extratores.  
Fonte: Resultado da pesquisa.

O processo de extração foi realizado durante um período de 65 minutos. Durante o processo de extração, foi possível visualizar o início da produção de óleo no coletor (uma

pequena camada mais densa que a água). O resultado da operação do sistema de extração de óleos essenciais se apresenta na foto da Figura 4.25.



Figura 4.25 - Resultado da operação do sistema de extração de óleos essenciais.  
Fonte: Resultado da pesquisa.

Terminado o processo, o fogo da caldeira foi apagado, os cestos foram removidos e foi possível ver a mudança das características da planta após a extração.

Na foto da Figura 4.26 se apresenta o resultado qualitativo do processo de ilustra a diferença de coloração da matéria-prima antes do processo de extração e após processamento.



Figura 4.26 - Resultado qualitativo após processo de extração.  
Fonte: Resultado da pesquisa.

Na Figura 4.27 se apresenta o resultado qualitativo do extrato residual nos leitos de extração. Esse material foi obtido de maneira simultânea na remoção da matéria-prima utilizada, durante a extração do óleo essencial no leito. Nessa foto pode-se observar, uma água residual, a qual possui uma cor escura e um odor leve de fuligem.



Figura 4.27 - Resultado qualitativo após o processo de extração.  
 Fonte: Resultado da pesquisa.

O rendimento do óleo essencial extraído foi calculado através da seguinte equação:

$$R = \frac{We - Ws}{We} \times 100 \quad (4.2)$$

Onde, R = o teor de óleo essencial em porcentagem; We = o peso (g) do óleo essencial que entra; Ws = o peso (g) do óleo essencial que sai; e o 100 = fator de conversão para porcentagem.

Na ilustração da Figura 4.28 é apresentada os valores de óleo essencial extraídos.

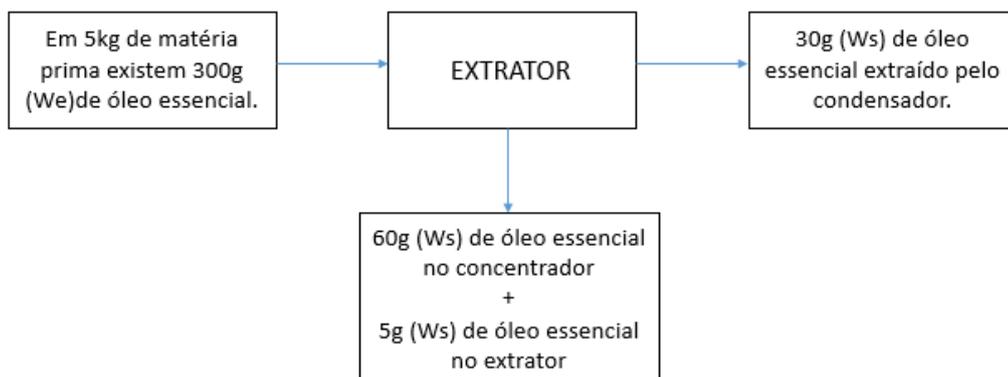


Figura 4.28 - Esquema dos valores de entrada e saída de óleo essencial no extrator.  
 Fonte: Resultados da pesquisa.

Com base nos dados demonstrados, o resultado do rendimento da extração foi de 68%. É possível inferir que o processo de extração proposto se mostrou eficiente, quanto a seu resultado de rendimento.

## 4.6 RESULTADO DA PROSPECÇÃO E AVALIAÇÕES DOS REQUISITOS DE PATENTEAMENTO

Na tabela 4.2, 4.2.a, 4.2.b e 4.2.c se apresenta o resultado da busca de anterioridade em bancos de patentes. Contudo, de maneira geral, em nenhuma delas foi identificado as características do equipamento desenvolvido.

Tabela 4.2 - Resumo de comparação de patentes/tecnologias encontradas.

Nº do Documento	Data de Depósito	Diferença (s)	Problema (s) técnico (s) da tecnologia já existente	Vantagem (s) da invenção proposta
PI0504811-7A	07/10/2005	Equipamento disposto verticalmente ou horizontalmente, com dispositivo de secagem do material; Instalação tanto em uma planta fixa quanto em um móvel.	Operação somente no modo contínuo; e possui alto custo de construção, principalmente na adição de módulos em série para aumentar a capacidade.	Aproveitamento tanto do vapor quanto do gás carbônico gerado, para a extração de óleos essenciais, além da forma e arranjo diferenciado de suas partes constituintes.
PI0001067-7 A	07/04/2000	Operação semi-contínua.	Extração somente com vapor, processo somente de forma semi-contínua.	Aproveitamento tanto do vapor quanto do gás carbônico gerado, para a extração de óleos essenciais, operação tanto em batelada quanto continuamente além da forma e arranjo diferenciado de suas partes constituintes.
CN102391912	10/10/2011	Extração com CO <sub>2</sub> supercrítico. Dotado de dispositivos de secagem e moagem do material. Extração em batelada.	Alto custo de construção e operação. Extração é limitada a ser em batelada. Utiliza somente o gás carbônico para o arraste de óleos essenciais.	Baixo custo de construção e operação. Forma de extração é em batelada ou contínua. Utiliza o vapor e /ou gás carbônico para extração; possui forma e arranjo diferenciados.
PI0404840	24/09/2004	Compreende uma bateria extratora que compõem o processo de extração, constituída basicamente por sete extratores independentes acoplados a uma única fonte de vapor	Aumento do custo, por necessitar de um condensador e um vaso separador para cada extrator.	Constituído por leitoss módulos de extração e condensação, os quais podem ser expandidos de acordo com a necessidade, bem como o gerador de vapor e /ou gás carbônico, o tanque concentrador e o vaso separador. Possui forma e arranjo diferenciados.

Tabela 4.2.a - Resumo de comparação de patentes/tecnologias encontradas.

Base	Nº do Documento	Data de Depósito	Diferença (s)	Problema (s) técnico (s) da tecnologia já existente	Vantagem (s) da invenção proposta
Espacenet	CN201962270	18/03/2011	Extração com vapor a alta pressão.	Operação de extração a alta pressão é perigosa, haja vista o risco de explosão. Operação somente em batelada	Trabalha com pressão mais baixa, mais seguro. Forma de extração é em batelada ou contínua. Utiliza o vapor e /ou gás carbônico para extração; possui forma e arranjo diferenciados.
Espacenet	CN100999696	26/12/2006	Extração com CO <sub>2</sub> supercrítico.	Alto custo de construção e operação. Extração é limitada a ser em batelada. Utiliza somente o gás carbônico para o arraste de óleos essenciais.	Baixo custo de construção e operação. Forma de extração é em batelada ou contínua. Utiliza o vapor e /ou gás carbônico para extração; possui forma e arranjo diferenciados.
Espacenet	CN204079937	22/08/2014	Operação em batelada; possui um sistema de dois condensadores em série.	Extração somente com vapor; Processo somente em batelada. Condensadores em série aumentam o custo operacional, uma vez que, em paralelo aproveita-se melhor o potencial de condensação.	Aproveitamento tanto do vapor quanto do gás carbônico gerado, para a extração de óleos essenciais; Operação tanto em batelada quanto continuamente; dotado de sistema de condensação em paralelo; Além da forma e arranjo diferenciado de suas partes constituintes.
Espacenet	CN202359093	09/12/2011	As fontes de aquecimento podem ser elétricas, com vapor ou através do revestimento de óleo térmico.	Forma de trabalho somente em batelada; Caldeira e extrator são o mesmo equipamento.	Pode ser operado de forma contínua ou em batelada; possui uma caldeira como um equipamento separado; Além da forma e arranjo diferenciado de suas partes constituintes.

Tabela 4.2.b - Resumo de comparação de patentes/tecnologias encontradas.

<b>Base</b>	<b>Nº do Documento</b>	<b>Data de Depósito</b>	<b>Diferença (s)</b>	<b>Problema (s) técnico (s) da tecnologia já existente</b>	<b>Vantagem (s) da invenção proposta</b>
Espacenet	CN202401042	21/12/2011	Possui um condensador tipo prato.	Forma de trabalho somente em batelada; Caldeira e extrator são o mesmo equipamento. Aplicável a pequenas escalas.	Pode ser operado de forma contínua ou em batelada; possui uma caldeira como um equipamento separado; pode ser aplicado em diversos tamanhos e capacidades, dependendo da demanda; Além da forma e arranjo diferenciado de suas partes constituintes.
Espacenet	CN203582836	13/08/2013	Extrator a vácuo de óleos essenciais; Processo de extração em batelada.	Gerador de vapor acoplado com o extrator. Extração somente com vapor, e em batelada.	Possui equipamento próprio para geração de vapor e/ou gás carbônico. Dotado de leitos modulares de extração, leitos modulares de condensação. Maneira de trabalho pode ser contínua ou em batelada. Além de possuir forma e arranjo diferenciado de suas partes constituintes.
USPTO /	US5582694	21/09/1996	Sistema bastante simples para extração de óleos essenciais	Aplicável em sua essência em folhas de hortelã.	Constituído por leitos módulos de extração e condensação, os quais podem ser expandidos de acordo com a necessidade, bem como o gerador de vapor e /ou gás carbônico, o tanque concentrador e o vaso separador. Possui forma e arranjo diferenciados que a tornam uma tecnologia mais eficiente na extração de óleos essenciais.

Tabela 4.2.c - Resumo de comparação de patentes/tecnologias encontradas.

Base	Nº do Documento	Data de Depósito	Diferença (s)	Problema (s) técnico (s) da tecnologia já existente	Vantagem (s) da invenção proposta
Espacenet	CN104194939	22/09/2014	Sistema bastante simples para extração de óleos essenciais.	Gerador de vapor acoplado com o extrator. Extração somente com vapor. Maneira de trabalho somente em batelada. Forma e arranjo simples e convencionais.	Possui equipamento próprio para geração de vapor e/ou gás carbônico. Dotado de leitos modulares de extração, leitos modulares de condensação. Maneira de trabalho pode ser contínua ou em batelada. Além de possuir forma e arranjo diferenciado de suas partes constituintes.
Espacenet	CN102994232	24/12/2012	Tanque de destilação elétrico; Extração em batelada e somente com vapor.	de Fonte de geração de calor é somente elétrica; Sistema opera em batelada, e com vapor.	Dotado de um gerador simultâneo de calor, vapor e gás carbônico. Dotado de leitos modulares de extração, leitos modulares de condensação. Maneira de trabalho pode ser contínua ou em batelada. Além de possuir forma e arranjo diferenciado de suas partes constituintes.

Por meio da busca de anterioridade nas patentes, foi constatado a novidade da tecnologia desenvolvida o qual justificou o pedido de patente junto ao Instituto nacional de Propriedade Industrial (INPI). A tecnologia protegida intitulou-se “Extrator modular de óleos essenciais dotado de gerador simultâneo de vapor e gás carbônico” o qual foi depositado, na forma de patente modelo de Utilidade sob Nº BR 20 2015 032186-0.

Como desdobramento desse equipamento com aplicação em saunas, foi possível também patentear um segundo equipamento. Esse equipamento, intitulado de “Equipamento modular para geração de vapor por arraste de óleo essencial para utilização em saunas”, foi protegido no INPI sob o Nº BR 20 2015 032185-1.

Na foto da Figura 4.29 se apresenta o resultado da patente “Equipamento modular para geração de vapor por arraste de óleo essencial para utilização em saunas”.

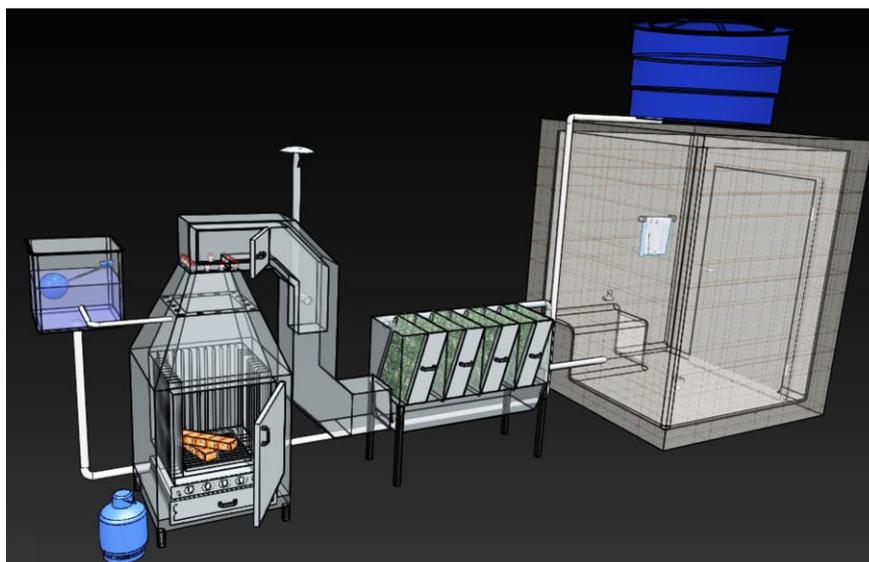


Figura 4.29 - Projeto em 3D do equipamento para sauna.  
Fonte: Resultado da pesquisa.

O vapor e o gás carbônico seguem pela tubulação até chegar ao leito modular extrator, porem o gás carbônico é liberado pela chaminé e somente o vapor é utilizado no sistema. Após o fluxo passar pela matéria prima, o óleo essencial é “arrastado” junto, e segue pelas tubulações do extrator, que neste equipamento são instaladas na parte de trás, sendo unidas por um único tubo que leva o extrato para dentro da sauna. Esse equipamento possui a possibilidade de ser hibrido, ou seja, poder ser alimentado por forma de combustível liquido (gás).

## 4.7 CONSOLIDAÇÃO DE RESULTADOS

Após a realização do trabalho pode-se obter como resultado uma tecnologia alternativa com características inovadoras para a extração de óleos essenciais. A tecnologia possui elementos que conferem características diferenciadas na forma e na sua estrutura, os quais quando combinados de forma criativa resultaram numa nova forma e arranjo tecnológico que contribui para a melhoria funcional, proporcionando maior rapidez, maior uniformidade na extração e ainda um melhor rendimento no processo de obtenção de óleos essenciais, ou seja, possui um alto desempenho com custo reduzido, realiza a extração simultânea com vapor e gás carbônico, pode operar em regime contínuo ou em batelada e sua capacidade é flexível pois dependendo do caso pode-se aumentar ou reduzir os componentes modulares do equipamento. A tecnologia destaca-se também pela sua versatilidade, pois possibilita a operação dos componentes modulares de maneira independente ou em conjunto, ideal para o caso da pesquisa da influência de diversos parâmetros e variáveis inerentes ao processo de extração de óleos essenciais, tais como tempo de residência, vazão de vapor e/ou gás carbônico, temperatura ótima, pressão adequada, quantidade de óleo essencial extraído, entre outros, conferindo-lhe qualidades de um sistema múltipropósito.

Com intuito da divulgação dos resultados da atividade intelectual desenvolvido no âmbito da Universidade, conforme ilustrado da Figura 4.30, nos dias 01 a 05 de fevereiro de 2016, o equipamento foi apresentado no Show Rural Coopavel no município de Cascavel/PR.



Figura 4.30 - Apresentação do equipamento no Show Rural em Cascavel/Pr.  
Fonte: Resultado da pesquisa.

## 5 CONCLUSÕES

O óleo essencial é uma mistura de componentes voláteis, em que o arraste de vapor é um dos principais processos utilizados para a extração do mesmo.

Existem diferentes métodos de extração, sua seleção deve levar em conta fatores como a qualidade do óleo produzido por cada um dos métodos, a mão de obra utilizada para o processamento e os custos de construção.

O eucalipto mostra-se como uma matéria prima atrativa para extração de óleo essencial, visto sua capacidade de rendimento conforme a literatura (0,6%), alto custo e a região oeste do Paraná utilizar-se do material (troncos, galhos) para aquecer os sistemas de vapor em frigoríficos e indústrias de alimentos. Ainda, este produto pode ser comercializado na própria região onde se localizam indústrias e laboratórios farmacêuticos e de limpeza.

Quanto ao equipamento, os materiais utilizados em sua fabricação (cestos, tubulações, condensador, caldeira) foram fabricados em aço inox 304, assegurando que o óleo essencial não tivesse nenhuma contaminação por agentes corrosivos, e em sua maioria reutilizando materiais, ou seja, reduzindo o custo do equipamento e criando a empresa novas perspectivas de negócio.

O trabalho resultou em dois pedidos de patentes, um para o “Extrator modular de óleos essenciais dotado de gerador simultâneo de vapor de gás carbônico” sob o N° BR 20 2015 032186-0 e outro para o “Equipamento modular para geração de vapor de arraste de óleo essencial para utilização de saunas” sob o N° BR 20 2015 032185-0.

O objetivo geral foi alcançado em sua totalidade, visto que o mesmo era o desenvolvimento de uma tecnologia alternativa para a extração de óleos essenciais, porém limitando-se a dizer que há necessidade de ajustes para se obter melhores resultados na quantificação de óleo essencial.

## **SUGESTÕES E TRABALHOS FUTUROS**

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se que seja realizada análise físico-química do óleo essencial extraído com a finalidade de determinar seus componentes, também realizar um estudo da versatilidade do equipamento com outras matérias-primas e fazer a comparação da eficiência; com base nos critérios de funcionamento desenvolver os manuais operacionais para os dois módulos. E por fim, realizar o planejamento experimental do processo para identificar as condições ótimas de operação para extração a arraste a vapor e gás carbônico.

## REFERENCIAS

ABIHPEC (São Paulo). **Panorama do Setor de HPPC**. São Paulo: Associação Brasileira das Indústrias de Higiene, Perfumaria e Cosméticos, 2015. 22 p. Disponível em: <<https://www.abihpec.org.br/wp-content/uploads/2015/04/2015-PANORAMA-DO-SETOR-PORTUGUÊS-31mar2015.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

AGUIAR, A. V.; SOUSA, V.A.; SHIMIZU, Jarbas Yukio. **Cultivo de Pinus. Embrapa Florestas, Sistemas de Produção**, 5 - 2ª edição, 2011. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus\\_2ed/](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus_2ed/)>. Acesso em: 05 de outubro de 2015.

BAIN & COMPANY (Brasil). **Potencial de diversificação da indústria química Brasileira: Aromas, sabores e Fragrâncias**. Rio de Janeiro: Bain & Company, 2014. 38 p. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/aep\\_fep/chamada\\_publica\\_FEPprospec0311\\_Quimicos\\_Relat4\\_cosmesticos.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/aep_fep/chamada_publica_FEPprospec0311_Quimicos_Relat4_cosmesticos.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2015.

BEN, **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL**. (Brasil). Rio De Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2014. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf)>. Acesso em: 02/10/2015.

BIZZO, Humberto R. **Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas**. *Química Nova*, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 9. 02/04/2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422009000300005&script=sci\\_arttext#tab0](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422009000300005&script=sci_arttext#tab0)>. Acesso em: 05/08/2015

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, **Óleos essenciais de eucalipto**. **Remade: Revista da Madeira**, Rio Grande do Sul, v.75, p.1ago. 2003. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=407&subject;=Oleos essenciais&title; =Oleos essenciais de eucalipto](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=407&subject;=Oleos%20essenciais&title;=Oleos%20essenciais%20de%20eucalipto)>. Acesso em: 20 mar. 2015.

CASSEL, Eduardo. **Extração, Controle de Qualidade, ão, Controle de Qualidade, Utiliza Utilização e Mercado de ão e Mercado de Óleos Essenciais**. Fortaleza: Simpósio Brasileiro de Óleos Essenciais, Sboe, 2007. 28 slides, color. Disponível em: <<http://www.ivsboe.padetec.ufc.br/palestras/cassel.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

CASTRO, Sandra. **O que são óleos essenciais**. 2008. Disponível em: <<http://www.almadaflor.pt/faqs/o-que-sao-oleos-essenciais>>. Acesso em: 13/08/2015

CHÁVEZ M. **Hidrodestilación de Aceites Esenciales: Modelado y Caracterización. (en línea)**. **Valladolid- España**, 2007, 5-25 pp. Trabajo de Doctorado. Universidad de Valladolid. Disponible en: <file:///C:/Users/Dell/Downloads/hidrodestilacion-de-aceitesesenciales.pdf>

CONWAY, M.A, MADRIGAL-ESTEBAS, L, MCCLEAN, S., BRAYDEN, D.J, MILLS, K.H. **Protection against Bordetella pertussis infection following parenteral or oral immunization with antigens entrapped in biodegradable particles: effect of formulation and route of immunization on induction of Th1 and Th2 cells.** Vaccine, v19. P 1940-1950. 2001.

CORREIA, Janaina I. **INSERÇÃO DE NOVOS ÓLEOS ESSENCIAIS NO MERCADO: IMPORTÂNCIA DO USO DE TECNOLOGIAS AVANÇADAS NA AGREGAÇÃO DE VALOR** . Florianópolis: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA 2010.p. 159. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp152975.pdf>. Acesso em: 08/08/2015.

**COUNCIL OF INDUSTRIAL BOILERS OWNERS - CIBO.** Energy efficiency handbook. Edited by Ronald A. Zeitz. Burke: CIBO 1997. 64 p.

GRANDE, João Paulo. **DIMENSÕES DE CAVACOS INDUSTRIAIS DE EUCALIPTO E RELAÇÕES COM POLPAÇÃO, RESISTÊNCIA E MORFOLOGIA DE FIBRAS NA POLPA.** 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência Florestal, Universidade Estadual Paulista, Unesp, Botucatu, 2012.

HERRERO, M.; CIFUENTES, A.; IBANEZ, E. **Sub and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: plants, food-by-products, algae and microalgae: a review.** Food Chemistry, London, v. 98, n. 1, p. 136-148, 2006.

HUI, Y. H. **Bailey's industrial oil & fat products.** 5th ed. New York: John Willey & Sons, 1996. v. 3 POKORNY, J.; KORCZAK, J. **Preparation of Natural antioxidants.** In: POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M. Antioxidants in food: practical applications. New York: CRC Press, 2001. p. 311-330.

JACONODINO, C. B.; AMESTOY, S. C.; THOFEHRN, M. B. **A utilização de terapias alternativas por pacientes em tratamento quimioterápico.** Cogitare Enfermagem. Curitiba. v. 13, n. 1, p. 61-66, 2008.

LEITE, Nilson Ribeiro; MILITÃO, Renato de Abreu. **TIPOS E APLICAÇÕES DE CALDEIRAS.** São Paulo: Usp, 2008.

MOREIRA, Lenice Carrilho de Oliveira. **Comparação entre os poluentes atmosféricos emitidos por uma caldeira flamotubular movida a gás natural e a óleo combustível BPF 2A.** Interações, Campo Grande, v. 13, n. 1, p.49-57, jan. 2012. Semestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/inter/v13n1/a04v13n1.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

OLIVEIRA,R. A. et. al. **Estudo da interferência de óleos essenciais sobre a atividade de alguns antibióticos usados na clínica.** Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 16, n. 1, p. 77-82, Mar.2006.

PEREIRA, José Carlos Duarte (Paraná). **CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA DE ALGUMAS ESPÉCIES DE EUCALIPTO PLANTADAS NO BRASIL.** 38. ed. Colombo: Embrapa,2000. p.114.Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94756/1/doc38.pdf>. Acesso em: 05/10/2015

PINCELLI, Ana Lucia Martins. **Características dos resíduos de pinus e eucalipto, submetidos ao tratamento térmico, com foco na aplicação energética.** 2011. 127 f. Tese (Doutorado) - Curso de Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, USP, Piracicaba, 2011.

PINHEIRO, Antônio Lelis. **Produção de óleos essenciais.** 2014. Disponível em: <http://www.cpt.com.br/cursos-agroindustriabiocombustivel/artigos/producao-de-oleos-essenciais>. Acesso em: 13/08/2015

PUNINA, Diego Orlando Paredes. **“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES”.** 2010. 195 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Mecánica, Ecuador, 2010. Disponível em: <<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1710/1/15T00453.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2014.

SANDES, Alice Rayol Ramos; BLASI, Gabriel di. Biodiversidade e Diversidade Química e Genética: Aspectos relacionados com a propriedade intelectual no Brasil. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v. 13, n. 2, p.28-32, mar. 2000. Bimestral. Disponível em: <[http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio13/bio\\_13.pdf](http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio13/bio_13.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2014.

SANTOS, Alberdan Silva. **Descrição de Sistema e de Métodos de Extração de Óleos Essenciais e Determinação de Umidade de Biomassa em Laboratório.** Belem: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1999. 6 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27902/1/com.tec.99.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

SANTOS, Antônio Silveira Ribeiro dos, **ARBORIZAÇÃO URBANA: IMPORTÂNCIA E ASPECTOS JURÍDICOS.** 2001. Disponível em: <http://www.ultimaarcadenoe.com.br/arborizacao-urbana/>. Acesso em: 05/10/2015.

SHARMA, J. **Development of Biotechnological Tools for the Genetic Improvement of selected elite clones of Eucalyptus tereticornis Sm.** Dissertatinon (2006) Thapar Institute of Engineering and Technology.

SILVA, Luciana Duque; BATISTA, Alan Ferreira. **Pinus para resinagem. Piracicaba:** Casa do Produtor Rural, 2010. p. 9. Disponível em: <http://www.agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/227/1/cr>. Acesso em: 05/10/2015.

STEFFENS, Andréia H.; **Estudo da composição química dos óleos essenciais obtidos por destilação por arraste a vapor em escala laboratorial e industrial.** 2010. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TÔRRES FILHO, Artur. **VIABILIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA PARA PRODUÇÃO DE UM COMBUSTÍVEL ALTERNATIVO.** 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

**TUOTO, Marco. LEVANTAMENTO SOBRE A GERAÇÃO DE RESÍDUOS PROVENIENTES DA ATIVIDADE MADEIREIRA E PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA POLÍTICAS, NORMAS E CONDUTAS TÉCNICAS PARA PROMOVER O SEU USO ADEQUADO.** Curitiba: Ministério do Meio Ambiente, 2009. Disponível em: Acesso em: 06/07/2015

**WIECHETECK, Marcelo. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS E SUBPRODUTOS FLORESTAIS, ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E PROPOSTAS DE POLÍTICAS AO USO DE RESÍDUOS FLORESTAIS PARA FINS ENERGÉTICOS.** Curitiba: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/164/\\_publicacao/164\\_publicacao10012011033501.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033501.pdf). Acesso em: 02/08/2015