



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

FACULDADE DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS GERADOS
NO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS POR
ARRASTE A VAPOR**

FABIANE CRISTINA MARTINS DE OLIVEIRA

ENGENHEIRA QUÍMICA

**DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS**

Porto Alegre

Março, 2015



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

FACULDADE DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS GERADOS
NO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS POR
ARRASTE A VAPOR**

FABIANE CRISTINA MARTINS DE OLIVEIRA

ENGENHEIRA QUÍMICA

ORIENTADOR: PROF. DR. EDUARDO CASSEL

Dissertação de Mestrado realizada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PGETEMA) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais.

**Porto Alegre
Março, 2015**



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
FACULDADE DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS GERADOS NO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS POR ARRASTE A VAPOR

CANDIDATA: FABIANE CRISTINA MARTINS DE OLIVEIRA

Esta Dissertação de Mestrado foi julgada para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.



DR. EDUARDO CASSEL - ORIENTADOR

BANCA EXAMINADORA


**DRA. MARIA TERESA RAYA RODRIGUEZ - DO INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS -
UFRGS**



DR. MARÇAL JOSÉ RODRIGUES PIRES - DO PGETEMA/FENG - PUCRS

PUCRS

Campus Central
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 30 - Sala 103 - CEP: 90619-900
Telefone: (51) 3353.4059 - Fax: (51) 3320.3625
E-mail: engenharia.pg.materiais@pucrs.br
www.pucrs.br/feng

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”

(Chico Xavier)

AGRADECIMENTOS

Ao meu filho Gabriel e ao Dione pelo amor, total apoio e muita compreensão.

À minha família, aos meus amigos e em especial ao Hélio Fernando Saraiva e a Márcia Curcio pela amizade, parceria e por sempre estarem prontos para todas as horas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Cassel, pelo apoio, compreensão, dedicação e principalmente pela paciência e contribuição para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus mestres Prof^a. Dr^a. Maria Teresa Raya Rodriguez e Prof Dr. Manuel Luiz Leite Zurita por terem sido os professores que lapidaram o meu conhecimento e me ensinaram muito mais do que o fundamental da área ambiental. Foram os que me inspiraram a continuar na caminhada do conhecimento sobre meio ambiente, não só com interesse, mas também com um desejo de fazer a diferença.

Ao Prof. Dr. Marçal Pires pelas importantes contribuições, apoio e disponibilidade.

Aos colegas do LOPE - Laboratório de Operações Unitárias da Faculdade de Engenharia pelo apoio e auxílio nas extrações e análises, em especial a Prof^a. Aline Machado Lucas e aos colegas Guilherme Rossa, Pedro Shein, Vanessa Xavier, Alexandre Santo, Julia Scopel e Maria Eduarda Sanvido.

Ao Laboratório de Processos Ambientais – LAPA da Faculdade de Engenharia, em especial a técnica Fernanda Santos por tantas horas de conversas, trocas de informações e colaborações para o desenvolvimento e compreensão das análises, a Prof^a. Marlize Cantelli e aos estagiários: Henrique, Willian Calderon e Gabriel por todo apoio durante a pesquisa e as análises.

À Comissão de Pesquisa do Jardim Botânico em Porto Alegre/RS pela autorização da coleta de galhos e folhas de *Pinus elliotti* e *Pinus taeda* da área das

Gimnospermas, em especial a colaboradora Clarice Glufke pelo auxílio e empenho durante todo o tempo.

À empresa Tekton Óleos Essenciais pelo fornecimento da planta aromática: alecrim.

Ao Centro de Agricultura da EMATER em Porto Alegre/RS, em especial ao Agrônomo Luiz Antônio Alves da Silva pelo fornecimento da planta aromática: pimenta longa.

Aos professores e colegas do PGETEMA pelo incentivo e colaboração.

À secretaria do PGETEMA, em especial a Cláudia Silva e Viviane Dorneles pelo apoio, ombro amigo e ajuda em todos os momentos.

À CAPES pela bolsa concedida.

Agradeço também a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
SUMÁRIO	7
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE QUADROS	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	14
RESUMO	15
ABSTRACT	16
1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	20
2.1. Objetivos específicos	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1. Plantas aromáticas	21
3.1.1. Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	22
3.1.2. Pimenta longa (<i>Piper hispidinervum</i> C. CD.).....	24
3.1.3. Pinus taeda (<i>Pinus taeda</i> L.).....	26
3.1.4. Pinus elliottii (<i>Pinus elliottii</i> Engelm.).....	28
3.2. Óleos essenciais	30
3.3. Processo de extração por arraste a vapor	31
3.4 Meio Ambiente	33
3.4.1. Poluição	35
3.4.1.1 Prevenção da poluição	37
3.4.2. Impacto ambiental.....	37
3.4.3. Resíduos.....	38
3.4.3.1. Resíduo Sólido	38
3.4.3.2. Efluentes.....	40
4. MATERIAIS E MÉTODOS	45
4.1. Material vegetal	45
4.2. Extração por arraste a vapor	45
4.3. Análise em laboratório dos padrões ambientais	51
4.4. Análise em laboratório da Composição Química	53
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	55

5.1. Extração por arraste a vapor	55
5.2. Resíduos sólidos	56
5.3. Efluentes e suas caracterizações	58
5.3.1. Caracterização dos parâmetros dos efluentes	61
5.3.1.1. pH	61
5.3.1.2. Cor	63
5.3.1.3. Sólidos Suspensos	64
5.3.1.4. Demanda Química de Oxigênio - DQO.....	66
5.3.1.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO.....	67
5.3.1.6. Carbono Orgânico Total - COT	70
5.3.1.7. Nitrogênio Amoniacal.....	72
5.3.2 Ampliação da caracterização dos padrões ambientais	73
5.3.2.1 Turbidez	74
5.3.2.2 Oxigênio dissolvido	76
5.3.2.3 Sólidos Dissolvidos	78
5.3.2.4 Sólidos totais.....	80
5.3.2.5 Condutividade elétrica.....	82
5.3.2.6 Nitrato	84
5.3.2.7 Nitrito.....	85
5.3.3. Identificação da composição química do hidrolato	85
5.4. Considerações finais	87
6. CONCLUSÃO	90
7. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	92
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
APÊNDICE A: TABELAS DOS RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES	106
ANEXO A – Resolução CONSEMA Nº 128/2006 – Limites de emissão para efluentes líquidos – Legislação Estadual	112
ANEXO B – Resolução CONAMA Nº 430/2011 – Limites de emissão para efluentes líquidos – Legislação Federal	113
ANEXO C – Resolução CONAMA Nº 357/2005 – Classificação de águas – Legislação Federal	114
ANEXO D – Relatório de Ensaio: Efluente I (Efluente da extração - Pimenta longa)	115

ANEXO E – Relatório de Ensaio: Efluente II (Hidrolato - Pimenta longa).....	116
ANEXO F – Relatório de Ensaio: Efluente III (Efluente da extração - Alecrim)	117
ANEXO G – Relatório de Ensaio: Efluente IV (Hidrolato - Alecrim).....	118
ANEXO H – Relatório de Ensaio: Efluente V (Efluente da extração – Pinus taeda).....	119
ANEXO I – Relatório de Ensaio: Efluente VI (Hidrolato – Pinus taeda).....	120
ANEXO J – Relatório de Ensaio: Efluente VII (Efluente da extração – Pinus eliottii).....	121
ANEXO K – Relatório de Ensaio: Efluente VIII (Hidrolato – Pinus eliottii).....	122

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Planta aromática Alecrim.....	22
Figura 3.2: Planta aromática Alecrim.....	23
Figura 3.3: Planta aromática Pimenta longa.....	24
Figura 3.4: Planta aromática Pimenta longa.....	25
Figura 3.5: Planta aromática Pimenta longa.....	25
Figura 3.6: Árvore de pinus taeda.	27
Figura 3.7: Árvore de pinus taeda.	27
Figura 3.8 Acículas da espécie pinus taeda.....	28
Figura 3.9 Árvore de pinus elliottii.	29
Figura 3.10 Folhas e fruto - Planta aromática pinus elliottii.....	29
Figura 3.11 Bolsas secretoras de óleos essenciais: tricomas.	31
Figura 3.12 Fluxograma do processo de extração por arraste a vapor.....	32
Figura 3.13 Prioridade da prevenção da poluição.....	37
Figura 4.1: Partes aéreas das plantas aromáticas utilizadas no processo de extração.....	46
Figura 4.2: Equipamento de destilação por arraste a vapor em escala piloto, situado no LOPE.....	47
Figura 4.3: Apresentação de forma esquemática do processo de destilação por arraste a vapor.....	47
Figura 4.4: Vaso de extração com as partes aéreas das plantas aromáticas.	48
Figura 4.5: Separadores líquido/líquido utilizados no processo de extração por arraste a vapor.	49
Figura 4.6: Geração de um dos efluentes do processo de extração: Hidrolato.	49
Figura 4.7: Efluente do processo de extração por arraste a vapor localizado dentro do vaso extrator.....	51
Figura 4.8: Equipamento CG/MS (Marca <i>Agilent Technologies</i>).....	53
Figura 5.1: Resíduos sólidos gerados no processo de extração por arraste a vapor.....	56
Figura 5.2: Hidrolato.....	58
Figura 5.3: Efluente das três extrações de cada planta aromática em estudo.	59
Figura 5.4: Índice pH do efluente das plantas aromáticas.....	62
Figura 5.5: Índice pH do hidrolato das plantas aromáticas.....	62
Figura 5.6: Cor do efluente das plantas aromáticas.	63

Figura 5.7: Cor do hidrolato das plantas aromáticas.	64
Figura 5.8: Sólidos suspensos do efluente das plantas aromáticas.	65
Figura 5.9: DQO do efluente das plantas aromáticas.	66
Figura 5.10: DQO do hidrolato das plantas aromáticas.	67
Figura 5.11: DBO _{5,20} do efluente das plantas aromáticas	68
Figura 5.12: DBO _{5,20} do hidrolato das plantas aromáticas.	69
Figura 5.13: Carbono Orgânico Total (COT) do efluente das plantas aromáticas.	71
Figura 5.14: Carbono Orgânico Total (COT) do hidrolato das plantas aromáticas.	71
Figura 5.15: Nitrogênio Amoniacal do efluente das plantas aromáticas.	72
Figura 5.16: Nitrogênio Amoniacal do hidrolato das plantas aromáticas.	73
Figura 5.17: Turbidez do efluente das plantas aromáticas.	75
Figura 5.18: Turbidez do hidrolato das plantas aromáticas.	76
Figura 5.19: Oxigênio Dissolvido do efluente das plantas aromáticas.	77
Figura 5.20: Oxigênio Dissolvido do hidrolato das plantas aromáticas.	78
Figura 5.21: Sólidos Dissolvidos do efluente das plantas aromáticas.	79
Figura 5.22: Sólidos Dissolvidos do hidrolato das plantas aromáticas.	79
Figura 5.23: Sólidos totais do efluente das plantas aromáticas.	81
Figura 5.24: Sólidos totais do hidrolato das plantas aromáticas.	81
Figura 5.25: Condutividade elétrica do efluente das plantas aromáticas.	82
Figura 5.26: Condutividade elétrica do hidrolato das plantas aromáticas.	83
Figura 5.27: Nitrato do efluente das plantas aromáticas.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1: Plantas aromáticas e as quantidades média de óleos essenciais (mL) gerados no processo de extração a vapor de cada planta aromática. ...	55
Tabela 5.2: Massas médias geradas no término de cada extração por arraste a vapor.	57
Tabela 5.3: Volume médio (mL) dos efluentes gerados no processo de extração por arraste a vapor.	60
Tabela 5.4: apresenta a relação DQO/DBO _{5,20} para todas as plantas aromáticas....	70
Tabela 5.5: Composição os compostos do hidrolato gerado a partir do óleo alecrim.....	86
Tabela 5.6: Composição os compostos do hidrolato gerado a partir do óleo da pimenta longa.....	86
Tabela 5.7: Composição os compostos do hidrolato gerado a partir do óleo do pinus taeda.	87
Tabela 5.8: Composição os compostos do hidrolato gerado a partir do óleo do pinus elliottii.	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Legislação Ambiental.	41
Quadro 3.2: classificação dos corpos de água doce.	43
Quadro 3.3: Legislação Ambiental para Águas superficiais/doce.....	44
Quadro 4.1: Fornecedores das plantas aromáticas.....	45
Quadro 4.2: Métodos analíticos empregados nas análises físico-químicas das amostras.....	52
Quadro 4.3: Identificação dos efluentes encaminhados para o laboratório Pró Ambiente Análises Químicas e Toxicológicas.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- APHA – *American Public Health Association*
- CG-MS – Cromatografia Gasosa - Espectrometria de Massas
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente
- COT – Carbono Orgânico Total
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DQO – Demanda Química de Oxigênio
- EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- NBR – Norma Brasileira
- OE – Óleo Essencial
- PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos

RESUMO

OLIVEIRA, Fabiane Cristina Martins. **Caracterização dos resíduos industriais gerados no processo de extração de óleos essenciais por arraste a vapor.** Porto Alegre. 2015. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL.

A indústria de óleos essenciais no Brasil está em pleno desenvolvimento, principalmente em função das pesquisas desenvolvidas, ampliando assim o conhecimento dos produtores através das relações com as universidades. A extração por arraste a vapor de óleo essencial é o processo mais aplicado na indústria deste segmento, principalmente em função da simplicidade e baixo custo. Os estudos envolvendo este processo já ultrapassam o conhecimento da composição química, qualidade e aplicações. Atualmente, o mundo globalizado apresenta a necessidade de estudos a respeito da variável ambiental para sua sobrevivência, por isso o presente trabalho teve por objetivo estudar o impacto ambiental gerado pelos resíduos do processo de extração por arraste a vapor de óleo essencial de plantas aromáticas, tais como: *Rosmarinus officinalis* L., *Piper hispidinervum* C. CD., *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* Engelm. Os resíduos gerados no processo são sólidos e efluentes. Os resíduos sólidos são avaliados apenas quanto à geração em massa, já os efluentes foram caracterizados através de análises dos padrões ambientais. Sendo assim, foi possível dividir estas análises através do estudo dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, carbono orgânico total, cor, turbidez, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e sólidos totais. Os resultados mostram que os parâmetros selecionados das análises dos efluentes gerados no processo de extração por arraste a vapor de óleos essenciais de cada uma das plantas aromáticas em estudo poderão ser impactantes ao meio ambiente em virtude de seus valores estarem em desacordo com os estabelecidos na legislação ambiental vigente.

Palavras-Chaves: caracterização, resíduos, impacto ambiental, extração por arraste a vapor, óleo essencial, plantas aromáticas.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Fabiane Cristina Martins. **Characterization of industrial residues generated in the essential oils extraction process by steam-dragging.** Porto Alegre. 2015. Master. Pos-Graduation Program in Materials Engineering and Technology, PONTIFICAL CATHOLIC UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL.

The essential oil industry in Brazil is in full development, especially due to the researches conducted, thus expanding the knowledge of producers through relationships with universities. The extraction process by steam-dragging of essential oils is the most applied process in the industry of this segment, mainly because of its simplicity and low cost. Studies which involve this process have already gone beyond the knowledge of chemical composition, quality and applications. Currently, globalized world has the need for studies on the environmental variable for its survival, therefore this study aimed at analyzing the environmental impact caused by residues from the extraction process by steam-dragging of essential oils from aromatic plants, such as: *Rosmarinus officinalis* L., *Piper hispidinervum* C. CD., *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* Engelm. The residues generated by the process are solid and effluent ones. Solid residues are only assessed as the mass generation; differently, the effluents were characterized by the analysis of environmental standards. Thus, it was possible to divide these analyzes by studying the following physicochemical parameters: pH, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, total organic carbon, color, turbidity, electrical conductivity, ammonia nitrogen, nitrate, nitrite, suspended solids, dissolved solids and total solids. The results indicate that the selected parameters of the analyzes of effluents generated in the extraction process by steam-dragging of essential oils of each one of the aromatic plants under study may be impactful for the environment in virtue of their values are not in accordance with those laid down in the environmental legislation in force.

Key-words: characterization, residues, environmental impact, extraction process by steam-dragging, essential oils, aromatic plants.

1. INTRODUÇÃO

Todo processo produtivo gera produtos e resíduos. Para que estes resíduos não se tornem rejeitos, é necessário conhecimento sobre as variáveis ambientais envolvidas nas atividades industriais, para tanto é necessário estudar alternativas mais nobres para aplicação ou reuso destes resíduos, para que não impactem o meio ambiente. Visto que impacto ambiental é o resultado de uma ação humana, que é a sua causa e não consequência (SÁNCHEZ, 2008). Associado ao tema, o conceito de resíduos é de extrema importância para se repensar sobre produtos naturais, através da busca permanente de novos pontos de equilíbrio entre diferentes dimensões: produção e meio ambiente (COSTABEBER; MOYANO, 2000).

As questões ambientais têm provocado cada vez mais interesse e preocupação a todos, principalmente no que tange a atividade industrial e agrícola, uma vez que os resíduos gerados nestas atividades têm potencial para poluir e impactar nosso planeta, se não forem minimizados na geração, reutilizados, reciclados, tratados ou mesmo, em última instância, encaminhados para disposição final adequada.

A indústria de óleos essenciais no Brasil, apesar da forte demanda, ainda está em processo de desenvolvimento. As pesquisas e as redes de cooperação entre universidades e produtores estão sendo implementadas pelo setor. Estes projetos têm como objetivo fornecer maior visibilidade à cadeia produtiva de óleos essenciais, e tornar o processo de comercialização mais rápido, mais eficiente energeticamente, controlar a qualidade e agregar uma variável de estudo a mais, o meio ambiente. Isto é possível, por exemplo, através da visão ambiental sobre o processo de

extração por arraste a vapor de óleo essencial, a partir do estudo sobre a caracterização dos seus resíduos industriais.

O território brasileiro apresenta uma grande diversidade econômica e cultural, principalmente em função de suas dimensões, sendo assim o conhecimento necessário sobre o assunto torna-se muito abrangente. Em virtude disto, o sistema para produção de óleos essenciais por si só, já é adverso o suficiente, principalmente quando se busca sua eficiência. E se for acrescentado um olhar ambiental, será mais adverso ainda, pois será necessário incluir o conhecimento sobre o assunto e também da legislação ambiental específica vigente.

Atualmente existem diversos trabalhos analisando e comparando as composições químicas dos óleos essenciais obtidos das mais diversas fontes vegetais, assim como aplicações dos mesmos, mas não foi avaliado ainda o processo de extração por arraste a vapor de óleos essenciais de plantas aromáticas com enfoque ambiental. Em virtude disto, no presente trabalho é realizado um estudo sobre a caracterização dos resíduos gerados neste processo de extração, a partir de algumas quantificações e análises laboratoriais.

Portanto, a justificativa para a realização do trabalho está associada ao estudo sobre a geração de resíduos de um processo de extração de óleos essenciais por arraste a vapor, para avaliar se há necessidade de cuidados ambientais.

Para a realização deste estudo foram selecionadas quatro espécies: alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. CD.), pinus taeda (*Pinus taeda* L.) e pinus elliottii (*Pinus elliottii* Engelm). Os óleos essenciais foram obtidos pela técnica de extração por arraste a vapor, o método mais utilizado pela indústria deste segmento, cujas matérias primas foram as partes aéreas, folhas e acículas, das plantas aromáticas.

A partir do emprego da referida técnica são gerados resíduos sólidos e efluentes. Os resíduos sólidos são avaliados apenas quanto à geração em massa, mas mesmo assim, foi possível estabelecer novos usos ou mesmo aplicações para eles. Já os efluentes foram caracterizados através de análises dos padrões ambientais. Esta avaliação foi fruto dos resultados do estudo dos seguintes parâmetros físico e químicos estabelecidos para lançamento de efluente pela legislação federal (CONAMA 430/2011) e estadual (CONSEMA 128/2006): pH, cor, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal e sólidos suspensos (SS).

Houve a necessidade de ampliar o número de parâmetros a serem estudados em virtude da falta de informações sobre estes efluentes gerados no processo de extração por arraste a vapor, sempre com o intuito de caracteriza-los com o maior número possível de informações. Portanto, foram analisados novos parâmetros: turbidez, oxigênio dissolvido (OD), nitrato, nitrito e sólidos dissolvidos (SD). Estes parâmetros não estão estabelecidos na legislação para lançamento de efluentes, mas sim em outra, como por exemplo, na CONAMA 357/2005. E os parâmetros: condutividade elétrica, sólidos totais (ST) e carbono orgânico total (COT) não são contemplados em nenhuma legislação ambiental.

Para a utilização dos resultados encontrados houve a necessidade de estabelecer novos critérios para a consulta dos seus valores na legislação federal (CONAMA 357/2005) em virtude de esta dispor sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento.

Os dados obtidos neste estudo foram avaliados a fim de comparar os valores apresentados na legislação vigente com os obtidos nas análises laboratoriais dos parâmetros selecionados, para posterior caracterização dos resíduos gerados pelo processo de extração por arraste a vapor dos óleos essenciais de quatro espécies de plantas aromáticas selecionadas.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização dos resíduos industriais gerados no processo de extração de óleos essenciais por arraste a vapor.

2.1. Objetivos específicos

Como objetivos específicos podem-se elencar os seguintes:

- Realizar experimentos de extração por arraste a vapor de óleos essenciais das plantas aromáticas alecrim, pimenta longa, *P. taeda* e *P. elliotii*.
- Obter os resíduos do processo de extração por arraste a vapor das plantas aromáticas selecionadas: resíduos sólidos e efluentes.
- Caracterizar dos efluentes do processo de extração por arraste a vapor das plantas aromáticas selecionadas, através de ensaios físicos e químicos.
- Avaliar os potenciais impactos ambientais, a partir da análise dos resíduos sólidos e dos parâmetros físicos e químicos dos efluentes do processo de extração por arraste a vapor das plantas aromáticas selecionadas, de acordo com a legislação ambiental vigente.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Plantas aromáticas

A expressão "plantas aromáticas" é utilizada para definir um grupo de plantas que se distinguem pelos seus fins e características, cujos princípios ativos são constituídos, total ou majoritariamente, por óleos essenciais de natureza volátil (SANTOS; LEITE, 2006).

Outro entendimento peculiar para produtos aromáticos é que são os que têm odor ou um sabor determinado, sem avaliar sua qualidade comercial ou estética. Este universo se amplia no momento que se faz essa avaliação, pelo menos considerando sua origem biológica e seu significado comercial. Neste caminho do conhecimento mais aprofundado sobre o assunto, relata-se que por muito tempo era aceito que somente as plantas aromáticas espontâneas na natureza apresentavam propriedades características para a espécie. Com a quebra deste paradigma, cada vez mais se admite o cultivo das plantas, sendo este não só vantajoso ambientalmente, como pode ainda proporcionar um largo benefício para o desenvolvimento das propriedades destinadas a este fim (BANDONI, 2008).

O uso de produtos naturais é um clamor mundial, tanto para uso alimentício como para produtos de perfumaria, cosméticos e medicinais. Isto é feito através das plantas, pois são fontes importantes de produtos naturais biologicamente ativos e seus constituintes podem ser isolados de folhas, raízes, flores e frutos, justificando assim, a sua utilização na indústria mundial (NODARI; GUERRA, 2000).

Dentre as diversas plantas aromáticas existentes, neste estudo foram selecionadas quatro espécies, as quais serão apresentadas e ilustradas na sequência.

3.1.1. Alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.)

O alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) é uma planta pertencente à família *Lamiaceae*. É um pequeno arbusto aromático perene, muito ramificado, medindo cerca de 0,50 a 1,50 m de altura, folhas pequenas, finas, com hastes lenhosas, lanceoladas e opostas. A coloração da folha se difere; na face inferior é de cor esbranquiçada, enquanto a face superior é verde escura, como pode ser observado na figura 3.1. Apresentam flores hermafroditas, saindo da axila das folhas, e a coloração pode ser de esbranquiçada a azul clara (PORTO; GODOY, 2001; LORENZI; MATOS, 2006; AFONSO et al., 2008; MAY et al., 2010).



Figura 3.1: Planta aromática Alecrim.

Fonte: INSTITUTO ALMA CONSCIENTE (2013)

A planta é nativa da região do Mediterrâneo e também cultivada nos Estados Unidos. No Brasil seu cultivo se localiza predominantemente na região sul do país, preferindo solos pedregosos e sol pleno (CARVALHO JUNIOR, 2004). Em nosso país é popularmente conhecida como rosmarino e alecrim-de-jardim (FARIA, 2005).

O alecrim é utilizado na forma de planta fresca (*in natura*), seca ou como óleo essencial. Os óleos essenciais são obtidos através da destilação das partes aéreas da planta, incluindo caules, folhas e flores antes da floração, como pode ser observado na figura 3.2 (VIENNA et al., 2005). Seus principais usos são como agente anti-inflamatório, antiviral, antimicrobiano, antioxidante e anticancerígeno.

Além de ser usado intensamente na área alimentícia e em cosméticos, também é empregado na área da saúde, indústria farmacêutica e higiene, pois em sua composição química são encontrados princípios ativos antioxidantes, aromatizantes, terapêuticos, entre outros. As propriedades e as aplicações citadas justificam o fato desta planta apresentar grande diversificação de uso e importância econômica (LORENZI; MATOS, 2002; SIMÕES et al., 2003).



Figura 3.2: Planta aromática Alecrim.

Fonte: INSTITUTO ALMA CONSCIENTE (2013)

As folhas do alecrim apresentam até 2,5% de óleo essencial, sendo este constituído por 25 compostos diferentes em média. Os principais constituintes são α -pineno, cineol, canfeno, boneol, cânfora e outros monoterpenos. Outras substâncias presentes no alecrim são flavonóides, taninos de Labiatae (derivados do ácido rosmarínico), lactonas diterpênicas, diterpenos fenólicos, carnosol e ácido carnósico, ácidos e alcoóis triterpênicos. (ALONSO JUNIOR, 1998). A composição química pode apresentar variação devido a fatores ambientais e de manejo das plantas, bem como, da forma de extração e armazenamento, alterando o teor do princípio ativo presente no óleo essencial (NASCIMENTO et al., 2007).

3.1.2. Pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. CD.)

A pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. CD.), apresentada na figura 3.3, é uma planta invasora encontrada em área antropizada no Estado do Acre, extremo oeste do Brasil. Esta espécie pertencente à família *Piperaceae*, a qual possui larga distribuição no mundo, apresentando diversos gêneros e espécies (BARROSO et al., 2002; SOUZA; LORENZI, 2005). No Brasil, essa família está representada por cinco gêneros, e um deles é *Piper*, que se destaca pelo emprego da medicina popular e por sua vasta importância econômica devido ao acúmulo de metabólitos secundários de grande utilidade para a indústria farmacêutica e agrícola (PARMAR et al., 1997; SILVA e MACHADO, 1999).



Figura 3.3: Planta aromática Pimenta longa.

Fonte: ÓLEOS ESSENCIAIS (2013)

É uma planta arbustiva, rústica e aromática, com aproximadamente 5 m de altura, chegando a 7 m no máximo, conforme visualizado na figura 3.4. Esta espécie antrópica considerada pioneira pela resistência às adversidades climáticas. Sua ocorrência é típica de ambientes abertos com incidência direta de luz. O pico de produção ocorre nos meses de janeiro/fevereiro e junho/julho, e as sementes apresentam baixa longevidade (ALMEIDA, 1999).



Figura 3.4: Planta aromática Pimenta longa.

Fonte: EMBRAPA [(C2000)]

O arbusto da pimenta longa é ramificado, nodoso, pedúnculo espesso e folhas oblongo-lanceoladas ou oblanceoladas, por apresentar forma nem redonda nem quadrada ou elíptica, e vai se fechando conforme o decorrer da folha até ficar agudo, como ser visto na figura 3.5 (CORRÊA, 1984; CORRÊA et al., 1994).



Figura 3.5: Planta aromática Pimenta longa.

Fonte: EMBRAPA [(C2000)]

A pimenta longa possui alta capacidade para rebrotar após o corte, sendo possível realizar diversos cortes ao longo do ano, caracterizando um sistema de produção não destrutivo e sustentável. Possui um óleo essencial rico em safrol. A descoberta da pimenta longa como uma planta promissora para a obtenção de safrol

ocorreu na década de 1970, por meio do programa de triagem de plantas aromáticas da Amazônia, coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). O INPA catalogou a espécie, mas só começaram 20 anos após a sua descoberta, os trabalhos de domesticação da planta, realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (WADT, 2001).

O safrol é de grande importância no setor científico/tecnológico como precursor de uma variedade de compostos, como fármacos, inseticidas biodegradáveis (piretróides naturais), fixadores de perfume (heliotropina) e, mais recentemente, de drogas antitrombóticas (SALVARO, 2010). O teor médio para produção do óleo essencial varia entre 3 a 4% em relação à matéria seca. A concentração do composto safrol tem variação de 87 a 97% (SILVA; OLIVEIRA, 2000; NUNES et al., 2007). O safrol é um líquido levemente amarelo de odor característico, insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos (PESCADOR et al., 2000).

3.1.3. *Pinus taeda* (*Pinus taeda* L.)

O *P. taeda* L. faz parte do grupo de espécies de pinheiros com área de distribuição no Canadá e Estados Unidos, com exceção das áreas adjacentes à fronteira do México. Portanto, se diz que é uma espécie de pinheiro originária do Novo Mundo, como se pode observar na figura 3.6 (MALINOVSKI, 2002; AUER et al., 2005).

O *P. taeda* L. pertence à família *Pinaceae* e é conhecido como simplesmente pinus (HOCKER, 1956). Nesse trabalho será utilizado o nome vulgar desta planta: pinus taeda. Diversas espécies de coníferas, como o pinus taeda, foram introduzidas no sul do Brasil, pois apresentam alto potencial para reflorestamento. É uma espécie com elevado incremento volumétrico nas regiões mais frias do planalto sulino (STUMPP, 1997; STUMPP, 1999).



Figura 3.6: Árvore de pinus taeda.

Fonte: FLORESTA RIO VERDE (2013)

Das espécies de pinus plantadas na região sudeste e sul do Brasil, o pinus taeda recebe nomes populares como: pinheiro-americano, pinheiro-amarelo e somente pinus. Esta espécie é umas das matérias primas importantes para o setor industrial florestal brasileiro (BAKER; LANGDON, 1990).

A árvore de pinus taeda pode atingir mais de 20 m, como se visualiza na figura 3.7. Apresenta casca gretada e ramos acinzentados. As folhas são caracterizadas por apresentarem acículas reunidas em grupos de 3 (com 15 a 20 cm de comprimento), de cor verde-escura. Sendo importante ressaltar que as acículas desta espécie se mostram eficientes inibidores de algumas forrageiras e o efeito inibidor varia conforme a espécie afetada, podendo ser desde uma inibição no desenvolvimento até a eliminação de germinação de sementes (SARTOR et al., 2009).

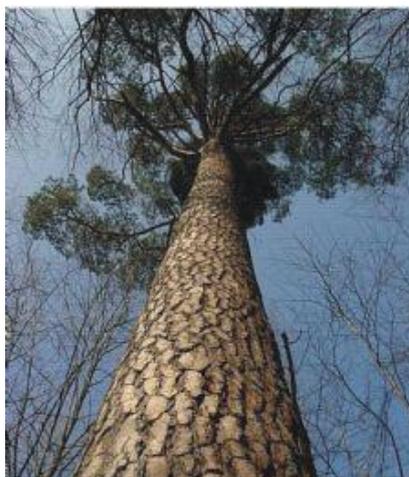


Figura 3.7: Árvore de pinus taeda

Fonte: FLORESTA RIO VERDE (2013)

O pinus taeda apresenta quantidade de óleo essencial significativo em suas folhas (acículas), frutos e/ou sementes, visto que o armazenamento deste óleo ocorre em estruturas secretoras e se distribuem em diversos órgãos das espécies aromáticas. Na figura 3.8 se visualiza as acículas desta espécie. O teor e a composição do óleo variam de acordo com o órgão a ser extraído e o estágio de desenvolvimento da planta (BIASI; DESCHAMPS, 2009). De acordo com estudos sobre os componentes majoritários deste óleo essencial, foi identificado como sendo β -felandreno o que apresenta maior concentração, além do triciclono e o β -pineno que também apresentarem concentrações significativas (SEFSTROM et al., 2012).



Figura 3.8 Acículas da espécie pinus taeda
Fonte: FLORESTA RIO VERDE (2013)

3.1.4. *Pinus elliottii* (*Pinus elliottii* Engelm.)

O *P. elliottii* Engelm., assim como o pinus taeda, são da família *Pinaceae*. É originário dos Estados Unidos, porém é de ambiente com características mais próximas ao tropical, por isso perde em crescimento para o pinus taeda nos locais mais frios. Nesse trabalho será utilizado o nome vulgar desta planta: pinus elliottii. Por outro lado, em ambientes característicos de cerrado das regiões sul e sudeste, bem como na planície costeira, tem grande sucesso sua plantação. A árvore pode atingir até 30 m de altura e sua copa diminui de tamanho na medida em que vai crescendo, como se visualiza na figura 3.9. (IPEF, 1978).



Figura 3.9 Árvore de pinus elliottii.

Fonte: FLORESTA RIO VERDE (2013)

No Brasil, em função do alto teor de resina, a espécie pinus elliottii é uma espécie direcionada no que diz respeito à produção de madeira para processamento mecânico e à extração de resina (SHIMIZU, 1980).

Das espécies de pinus plantadas na região sudeste e sul do Brasil, o pinus elliottii recebe nomes populares como: pinheiro-americano e pinus. Esta espécie também é umas das matérias primas importantes para o setor industrial florestal brasileiro (BAKER; LANGDON, 1990).

A árvore de pinus elliottii apresenta casca sulcada e acinzentada em indivíduos jovens e marrom-avermelhada em indivíduos adultos. As folhas são caracterizadas por apresentarem acículas reunidas em grupos de 2 ou 3 (com 21 a 36 cm de comprimento), de cor verde-brilhante e com a margem finamente serrilhada, como se visualiza na figura 3.10. Sendo importante ressaltar que as acículas desta espécie se mostram eficientes inibidores de algumas forrageiras e o efeito inibidor varia conforme a espécie afetada, podendo ser desde uma inibição no desenvolvimento até a eliminação de germinação de sementes (SHWADE et al., 2010).



Figura 3.10 Folhas e fruto - Planta aromática pinus elliottii.

Fonte: FLORESTA RIO VERDE (2013)

O pinus elliottii, assim como o pinus taeda, apresenta quantidade de óleo essencial significativa em suas folhas (acículas), frutos e/ou sementes, visto que o armazenamento deste óleo ocorre em estruturas secretoras e se distribuem em diversos órgãos das espécies aromáticas. O teor e a composição do óleo variam de acordo com o órgão a ser extraído e o estágio de desenvolvimento da planta (BIASI et al., 2009). De acordo com estudos sobre os componentes majoritários do óleo essencial da espécie pinus elliottii, foi identificado como sendo β -pineno o que apresenta maior concentração (SEFSTROM et al., 2012).

3.2. Óleos essenciais

Os óleos essenciais (OE) apresentam grande importância econômica em função da sua aplicação em diversos ramos da indústria mundial. O crescente uso dos óleos essenciais está diretamente ligado as suas propriedades medicinais, aromáticas, antioxidantes entre outras (BARROSO, 2011).

Os OE constituem os compostos voláteis presentes em vários órgãos das plantas e sua extração pode ser feita utilizando flores, folhas, cascas, rizomas e frutos (SERAFINI et al., 2001; BRIZZO et al., 2009). Esta extração é feita de bolsas secretoras, local onde fica encapsulado o óleo essencial na planta, denominando-se tricomas, como pode ser visualizado na figura 3.11 (HUET, 1991). São misturas

complexas, cujos compostos, em sua maioria, são hidrocarbonetos terpênicos e fenilpropanóides (LUCAS, 2011; SIANI, 2000).

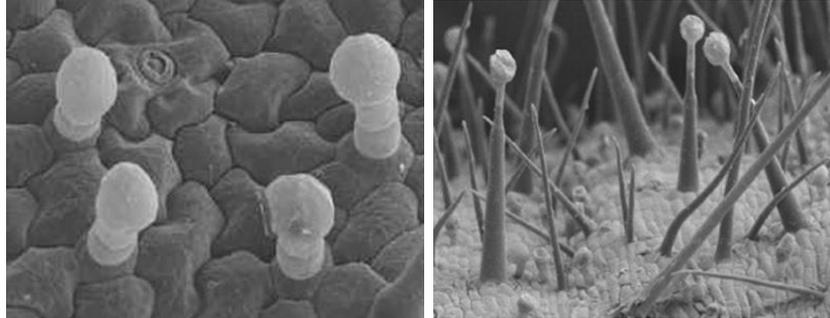


Figura 3.11 Bolsas secretoras de óleos essenciais: tricomas.

Fonte: BIOLOGIA [(C2013)]

A volatilidade e a insolubilidade dos óleos essenciais em água e a solubilidade em solventes orgânicos, permitem caracterizá-lo e promover o seu isolamento. Quando extraídos são normalmente incolores ou amarelados e em geral instáveis na presença de luz e calor, umidade e metais (COSTA, 1994; LUCAS, 2011).

Os fatores ambientais podem afetar a quantidade e a composição dos OE nas plantas. Dentre estes fatores estão as condições do solo, a radiação solar, a temperatura e o estresse hídrico. A parte da planta utilizada na extração do óleo, sua idade, o manejo florestal, métodos de amostragem, processos de extração e análise, além da variabilidade genética, também podem afetar as características dos OE tanto na qualidade quanto na quantidade (CASTRO et al., 2008; LUCAS, 2011).

Geralmente a concentração de óleo presente em espécies vegetais é muito baixa, inferior a 1%; e as porcentagens mais elevadas podem chegar 15% de óleo essencial (BRUNETON, 1991).

3.3. Processo de extração por arraste a vapor

O processo de destilação por arraste a vapor é muito utilizado industrialmente para a extração dos OE de plantas aromáticas, por ser um método simples e barato quando comparado com os métodos tecnológicos mais avançados como, por

exemplo, a extração com fluido supercrítico (CASSEL e VARGAS, 2006; LUCAS, 2011).

De acordo com informações sobre o processo de extração por arraste a vapor, como pode ser visualizado na figura 3.12, este consiste em passar vapor à temperatura de aproximadamente 100°C por um leito fixo de massa verde de planta aromática. Pelo efeito da temperatura do vapor em fluxo ascendente, ocorre o rompimento das células odoríferas da planta aromática, em decorrência do aumento da pressão interna das células devido à vaporização parcial do óleo em seu interior. O óleo, em contato com o vapor, é arrastado para a parte superior do vaso extrator até o condensador. Isto ocorre devido à diferença de pressão entre a entrada de vapor no vaso extrator e o bocal de saída de produto do condensador. A distribuição de matéria prima no extrator deve ser feita de maneira que permita o maior contato superficial entre esta e o vapor. Do bocal de saída do condensador, água e óleo essencial são conduzidos por gravidade ao vaso de decantação/separação, chamado de vaso florentino, onde ocorre a separação em duas fases líquidas. A fase aquosa, contendo óleo essencial dissolvido, é denominada de hidrolato (CASSEL; VARGAS, 2008; CASSEL et al, 2009).

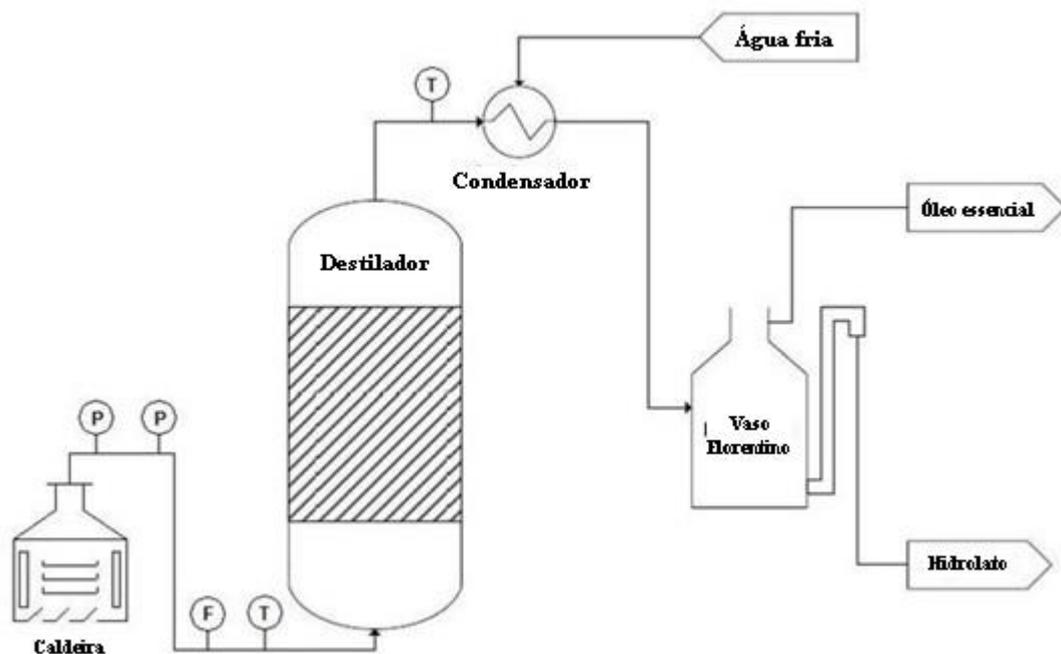


Figura 3.12 Fluxograma do processo de extração por arraste a vapor

Fonte: TORRES, 2010.

Os processos tradicionais de extração, como o de arraste a vapor, apresentam alguns inconvenientes e limitações, como por exemplo, os constituintes dos óleos essenciais podem sofrer degradação térmica ou hidrólise, o que pode alterar o aroma do extrato, conseqüentemente afetar na reprodução das fragrâncias características das plantas aromáticas (BANDONI, 2008).

O tempo de destilação é determinado por fatores técnicos e econômicos. Os fatores técnicos estão relacionados à composição do óleo essencial que é função do tempo de extração. Se a extração for rápida, o produto apresentará uma maior concentração de compostos voláteis, porém destituído das características aromáticas da planta original. Se a extração for prolongada, o custo do óleo essencial será mais elevado em função do consumo de energia (SERAFINI, 2001).

3.4 Meio Ambiente

A preocupação mundial com o estado do meio ambiente, seja sua qualidade ou mesmo sua existência, não é recente, mas foi nas últimas três décadas do século XX que ela entrou definitivamente na agenda do governo de muitos países, além de diversos segmentos da sociedade civil organizada. Isto ocorreu porque com o passar dos anos o desafio em função das necessidades do crescimento econômico, a prosperidade das sociedades e a proteção ambiental, faz com que o entendimento da união destes desafios, resulte na atenção para a sustentabilidade ambiental global (BARBIERI, 2011; MIHELICIC; ZIMMERMAN, 2012).

O entendimento de sustentabilidade é visto como o equilíbrio entre a sociedade, o ambiente e a economia. Também conhecido como: Pessoas-Planeta-Lucro (em inglês *People-Planet-Profit* ou 3Ps). De forma geral a sociedade (Pessoas) busca alternativas para diminuir as desigualdades sociais ou mesmo, uma reconexão com a vida; o ambiente (Planeta) busca viabilizar a preservação e conservação do meio ambiente, ou seja, despertar a consciência de que a natureza pode servir como inspiração e ajudar a humanidade a inovar através dos ciclos de vida, sem geração de resíduos ou desperdícios; e a economia (Lucro) busca questionar as medidas atuais orientadas para o progresso da economia, convidando

para um despertar com prosperidade, além dos resultados puramente financeiros. Precisa ser destacado que é necessário existir interação entre estes três domínios e não ser tratado como blocos isolados, como é comum nos dias de hoje. (BRAGA, 2002; ALMEIDA, 2012).

De acordo com alguns pensadores da área a respeito do assunto, é necessário o acréscimo de algumas premissas, no que tange o conceito de sustentabilidade ambiental, com o objetivo de atender a realidade mundial atual, tais como, a reciclagem e o reuso dos recursos somados à recuperação do meio ambiente. É imprescindível mencionar estas premissas, pois não se pode correr o risco da destruição do meio ambiente (BRAGA, 2002).

Na legislação brasileira, no parágrafo I do Art. 3º da Lei nº 6.938/81, conceitua meio ambiente como: "*o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas*" (BRASIL, 1981).

Na bibliografia se encontra como conceito para o termo meio ambiente: "*é tudo o que envolve ou cerca os seres vivos*". Ampliando o conceito por meio ambiente "*se entende o ambiente natural e o artificial, isto é, o ambiente físico e biológico originais, e o que foi alterado, destruído e construído pelos humanos, como as áreas urbanas, industriais e rurais*" (BARBIERI, 2011, p.1).

Existe uma concepção subjetiva que encara o meio ambiente como "*um sistema de relações entre o homem e o meio, entre sujeitos e objetos*" (SÁNCHEZ, 2008, p.22). Essas relações entre os sujeitos (indivíduos, grupos, sociedades) e os objetos (fauna, flora, água, ar, etc.) estabelecem as regras de apropriação entre eles.

O mundo atual é considerado como a artificialização do mundo natural, por isso a importância de gerir a relação entre sujeitos e objetos. De acordo com Theys (1993, p.30), existem duas perspectivas possíveis para esta relação:

- (i) *tentar determinar as condições de produção do melhor ambiente possível para o ser humano, renovando sem cessar as formas de apropriação da natureza, ou*
- (ii) *tentar determinar o que é suportável pela natureza, estabelecendo, portanto, limites à ação da sociedade.*

A sociedade extrai do meio ambiente os recursos essenciais à sobrevivência e os recursos demandados pelo processo de desenvolvimento socioeconômico, denominados recursos naturais, o qual tem a definição: “*são bens e serviços originais ou primários dos quais todos os outros dependem*” (BARBIERI, 2011, p.5). Neste contexto é importante dizer que produzir é converter ou transformar bens e serviços naturais para satisfazer as necessidades e desejos humanos.

O conceito de recursos naturais nos auxilia no entendimento de um dos problemas ambientais provocados pelos humanos decorrente do uso do meio ambiente para obter os recursos necessários para produzir os bens e serviços de que necessitam e dos despejos de materiais e energia não aproveitados (BARBIERI, 2011).

Os recursos naturais podem ser classificados em: os renováveis e os não renováveis. “*Os recursos renováveis são aqueles que, depois de utilizados, ficam disponíveis novamente graças aos ciclos naturais*” (energia solar, ar, água, plantas, animais etc.) e “*os não renováveis é aquele que, uma vez utilizado, não pode ser reaproveitado*” (areia, argila, minérios, carvão mineral, petróleo etc.) (BRAGA et al., 2005).

3.4.1. Poluição

Alguns conceitos estão associados aos de poluição, como por exemplo, poluir “*é sujar, corromper, contaminar, degradar, manchar*”; poluição por sua vez “*é o ato ou efeito de poluir*”; e poluente “*é o que polui*” (BARBIERI, 2011).

A definição legal para poluição é encontrada no parágrafo III, do Art. 3º da Política Nacional de Meio Ambiente, como:

"poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) *prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*
- b) *criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;*
- c) *afetem desfavoravelmente a biota;*
- d) *afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;*
- e) *lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;"* (Brasil, 1981).

A partir do conceito, a literatura associa poluição e emissões ou presença de matéria ou energia, isso significa que a poluição é entendida como uma condição do entorno dos seres vivos (ar, água, solo) com presença de poluentes no meio ambiente, causando sua degradação. E poluentes são materiais que produzem algum tipo de problema indesejável devido às suas propriedades físico-químicas e à capacidade de assimilação no meio ambiente, que podem ser medidos e para os quais podem ser estabelecidos valores de referência (legislação ambiental pertinente), conhecidos como padrões ambientais. (BARBIERI, 2011).

De acordo com Sánchez (2008), os padrões ambientais relevantes no momento são os poluentes constituídos por:

- a) elementos ou compostos químicos presentes nas águas superficiais ou subterrâneas, os quais, as concentrações podem ser medidas por procedimentos padronizados;
- b) material particulado, os quais as concentrações podem ser medidas por métodos normalizados.

Todos esses conceitos são de extrema importância para o segmento ambiental, visto que cada vez mais o campo para estudos científicos que definam tanto a quantidade de poluentes que são lançados, quanto a capacidade de assimilação do meio em relação a estes poluentes necessitam de pesquisa (SÁNCHEZ, 2008).

3.4.1.1 Prevenção da poluição

De acordo com a literatura o conceito de prevenção da poluição pode ser definido da seguinte forma:

“Qualquer prática que reduz a quantidade ou impacto ambiental e na saúde qualquer poluente antes da sua reciclagem, tratamento ou disposição final, incluindo modificação de equipamentos ou tecnologias, reformulando ou redesign de produtos, substituição de matérias primas e melhoria organizacional (housekeeping), treinamento ou controle de inventário” (BRAGA et al., 2005, p. 296).

É importante registrar que o principal objetivo de qualquer iniciativa de prevenção da poluição é reduzir os impactos ambientais agregados a todas as etapas envolvidas no ciclo de vida de um produto. Também fica o registro que o mais indicado é ao invés de procurar resolver os problemas de poluição após os mesmos terem sido originados, buscar reduzir, de todas as maneiras, a geração da poluição através do seu controle (etapas de tratamento e disposição), como pode ser visualizado na figura 3.13. A prevenção da poluição não elimina completamente a abordagem de controle, mas reduz a sua necessidade (BRAGA et al., 2005).

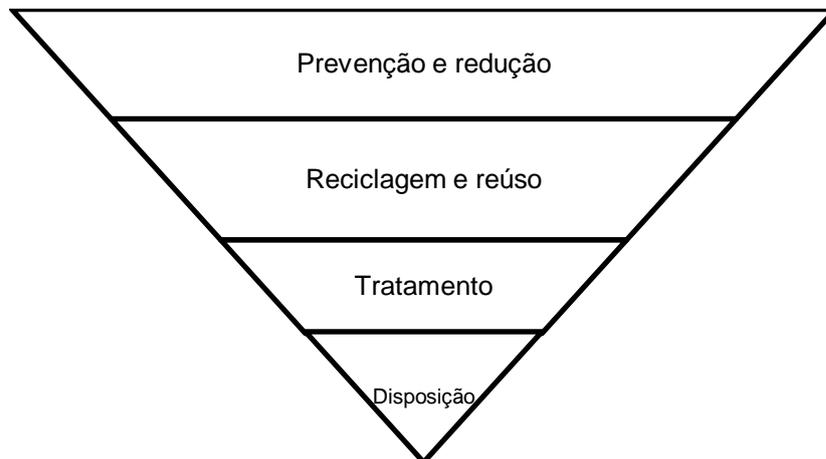


Figura 3.13 Prioridade da prevenção da poluição

Fonte: BRAGA et al. (2005)

3.4.2. Impacto ambiental

No Brasil, a definição legal para impacto ambiental é a da Resolução Conama nº 1/86, art. 1º:

"Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem:

I.a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II.as atividades sociais e econômicas;

III.as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

IV.a qualidade dos recursos ambientais." (BRASIL, 1986).

Na literatura técnica, há vários conceitos de impacto ambiental, quase todos eles concordam quanto a seus elementos básicos, embora formulados de diferentes maneiras, como por exemplo:

- *"o efeito sobre o ecossistema de uma ação induzida pelo homem"* (WESTMAN, 1985, p. 5);
- *"alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana"* (SÁNCHEZ, 2008, p. 28).
- *"qualquer alteração no meio ambiente em um ou mais de seus componentes, provocada por uma ação humana"* (MOREIRA, 1992, p. 113);
- *"qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização"* (ISO 14001:2004, item 3.4 da norma).

Mas, o conceito para impacto ambiental mais apropriado para o presente trabalho é:

"A mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada" (WATHERN, 1988a, p. 7).

Após tantas definições, pode-se dizer que impacto ambiental é o resultado de uma ação humana, que é a sua causa e não consequência (SÁNCHEZ, 2008).

3.4.3. Resíduos

3.4.3.1. Resíduo Sólido

Um dos problemas enfrentados na análise de impactos ambientais está nos resíduos. Com a urgência de um novo olhar para esta questão, no ano de 2010 foi sancionada a Lei nº 12.305, o marco regulatório para um novo conceito de resíduo,

recebendo o nome de Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010).

O dispositivo legal prevê um entendimento com foco diferente, no que diz respeito à definição de resíduos, pois deixam de ser definidos como matéria sem valor, ou seja, geradores de problemas e passa a ter um novo papel na sociedade, na forma de subprodutos que podem ser utilizados em novos processos como matéria prima sem causar maiores impactos ao meio ambiente. Seguindo as definições, outro ponto significativo tratado no dispositivo legal é a diferença entre resíduo e rejeito, pois enquanto resíduos deve-se esgotar todas as possibilidades de aproveitamento antes de se tornarem rejeitos. As opções são diversas, tais como: redução na fonte, reciclagem, compostagem, combustão e disposição em aterros sanitários ou industriais. E rejeitos consistem na parte inaproveitável dos resíduos, restando apenas a sua disposição final. Nessa disposição final tem que ser considerada sua inativação, neutralização, descontaminação ou desintoxicação (BRASIL, 2010).

Neste contexto, o aproveitamento adequado dos resíduos como matéria prima secundária, independentemente da aplicação, deve envolver um completo conhecimento dos processos que os originam, das unidades de geração, da caracterização completa, da identificação do potencial de aproveitamento, apontamento das características limitantes do uso e da aplicação e em especial das necessidades de gerenciamento e beneficiamento (ROCHA; CHERIAF, 2003).

De acordo com a norma técnica ABNT NBR 10004:2004, a definição de resíduos sólidos é a seguinte: "*são resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição*".

A norma técnica também define a caracterização de um resíduo sólido, pois depende da sua avaliação, qualitativa e quantitativa, devendo ser investigados os parâmetros que permitam a identificação de seus componentes principais e também a presença e/ou ausência de certos contaminantes. A investigação de contaminantes é, normalmente, baseada no conhecimento das matérias primas e

substâncias que participaram do processo que originou o resíduo sólido (ABNT NBR 10004:2004).

O processo de caracterização de um resíduo descrito na ABNT NBR 10004 permite classificar um resíduo sólido, identificando se este deve ser classificado como resíduo classe I ou II. Dentro desta classificação existem definições e subdivisões, por exemplo, resíduo classe I é o resíduo classificado como perigoso, visto que apresenta características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. O resíduo classe II é classificado como não perigoso e é subdividido em classe II A (não inerte) e II B (inerte).

Dentro do contexto, o cenário atual e legal para resíduos sólidos é focado na redução da quantidade gerada na fonte com o intuito de não gerar. Quando não se tem alternativa para redução ou não geração do resíduo, deve ser priorizada a reutilização no próprio processo que o gerou ou em outro como matéria prima. Seguindo o entendimento, se o resíduo não tiver alternativa de uso e nem tecnologia apropriada, é indicado o tratamento para reduzir seu impacto ambiental. E por último, se o resíduo não se enquadrar em nenhuma das situações anteriores, este deve ser descartado de forma ambientalmente segura. Esta etapa é chamada de disposição final (MIHELIC; ZIMMERMAN, 2012).

3.4.3.2. Efluentes

Como mencionado anteriormente, os resíduos são um dos pontos críticos na análise de impacto ambiental, não só resíduos sólidos, mas os efluentes também, visto que a geração destes é inerente à atividade ou processos produtivos.

A definição legal de efluente, de acordo com a Resolução nº 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (2011) (ANEXO A) é "*efluente é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos*". Também é mencionado nesta resolução, que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições padrões e exigências dispostas nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

No Rio Grande do Sul, a Resolução nº 128 do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA (2006) (ANEXO B) estabelece limites mais restritivos para lançamento de efluentes de acordo com as condições e padrões de lançamento analisado. Nesta Resolução consta mais de uma definição legal para efluente, mas a utilizada para este trabalho será a última apresentada: “*efluente líquido industrial: despejo líquido resultante de qualquer atividade produtiva, oriunda prioritariamente de áreas de transformação de matérias primas em produtos acabados*”.

Em cada resolução, CONAMA e CONSEMA, foram consultados os seguintes parâmetros físico-químicos para lançamento de efluentes: pH, Cor, Sólidos suspensos, DBO₅, DQO e Nitrogênio Amoniacal, os quais estão organizados no quadro 3.1, abaixo. Entre as duas legislações, federal e estadual, para este lançamento, a CONSEMA nº 128/2006 é mais restritiva para alguns parâmetros.

Quadro 3.1: Legislação Ambiental.

Parâmetro	CONAMA nº 430/2011	CONSEMA nº 128/2006
pH	5,0 ≤ pH ≤ 9,0	6,0 ≤ pH ≤ 9,0
Cor	Não deve conferir mudança de coloração (cor verdadeira) ao corpo hídrico receptor	Não deve conferir mudança de coloração (cor verdadeira) ao corpo hídrico receptor
Sólidos suspensos ¹	Não consta	180 mg/L para Q ≥ 20 m ³ /d 50 mg/L para Q ≤ 10.000 m ³ /d
DBO ₅ ¹	É determinado por redução após tratamento	180 mg O ₂ /L para Q ≥ 20 m ³ /d 40 mg O ₂ /L para Q ≤ 10.000 m ³ /d
DQO ¹	É determinado por redução após tratamento	400 mg O ₂ /L para Q ≥ 20 m ³ /d 150 mg O ₂ /L para Q ≤ 10.000 m ³ /d
Nitrogênio Amoniacal	20 mg/L Nam.	20 mg/L Nam.

¹ Estes padrões dependem do valor da vazão (Q), fica entre 20 a 10.000 m³/d.

Em virtude do desconhecimento sobre a caracterização destes efluentes gerados no processo de extração das plantas aromáticas em estudo, os parâmetros relacionados no quadro anterior, não são suficientes. Como a Resolução CONAMA nº 430/2011 também relata: “*as substâncias que poderão estar contidas no efluente gerado, entre aquelas listadas ou não na Resolução CONAMA nº 357/2005 para padrões de qualidade de água, sob pena de suspensão ou cancelamento da licença*”.

expedida para a atividade” (CONAMA, 2011), a ampliação desta caracterização no estudo necessita de critérios com bases diferentes, em virtude de a legislação para lançamento de efluentes, tanto federal (Resolução CONAMA nº 430/2011) quanto estadual (CONSEMA nº 128/2006), não contemplarem um número maior de parâmetros físico-químicos estabelecidos. Junto a este critério, foi adicionado um segundo, com base na definição existente no Art 7º da CONSEMA 128/2006:

“a vazão dos efluentes líquidos deve ter uma relação com a vazão de referência do corpo hídrico receptor de modo que o seu lançamento não implique em qualidade do corpo hídrico receptor inferior àquela estabelecida para a classe na qual ele está enquadrado” (CONSEMA,2006).

Portanto, esta razão deve ser maior que a razão do padrão ambiental do efluente e a concentração estabelecida na classe do corpo hídrico receptor. Os valores necessários para estabelecer esta razão estão apresentados na CONAMA nº 357/2005 (Anexo C), legislação federal, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, para servir como referência nas consultas dos parâmetros estabelecidos no estudo. Esta resolução foi revogada para alguns parâmetros referentes ao lançamento de efluentes pela CONAMA nº 430/2011, por isso alguns parâmetros que não foram alterados, constam na versão anterior, sendo assim, as duas estão em vigor.

No estudo, a utilização da resolução CONAMA nº 357/2005 servirá como ferramenta de consulta das duas informações necessárias: padrões ambientais e suas concentrações respectivas em cada classe referida do corpo hídrico receptor. A classificação dos corpos de água doce: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4 estão estabelecidas na referida resolução e apresentadas no quadro 3.2. E em virtude das características dos efluentes gerados no processo de extração por arraste a vapor, no presente trabalho definiu-se que o hidrolato será analisado com referências para o lançamento um corpo hídrico receptor pertencente à classe 2 e o efluente pertence à classe 3.

Quadro 3.2: classificação dos corpos de água doce.

Classificação das águas doces	Definição
Classe especial	<p>Águas destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; • à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; • à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1:	<p>Águas que podem ser destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; • à proteção das comunidades aquáticas; • à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; • à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas; • à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. • à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2:	<p>Águas que podem ser destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; • à proteção das comunidades aquáticas; • à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; • à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; • à aquicultura e à atividade de pesca. • à aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3:	<p>Águas que podem ser destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; • à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; • à pesca amadora; • à recreação de contato secundário; • à dessedentação de animais. • à dessedentação de animais.
Classe 4:	<p>Águas que podem ser destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • à navegação; • à harmonia paisagística.

Sendo assim, foram definidos mais parâmetros físico-químicos: Turbidez, Oxigênio dissolvido, Sólidos dissolvidos, Nitrato e Nitrito, os quais estão organizados no quadro 3.3.

Quadro 3.3: Legislação Ambiental para Águas superficiais/doce

Parâmetro	CONAMA nº 357/2005	
	Classe 2	Classe 3
Turbidez	≤ 100 UNT	≤ 100 UNT
Oxigênio dissolvido	≥ 5 mg O ₂ /L	≥ 4 mg O ₂ /L
Nitrato	10,0 mg/L NO ₃	10,0 mg/L NO ₃
Nitrito	1,0 mg/L NO ₂	1,0 mg/L NO ₂
Sólidos Dissolvidos	500 mg/L	500 mg/L

Além dos parâmetros mencionados, a Condutividade elétrica, os Sólidos totais e o Carbono Orgânico Total (COT), também fornecem informações importantes para a análise dos efluentes do processo por arraste a vapor.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para a caracterização dos resíduos gerados através do processo de extração por arraste a vapor de óleos essenciais de quatro plantas aromáticas selecionadas para este trabalho: alecrim, pimenta longa, pinus taeda e pinus elliottii, é composta pelas seguintes etapas:

- extração por arraste a vapor do óleo essencial, visando gerar todos os produtos e resíduos do processo de extração por arraste a vapor para cada espécie;
- quantificação dos resíduos sólidos gerados;
- análises físico-químicas dos efluentes gerados.

4.1. Material vegetal

Os fornecedores das plantas aromáticas utilizadas neste trabalho estão apresentados no quadro 4.1.

Quadro 4.1: Fornecedores das plantas aromáticas

Planta aromática	Origem
Alecrim	Empresa Tekton Óleos Essenciais de Viamão/RS.
Pimenta longa	Centro de Agricultura da EMATER em Porto Alegre/RS:
Pinus taeda	Jardim Botânico de Porto Alegre/RS: autorizado à coleta de galhos e folhas das duas espécies de pinus da área das <i>Gimnospermas</i> , pela Comissão de Pesquisa local.
Pinus elliottii	

4.2. Extração por arraste a vapor

Os óleos essenciais das quatro plantas aromáticas (figura 4.1) foram obtidos através da extração por arraste a vapor no equipamento em escala piloto (figura 4.2)

instalado no Laboratório de Operações Unitárias (LOPE) da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

O equipamento tem um software de interface com o operador que apresenta gráficos de tendência e *displays* de variáveis como temperatura em diversos pontos do processo, vazão, pressão e volume de óleo. O *software* de gerenciamento permite a visualização e análise dos dados de processo das extrações, como tempo de extração, porosidade do leito, quantidade de vapor empregada e rendimento de óleo essencial.



Alecrim



Pimenta longa



Pinus taeda



Pinus elliottii

Figura 4.1: Partes aéreas das plantas aromáticas utilizadas no processo de extração.

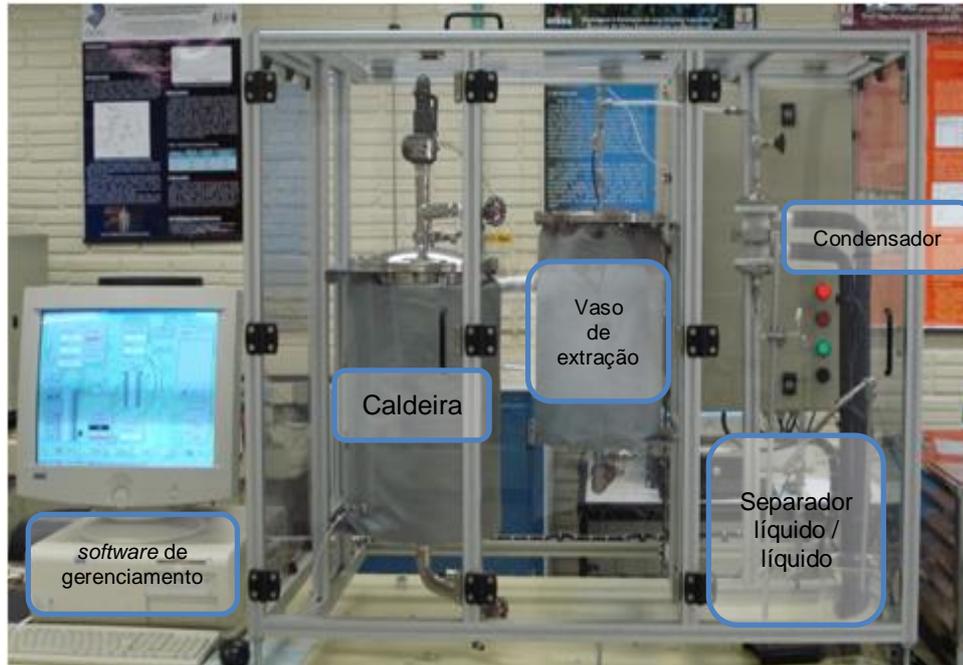


Figura 4.2: Equipamento de destilação por arraste a vapor em escala piloto, situado no LOPE.

O processo de extração pode ser visualizado de forma esquemática na figura 4.3, o qual apresenta uma caldeira elétrica de 1 kW/h e capacidade de 20 L, um vaso de extração com capacidade de 10 L de volume útil e a condensação da mistura vapor d'água/óleo essencial ocorre em um trocador de calor multitubular tipo casco-tubo (condensador). Em escala piloto, após a saída do condensador a mistura passa por um separador líquido/líquido, o qual na indústria recebe o nome de vaso florentino (vaso de decantação/separação).

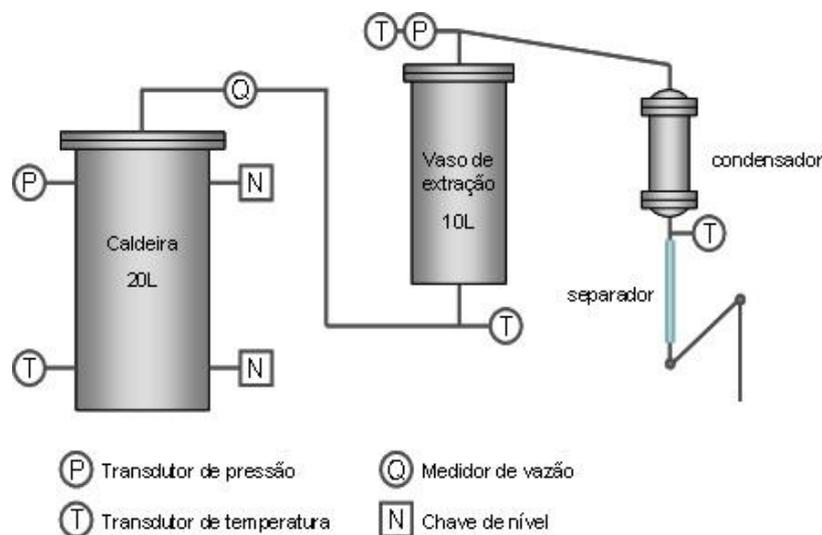


Figura 4.3: Apresentação de forma esquemática do processo de destilação por arraste a vapor

As partes aéreas da planta aromática selecionada foram colocadas no interior do vaso de extração, constituindo um leito fixo através do qual o vapor passa, promovendo a extração dos compostos voláteis. Na figura 4.4 pode ser observado como o leito fixo de cada planta aromática foi organizado.



Figura 4.4: Vaso de extração com as partes aéreas das plantas aromáticas.

As extrações foram realizadas à pressão atmosférica e em triplicata para cada espécie. Estas serão denominadas ao longo do trabalho de extração 1 (E_1), extração 2 (E_2) e extração 3 (E_3). As massas de cada planta utilizada para extração dos extratos voláteis estão especificadas na tabela 4.1.

Tabela 4.1. Massa (g) de cada planta utilizada para extração por arraste a vapor do óleo essencial na pressão atmosférica.

Planta aromática	Massa de planta (g)			Umidade
	Extração 1 (E_1)	Extração 2 (E_2)	Extração 3 (E_3)	
Alecrim	810	800	815 g	67%
Pimenta longa	1.527	1.530	1.537 g	35%
Pinus taeda	2.009	2.020	2.000 g	39%
Pinus elliottii	2.330	2.300	2.315 g	25%

O processo extrativo é dividido em duas etapas: a primeira etapa tem por objetivo gerar vapor saturado na pressão previamente definida (pressão atmosférica) e aquecer o sistema, enquanto a segunda etapa consiste da extração propriamente dita. A etapa de extração é encerrada quando a variação de volume de óleo essencial no separador não é observada, mediante três medições consecutivas num intervalo de tempo de 10 min entre elas. São utilizados dois separadores líquido/líquido diferentes: um que o óleo essencial é retirado pela parte superior e outro pela parte inferior. O separador que se retira o óleo pela parte superior foi utilizado para os óleos das plantas aromáticas: alecrim, pinus taeda e elliotii, porque a densidade destes óleos essenciais é menor que a densidade da água. Já para a planta aromática pimenta longa, foi utilizado um separador que se retira o óleo pela parte inferior, em virtude de seu óleo essencial apresentar densidade maior que a água. Os dois tipos de separador líquido/líquido estão apresentados na figura 4.5 para as plantas aromáticas: pinus elliotii e pimenta longa.



Óleo essencial Pinus elliotii



Óleo essencial Pimenta longa

Figura 4.5: Separadores líquido/líquido utilizados no processo de extração por arraste a vapor.

Nos separadores líquido/líquido mencionados a fase óleo essencial é separada da fase aquosa por diferença de densidade. Esta água residual é um dos efluentes do processo, chamada de hidrolato (figura 4.6).

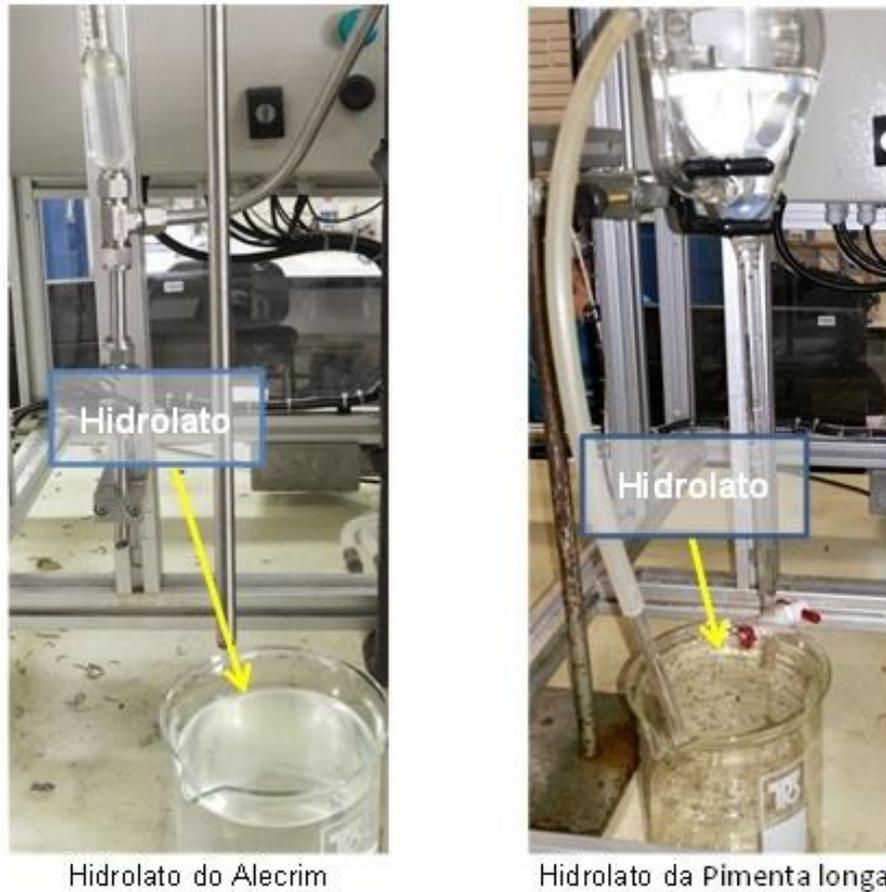


Figura 4.6: Geração de um dos efluentes do processo de extração: Hidrolato.

Após a extração é separado o óleo essencial, os resíduos sólidos e os efluentes em estudo do processo de destilação por arraste a vapor. Como já mencionado e visualizado anteriormente, um dos efluentes gerados no processo é o hidrolato e o outro é gerado no final do processo de extração, localizando-se dentro do vaso extrator. Como pode ser visualizado na figura 4.7, a sua coleta é feita através da abertura do fundo deste vaso.

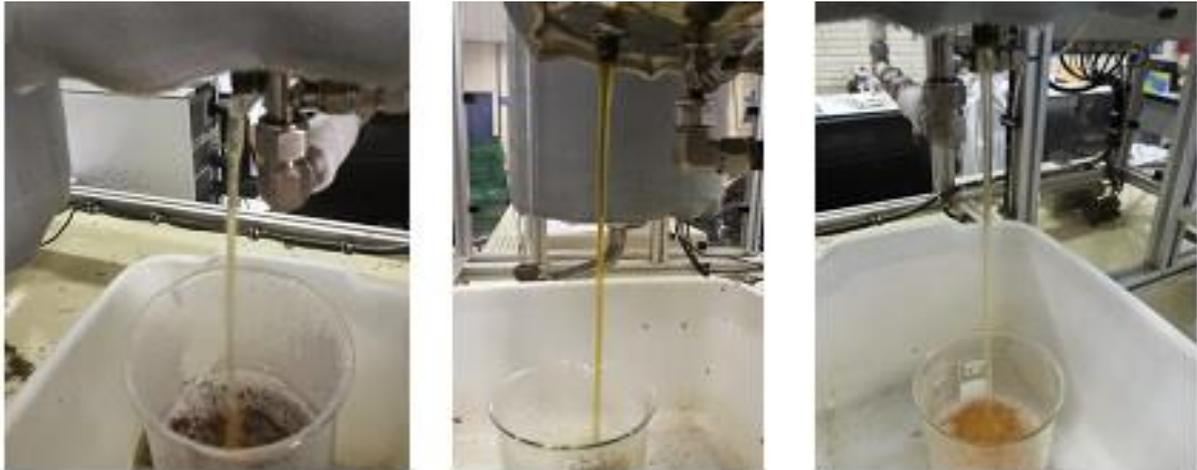


Figura 4.7: Efluente do processo de extração por arraste a vapor localizado dentro do vaso extrator.

Após o término das extrações por arraste a vapor das plantas aromáticas em estudo, é dada sequência nas avaliações.

4.3. Análise em laboratório dos padrões ambientais

As amostras do efluente do fundo do vaso de extração e do hidrolato de cada espécie: alecrim, pimenta longa, pinus taeda e elliottii foram utilizadas nas análises físico-químicas realizadas no Laboratório de Processos Ambientais (LAPA) da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

As análises físico-químicas das amostras de efluentes foram realizadas para caracterizar e assim avaliar o potencial impacto ambiental do processo para cada planta aromática utilizada, a partir da comparação com padrões ambientais estabelecidos na legislação vigente.

Os métodos analíticos empregados estão identificados no quadro 4.2. Estes seguiram as normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR) e APHA - *American Public Health Association (Standard Methods)*.

Quadro 4.2: Métodos analíticos empregados nas análises físico-químicas das amostras.

Parâmetro	Método Analítico
pH	NBR – 14339/1994 – Método eletrométrico
Cor	NBR – 13798/1992 – Método comparação visual
Condutividade elétrica	NBR – 10223/1988 – Método cela de condutividade
Turbidez	NBR – 11265/1990 – Método nefelométrico
Oxigênio dissolvido	NBR – 10559/1988 – Método de ensaio
Sólidos dissolvidos	NBR – 10664/1989 – Método por gravimetria
Sólidos totais	NBR – 10664/1989 – Método por gravimetria
Sólidos suspensos	NBR – 10664/1989 – Método por gravimetria
DBO ₅ ¹	APHA – <i>Standard Methods 22^a Edition</i> – 2012 – 5210B
DQO ²	NBR – 10357/1988 – Método de refluxo
COT ³	APHA – <i>Standard Methods 22^a Edition</i> – 2012 – <i>Methods 5310C</i>
Nitrogênio Amoniacal	NBR – 10560/1988 – Método por Nesslerização
Nitrato	APHA – <i>Standard Methods 20^a Edition</i> – 1998
Nitrito	NBR – 12619/1992 – Método Sulfanilamida

¹ Demanda Bioquímica de Oxigênio (20°C, cinco dias);

² Demanda Química de Oxigênio.

³ Carbono Orgânico Total.

Houve a necessidade de se contratar um laboratório externo, Pró Ambiente Análises Químicas e Toxicológicas, para realização das análises de DBO₅ - Demanda Bioquímica de Oxigênio (20°C, cinco dias) e de COT - Carbono Orgânico Total (os relatórios de ensaios destas amostras estão no Anexo D até o K). Os ensaios seguiram os métodos analíticos para estes dois parâmetros, conforme descrito na tabela acima.

Foram encaminhadas as amostras para o laboratório Pró-Ambiente Análises Químicas e Toxicológicas contratado entre os dias 08/12 a 19/12/2014. A identificação feita nos recipientes segue a ordem apresentada no quadro 4.3.

Quadro 4.3: Identificação dos efluentes encaminhados para o laboratório Pró Ambiente Análises Químicas e Toxicológicas.

Planta aromática	Identificação	Descrição
Pimenta longa	Efluente I	Efluente do vaso extrator
	Efluente II	Hidrolato
Alecrim	Efluente III	Efluente do vaso extrator
	Efluente IV	Hidrolato
Pinus taeda	Efluente V	Efluente do vaso extrator
	Efluente VI	Hidrolato
Pinus elliottii	Efluente VII	Efluente do vaso extrator
	Efluente VIII	Hidrolato

4.4. Análise em laboratório da Composição Química

Uma amostra do efluente hidrolato de cada espécie: alecrim, pimenta longa, pinus taeda e elliottii foi utilizada nas análises para identificação da composição química dos óleos essenciais.

A análise da composição química do hidrolato foi feita no Laboratório de Processos Ambientais (LAPA) da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, para avaliar quais os compostos do óleo essencial é dissolvido na água durante a etapa de separação líquido/líquido. Estas análises foram realizadas por cromatografia a gás, acoplada a um detector de espectrometria de massas (equipamento Hewlett Packard – Agilent sistema CG/MS, CG modelo 7890A e detector de massas modelo 5975C), como pode ser visualizado na figura 4.8. Os compostos do óleo essencial presentes no hidrolato foram extraídos em cicloexano e posteriormente injetados no cromatógrafo.



Figura 4.8: Equipamento CG/MS (Marca Agilent Technologies).

Fonte: (LUCAS, 2011)

A coluna que foi utilizada é do tipo HP-5MS (*Hewlett Packard - Agilent*, 5% fenil metil silox, 30m x 250 μm de diâmetro interno com espessura de filme de 0,25 μm). A programação de temperatura do forno começa em 60°C, que se mantém durante 8 min, aumentando a 3°C/min até 180°C, mantendo esta temperatura por 1 min, aumentando a 20°C/min até 250°C e mantendo essa temperatura por 10min. O gás de arraste que foi utilizado é o Hélio com fluxo de 0,79913 mL/min, temperatura do injetor 250°C, volume de injeção 0,2 μl , no modo *split*, razão de *split* 1:55. A faixa de massa de análise foi de 50 a 700 u.m (LUCAS, 2011)

A identificação dos componentes foi realizada através da comparação entre os espectros de massas obtidos experimentalmente com os espectros de massas dos compostos puros armazenados na biblioteca de referência (ADAMS, 2007).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Extração por arraste a vapor

As extrações por arraste a vapor de óleo essencial foram realizadas em triplicata e à pressão atmosférica para todas as plantas aromáticas em estudo: alecrim, pimenta longa, pinus taeda e elliottii. Portanto elas receberam o nome de Extração 1 (E_1), Extração 2 (E_2) e Extração 3 (E_3). O processo de extração gera tanto resíduo sólido, quanto efluentes. Para melhor entendimento, o efluente gerado dentro do vaso de extração será chamado apenas de efluente, já o gerado a partir do separador líquido/líquido, será chamado de hidrolato.

Na tabela 5.1 podem ser visualizadas as quantidades médias de óleos essenciais (mL) gerados no processo de extração a vapor de cada planta aromática, e seus respectivos rendimentos (%), os quais relacionam o volume de óleo gerado em relação à massa seca média de planta.

Tabela 5.1: Plantas aromáticas e as quantidades média de óleos essenciais (mL) gerados no processo de extração a vapor de cada planta aromática.

Planta aromática	Quantidade média de óleo essencial (mL)	Rendimento de óleo essencial em massa seca (%)
Alecrim	12,0	4,49%
Pimenta longa	10,0	1,00%
Pinus taeda	3,5	0,29%
Pinus elliottii	3,0	0,17%

5.2. Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos gerados ficam dentro do vaso de extração, os quais são retirados após o término do processo. Na figura 5.1 é visualizado o aspecto dos resíduos sólidos para cada planta aromática em estudo.



Figura 5.1: Resíduos sólidos gerados no processo de extração por arraste a vapor

Como visualizado na figura 5.1, a coloração das plantas apresentou diferenças significativas, visto que após a passagem em contracorrente de vapor ocasiona a remoção de alguns compostos, resultando o resíduo sólido de cada espécie em estudo.

Na tabela 5.2 é apresentado o registro das massas médias (g) de plantas e as massas médias (g) úmidas dos resíduos sólidos gerados no término de cada extração das plantas aromáticas em estudo, por arraste a vapor.

Tabela 5.2: Massas médias geradas no término de cada extração por arraste a vapor.

Planta aromática	Massa média de planta (g)	Massa média de resíduo sólido (g)	% de água agregada ao resíduo sólido
Alecrim	810	1.140	40,7%
Pimenta longa	1.530	1.730	13,1%
Pinus taeda	2.010	2.380	18,4%
Pinus elliottii	2.315	2.458	6,2%

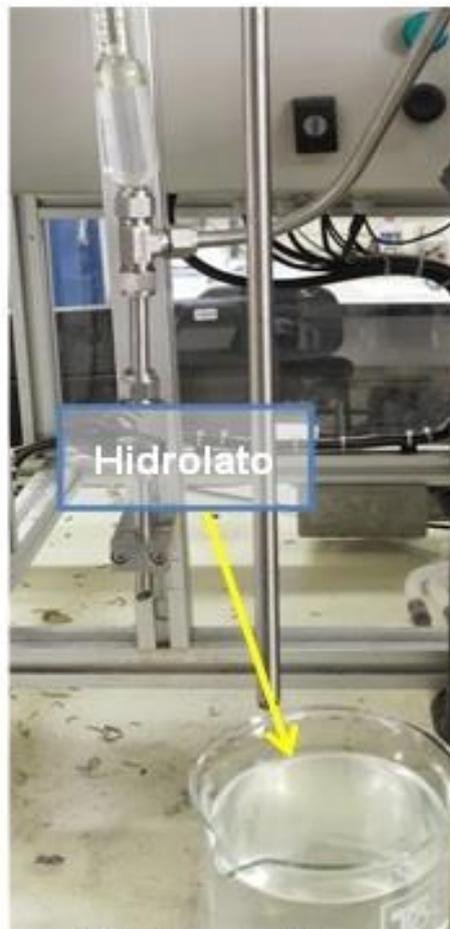
Para os resíduos sólidos foram quantificadas as massas de cada planta utilizada neste estudo, conforme tabela acima, é observada a quantidade em massa que a planta absorve de água no final do processo através do % de água agregada ao resíduo.

Tradicionalmente a indústria retorna os resíduos sólidos para o solo como nutrientes, porém são escassas as informações sobre o potencial impacto gerado por esta ação. Segundo estudos realizados por Brandão e Lima (2002), onde foram analisados o pH e a condutividade elétrica em solução do solo em áreas de plantio de pinus, a deposição dos resíduos destas plantas apresenta um potencial impacto sobre a acidez dos solos e também promove um aumento da condutividade elétrica. No caso dos resíduos sólidos oriundos do processo de arraste a vapor, a tendência do possível impacto é menos perceptível, pois os valores para estes parâmetros em estudo são minimizados, em virtude da etapa de extração, já que os compostos responsáveis pelos potenciais impactos ficam presentes nos efluentes do processo de extração por arraste a vapor. Para obtenção de respostas mais conclusivas são necessários estudos mais aprofundados sobre o tema.

Uma utilização mais nobre é a de usar o resíduo sólido como subproduto de outro processo, como por exemplo, Maia (1999) avaliou a utilização de cascas de pinus e de lodo biológico das estações de tratamento de efluentes do processo de produção de celulose e papel, como componentes de substratos para a produção de mudas de pinus taeda. Utilizando a mesma linha de pesquisa, de acordo com Santos (2007) e (2013), avaliou o desempenho para o uso de resíduos florestais como bioabsorventes na aplicação do tratamento de cromo de efluente industrial de galvanoplastia. Sendo assim, também usado o resíduo sólido como subproduto.

5.3. Efluentes e suas caracterizações

A extração por arraste a vapor de plantas aromáticas geram dois efluentes: um fica localizado dentro do vaso extrator no término do processo (este será chamado somente de efluente) e o outro é gerado a partir da separação líquido/líquido com o óleo essencial, resultando o efluente chamado de hidrolato, como visualizado na figura 5.2.



Hidrolato do Alecrim

Figura 5.2: Hidrolato.

Na figura 5.3 é visualizada a coloração dos efluentes do processo de extração por arraste a vapor das quatro plantas aromáticas em estudo.



Efluente do Alecrim localizado dentro do vaso extrator – 3 extrações.



Efluente da Pimenta longa localizada dentro do vaso extrator – 3 extrações.



Efluente do Pinus taeda localizado dentro do vaso extrator – 3 extrações.



Efluente do Pinus ellottii localizado dentro do vaso extrator – 3 extrações.

Figura 5.3: Efluente das três extrações de cada planta aromática em estudo.

Na tabela 5.3 é apresentado o registro dos volumes médios (mL) de efluentes gerados no término de cada extração das plantas aromáticas em estudo, por arraste a vapor. O volume de hidrolato é resultante em função do tempo de extração do processo de cada planta, e neste tempo se observa o máximo rendimento, por isso o volume médio é praticamente o mesmo.

Tabela 5.3: Volume médio (mL) dos efluentes gerados no processo de extração por arraste a vapor.

Planta aromática	Volume médio do Hidrolato (mL)	Volume médio do Efluente (mL)
Alecrim	1.000	700
Pimenta longa	1.000	900
Pinus taeda	1.000	400
Pinus elliottii	1.000	400

Em virtude do desconhecimento ambiental da caracterização destes efluentes gerados no processo de extração, adotaram-se dois critérios com bases diferentes: o primeiro foi o método de comparação dos resultados das análises dos padrões ambientais com as específicas legislações vigentes que estabelecem os padrões de lançamento de efluentes. No caso, específico foi selecionada a Resolução CONAMA nº 430/2011 e a CONSEMA nº 128/2006, resoluções: federal e estadual respectivamente. Já o segundo critério foi estabelecido em função da necessidade da ampliação do estudo com foco na caracterização dos efluentes do processo, através de novos parâmetros.

A base para estudo deste critério foi a partir da definição existente no Art 7º da CONSEMA 128/2006: “a vazão dos efluentes líquidos deve ter uma relação com a vazão de referência do corpo hídrico receptor de modo que o seu lançamento não implique em qualidade do corpo hídrico receptor inferior àquela estabelecida para a classe na qual ele está enquadrado”. Portanto, esta razão deve ser maior que a razão do padrão ambiental do efluente e a concentração estabelecida na classe do corpo hídrico receptor. Os valores necessários para estabelecer esta razão estão apresentados na CONAMA nº 357/2005, legislação federal, que dispõe também sobre a qualificação dos corpos de água.

Além dos critérios utilizando as legislações ambientais específicas, mais um foi utilizado para ampliar a caracterização dos efluentes do processo, o de analisar a composição do hidrolato em virtude de uma parcela de óleo essencial estar presente neste efluente. Após mencionar critérios diferentes, houve a necessidade de apresentar os resultados dos parâmetros ambientais analisados em subcapítulos separados, sempre com o intuito da comparação com os padrões estabelecidos nas legislações ambientais específicas. Tudo isto porque, nem todos os parâmetros ambientais estão estabelecidos em apenas uma legislação.

5.3.1. Caracterização dos parâmetros dos efluentes

Os parâmetros estabelecidos para lançamento de efluentes que foram caracterizados neste estudo são: pH, Cor, Sólidos Suspensos, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) e Nitrogênio Amoniacal. Além dos parâmetros apresentados, foi adicionada ao estudo a caracterização do parâmetro Carbono Orgânico Total (COT), mas este não está estabelecido na legislação para lançamento de efluentes, mas de extrema importância para o estudo sobre a existência de carga orgânica presente nos efluentes. As tabelas com os resultados estão apresentadas no Apêndice A. A temperatura média das amostras analisadas apresentou valor de 23°C.

5.3.1.1. pH

Em relação ao parâmetro índice de pH encontram-se dois intervalos aceitáveis na legislação ambiental; um é na Resolução CONAMA nº 430/2011, que estabelece o intervalo de 5,0 a 9,0. E o outro é na Resolução CONSEMA nº 128/2006, que estabelece o intervalo para o índice de pH de 6,0 a 9,0. Esta diferença existe porque a legislação estadual é mais restritiva que a federal, sendo assim, para este parâmetro, vai ser adotado o intervalo limite estabelecido na legislação estadual. Os índices de pH medido nas amostras do efluente e do hidrolato são apresentados nas figuras 5.4 e 5.5, respectivamente, para as plantas aromáticas utilizadas neste estudo.

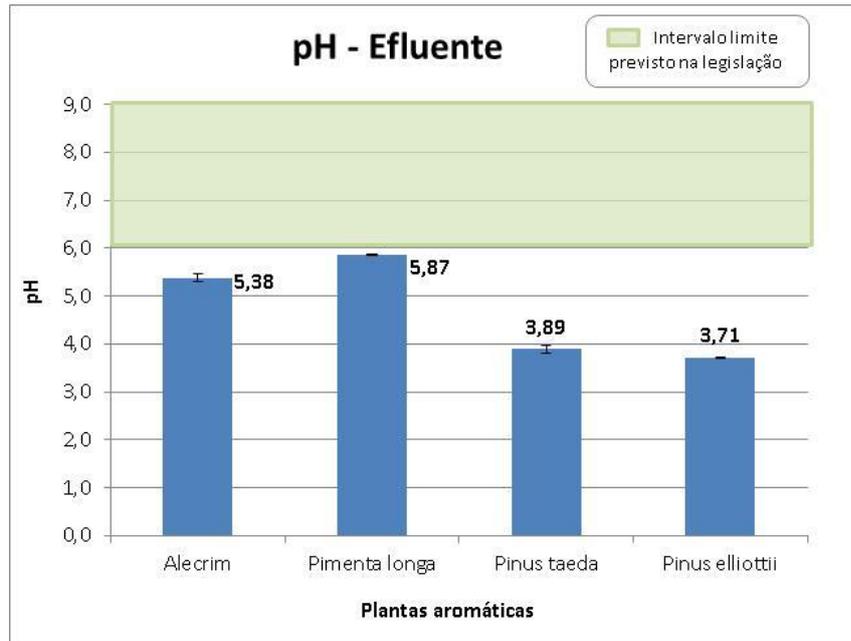


Figura 5.4: Índice pH do efluente das plantas aromáticas.

Analisando os resultados do índice de pH para o efluente, atende a legislação federal apenas para as plantas alecrim e pimenta longa, e não atende a estadual para as quatro plantas aromáticas. Os valores baixos do índice de pH para as espécies de pinus, segundo estudos realizados por Brandão e Lima (2002) já apresentado neste trabalho no subcapítulo 5.2, o qual corrobora com análises deste parâmetro.

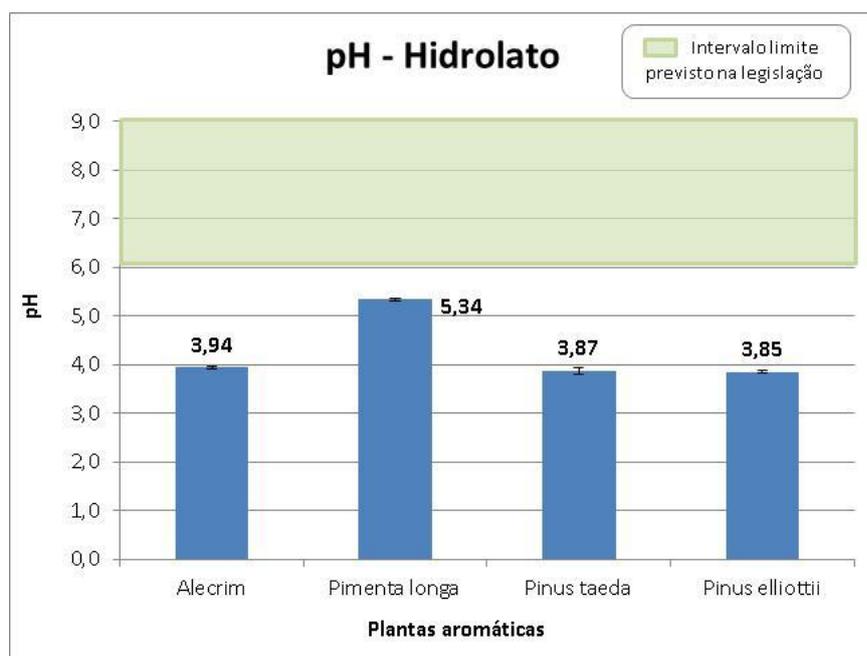


Figura 5.5: Índice pH do hidrolato das plantas aromáticas.

Definido que se forem gerados estes efluentes dentro do Estado do RS, os mesmos deverão atender a legislação estadual, portanto o efluente e o hidrolato gerados pelo processo de arraste a vapor das plantas aromáticas utilizadas neste estudo não atendem a legislação para o índice pH, precisando assim, de tratamento antes do lançamento.

5.3.1.2. Cor

Em relação ao parâmetro cor, a legislação ambiental para lançamento de efluentes, tanto federal quanto estadual, é bem clara estabelecendo: “*não deve conferir mudança de coloração (cor verdadeira) ao corpo hídrico receptor*” (CONAMA nº 430/2011). É importante ressaltar que a cor de uma amostra está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material orgânico (SAWYER et al., 1994).

As medições de cor nas amostras do efluente e do hidrolato são apresentadas nas figuras 5.6 e 5.7, respectivamente, para as plantas aromáticas utilizadas neste estudo.

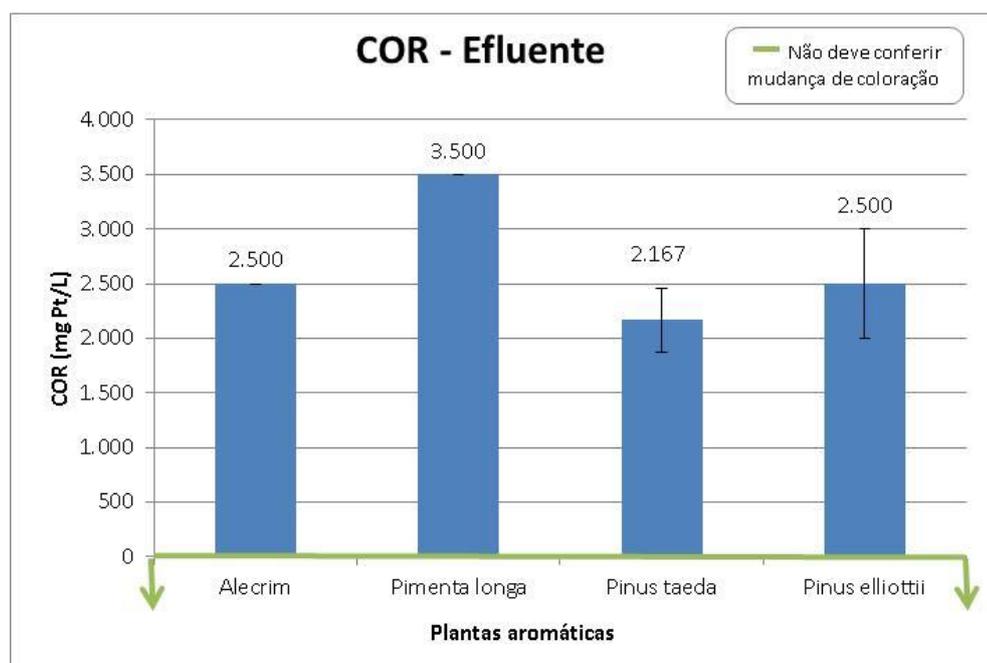


Figura 5.6: Cor do efluente das plantas aromáticas.

O valor médio do parâmetro cor encontrado para o efluente, para todas as amostras, foi significativo. Em relação ao valor médio do parâmetro cor para os hidrolatos (figura 5.7), este é baixo, mas também não atende as legislações quanto ao lançamento de efluentes.

Na literatura, de acordo com Rossi (2009), uma aplicação para os efluentes do processo de arraste a vapor aplicado às plantas *pinus taeda* e *pinus elliottii* é como corante natural para tecidos de algodão em virtude do elevado valor encontrado para o parâmetro cor.

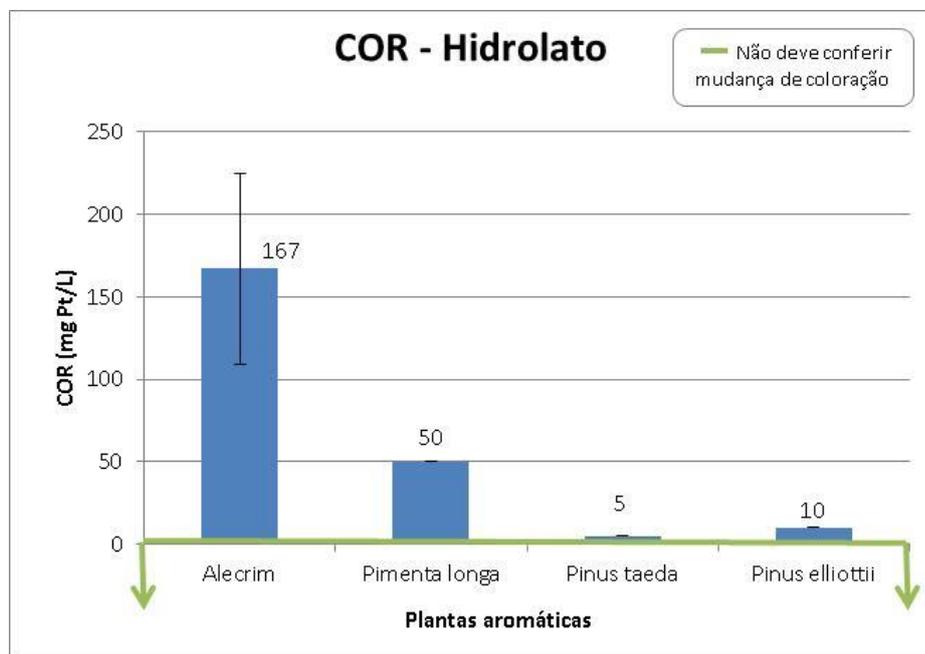


Figura 5.7: Cor do hidrolato das plantas aromáticas.

5.3.1.3. Sólidos Suspensos

Em relação ao parâmetro sólido suspenso, a legislação ambiental federal não o contempla. Sendo assim, este parâmetro só está estabelecido na legislação estadual, Resolução CONSEMA nº 128/2006, a qual estabelece uma variação dos padrões de emissão, conforme as faixas de vazão: 180 mg.L⁻¹ para vazão menor, (Q < 20 m³.d⁻¹) e 50 mg.L⁻¹ para vazão maior (Q ≥ 10.000 m³.d⁻¹). Importante ressaltar que sólidos correspondem a toda matéria que permanece como resíduo. Após uma análise das capacidades produtivas das empresas produtoras de óleos

essenciais e de uma estimativa do resíduo gerado, definiu-se como parâmetro para este estudo a condição com menor vazão, isto é, o valor limite de 180 mg.L^{-1} .

Os parâmetros medidos para as amostras do efluente são apresentados nas figuras 5.8, mas os parâmetros medidos para as amostras do hidrolato não puderam ser detectados em virtude de os resultados analíticos terem apresentado valores menores que a sensibilidade do método de medição deste parâmetro, neste caso o valor do parâmetro precisa ser superior a 10 mg.L^{-1} (ABNT NBR 10664, 1989).



Figura 5.8: Sólidos suspensos do efluente das plantas aromáticas.

De acordo com os resultados para o parâmetro sólidos suspensos, o alecrim não pode ser detectado em virtude de o resultado analítico ter apresentado um valor menor que a sensibilidade do método de medição deste parâmetro (ABNT NBR 10664, 1989). Sendo assim, definiu-se que a vazão de efluentes do processo é menor do que $20 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$, logo o efluente do pinus elliottii é o único que não atende a legislação vigente, pois apresenta resultado superior ao limite de 180 mg.L^{-1} .

Para o caso em que o efluente não atenda à legislação vigente são avaliados e caracterizados os níveis de concentração de diversas frações de sólidos. Assim como apresentam estudos de controle de poluição, principalmente nos estudos de caracterização de efluentes industriais, as determinações dos níveis de

concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho, sólidos em suspensão é um destes tipos (SAWYER et al., 1994).

5.3.1.4. Demanda Química de Oxigênio - DQO

Em relação ao parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO), a legislação ambiental federal para lançamento de efluentes não o contempla, sendo assim, este parâmetro somente está estabelecido na legislação estadual, Resolução CONSEMA nº 128/2006, o qual estabelece uma variação dos padrões de emissão, conforme as faixas de vazão: de 400 mg O₂.L⁻¹ para vazão menor ($Q < 20 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$) e 150 mg O₂.L⁻¹ para vazão maior ($Q \geq 10.000 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$). Seguindo a mesma definição de vazão adotada para o parâmetro sólido suspenso, o valor limite para DQO é de 400 mg O₂.L⁻¹. Os resultados das análises de DQO para as amostras do efluente e do hidrolato são apresentados nas figuras 5.9 e 5.10, respectivamente.

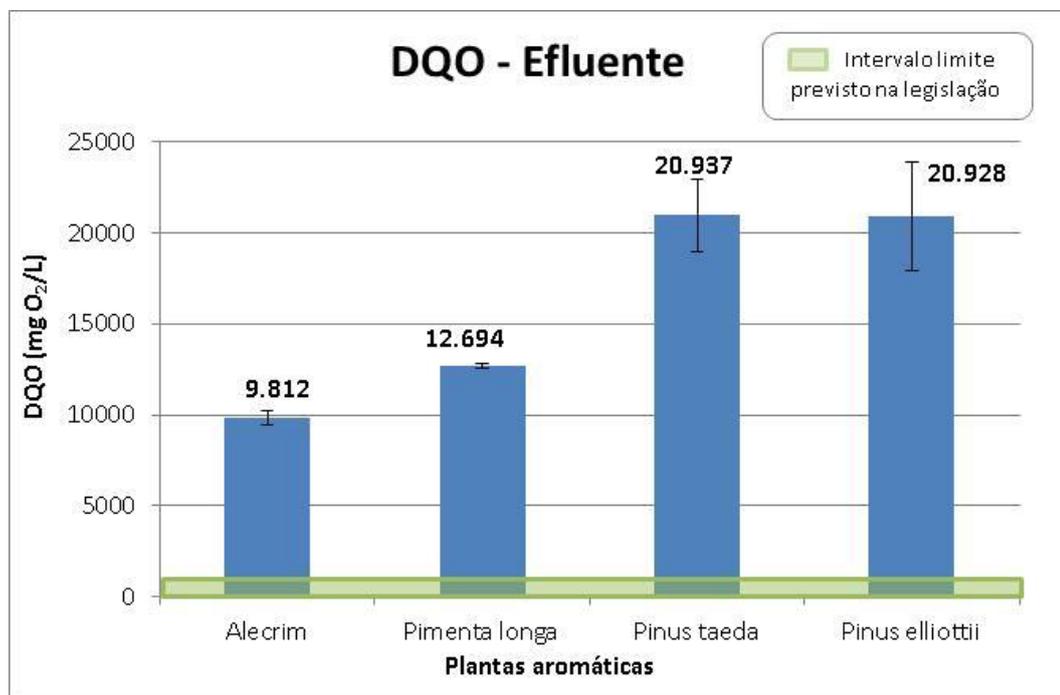


Figura 5.9: DQO do efluente das plantas aromáticas.

De acordo com os resultados das análises apresentadas acima, nenhuma das plantas aromáticas atendem o valor estabelecido pelo parâmetro DQO para o efluente na legislação, sendo este de 400 mg O₂.L⁻¹ para vazão menor.

Nos estudos de controle de poluição, é indispensável o estudo da caracterização deste parâmetro, visto que é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico (SAWYER et al., 1994).

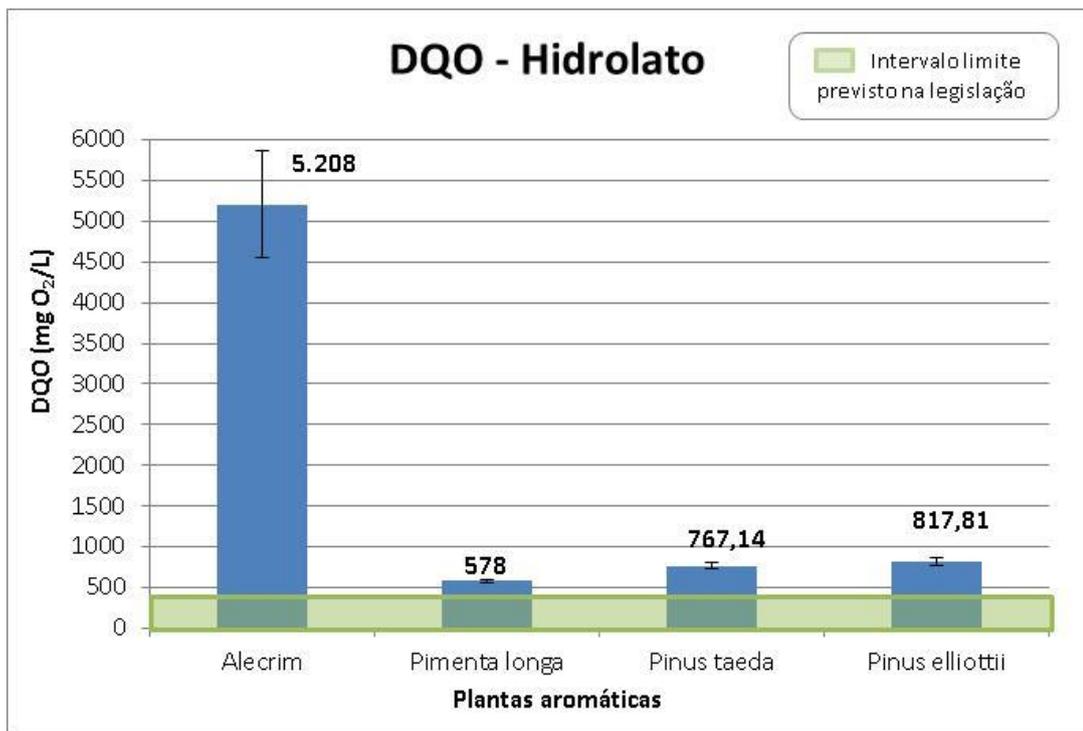


Figura 5.10: DQO do hidrolato das plantas aromáticas.

De acordo com os resultados das análises para os hidrolatos, nenhum dos casos atende o valor estabelecido pelo parâmetro DQO, sendo que para o processamento da pimenta longa este efluente apresenta o resultado próximo ao limite de $400 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ para vazão menor. É importante ressaltar que para o alecrim, os valores de DQO do hidrolato estão associados a matéria orgânica, que neste caso são os compostos do óleo essencial solúveis em água, o que pode ser observado nos resultados da composição química do hidrolato (Tabela 5.5).

5.3.1.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO

Nos estudos de controle de poluição é indispensável o estudo da caracterização deste parâmetro, visto que é a DBO de uma água ou efluente consiste na quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por

decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. É normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C, é frequentemente usado e referido como $DBO_{5,20}$ (SAWYER et al., 1994).

Em relação ao parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a legislação ambiental federal para lançamento de efluentes, só contempla relacionando percentual de redução após tratamento, mas na legislação estadual está estabelecido, Resolução CONSEMA nº 128/2006, uma variação dos padrões de emissão, conforme as faixas de vazão: 180 mg $O_2 \cdot L^{-1}$ para vazão menor ($Q < 20 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) e 40 mg $O_2 \cdot L^{-1}$ para vazão maior ($Q \geq 10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$). Os parâmetros medidos nas amostras do efluente e do hidrolato são apresentados na figura 5.11 e 5.12, respectivamente, considerando como padrão o valor de DBO_5 a 20°C para a menor vazão.

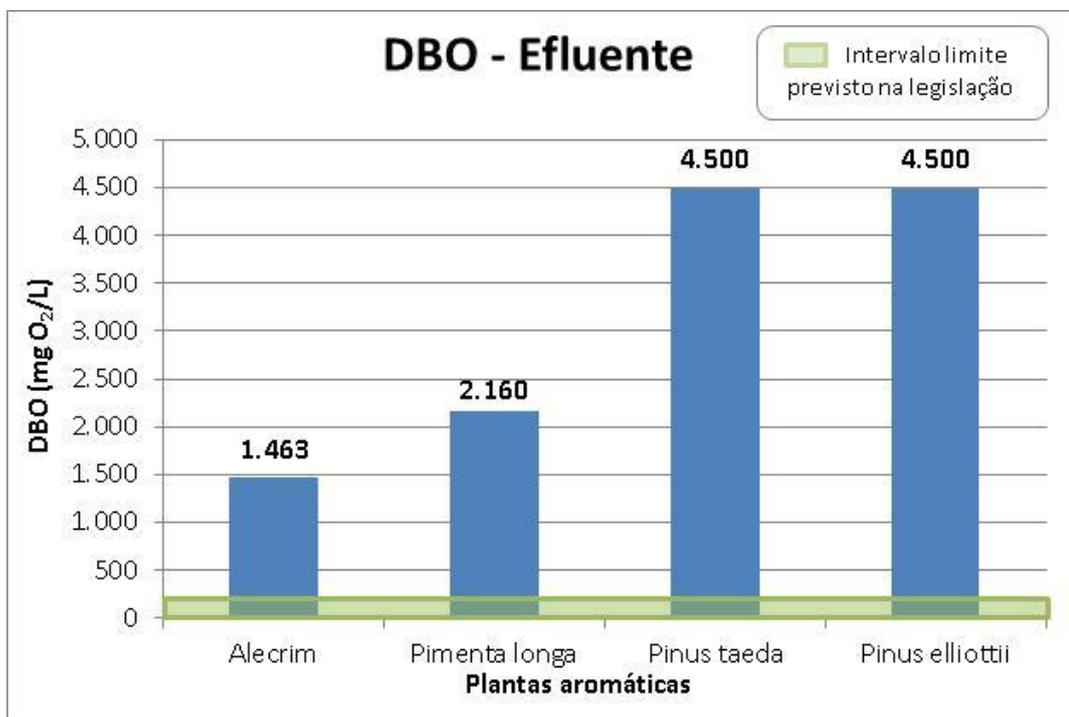


Figura 5.11: $DBO_{5,20}$ do efluente das plantas aromáticas

De acordo com os resultados das análises apresentadas para o $DBO_{5,20}$ para os efluentes do processo de extração de óleos essenciais das 04 plantas aromáticas

estudadas, nenhum deles atendem ao limite estabelecido pela legislação vigente, sendo este de $180 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ para vazão menor.

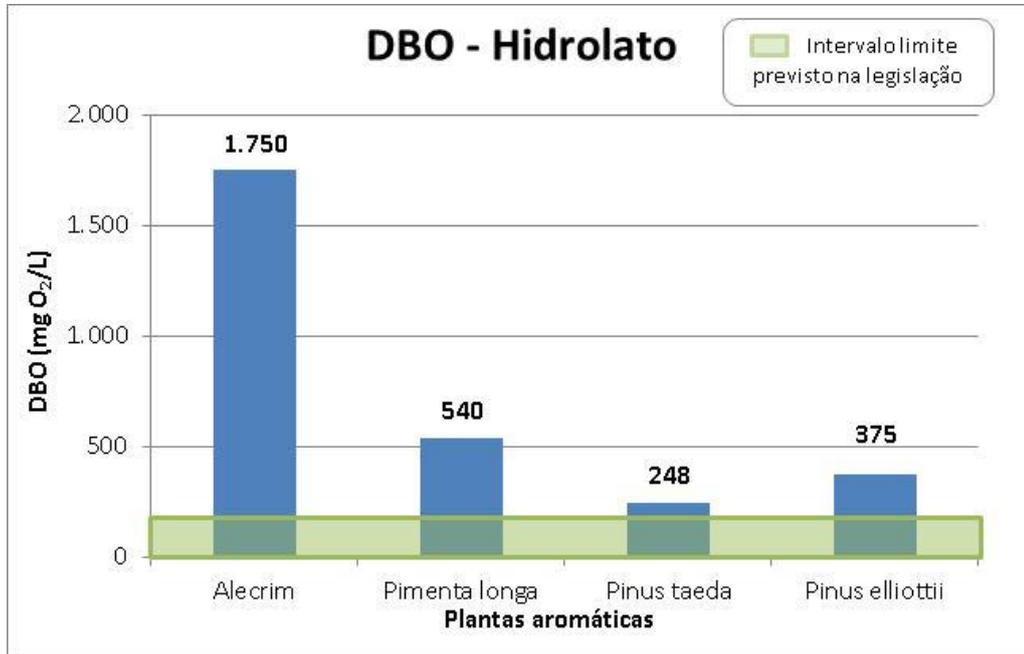


Figura 5.12: DBO_{5,20} do hidrolato das plantas aromáticas

Assim como se observou nos resultados de DQO para os 04 hidrolatos analisados, para o DBO₅ a 20°C para os hidrolatos também não atendem ao limite estabelecido pela legislação vigente, sendo este de $180 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ para vazão menor.

A DQO é uma informação muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade dos efluentes. Como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais biodegradável será o efluente. Por isso é muito comum se aplicar a relação DQO/DBO_{5,20} para depois analisar o tratamento mais adequado para estes efluentes (SAWYER et al., 1994). Na tabela 5.4 apresenta esta relação para todas as plantas aromáticas utilizadas neste estudo.

Tabela 5.4: apresenta a relação DQO/DBO_{5,20} para todas as plantas aromáticas

Planta aromática	Relação DQO/DBO_{5,20} para efluente	Relação DQO/DBO_{5,20} para hidrolato
Alecrim	7	3
Pimenta longa	6	1
P. taeda	5	3
P. elliottii	5	2

Os valores das relações de DQO/DBO_{5,20} para um efluente informa sobre o tipo de oxidação será efetiva na destruição da carga orgânica presente. Se a relação for, por exemplo, menor do que 2,5 o efluente é facilmente biodegradável. Se a relação for entre 2,5 e 5, o efluente irá exigir cuidados na escolha do processo biológico para que a remoção da carga orgânica seja desejável, e se os valores desta relação forem superiores a 5, indicam grandes possibilidades de insucesso em propostas de tratamento biológico, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena e prejudicada pelo efeito tóxico (JARDIM; CANELA, 2004; MIHELICIC; ZIMMERMAN, 2012).

Portanto, após obter as relações de DQO/DBO_{5,20} para o efluente e hidrolato do processo de extração por arraste a vapor, pode-se constatar valores elevados, principalmente para a relação dos efluentes de todas as espécies em estudo. Já os valores para a relação dos hidrolatos apresentaram resultados mais próximos aos estabelecidos como sendo de fácil biodegradabilidade.

5.3.1.6. Carbono Orgânico Total - COT

É importante definir que Carbono Orgânico Total (COT) é um elemento químico que entra na constituição dos seres vivos e de todos os compostos orgânicos. É uma variável de qualidade de água e de solo considerando o montante de carbono orgânico existente na amostra. Sua importância ambiental deve-se ao fato de servir como fonte de energia para bactérias e algas, além de complexar metais. O carbono orgânico total na água também é um indicador útil do grau de poluição do corpo hídrico (SAWYER et al., 1994; GIRARD, 2013).

O parâmetro COT não está estabelecido na legislação ambiental. Mesmo assim, os resultados deste parâmetro medidos para as amostras dos efluentes e dos hidrolatos são apresentados nas figuras 5.13 e 5.14, respectivamente.

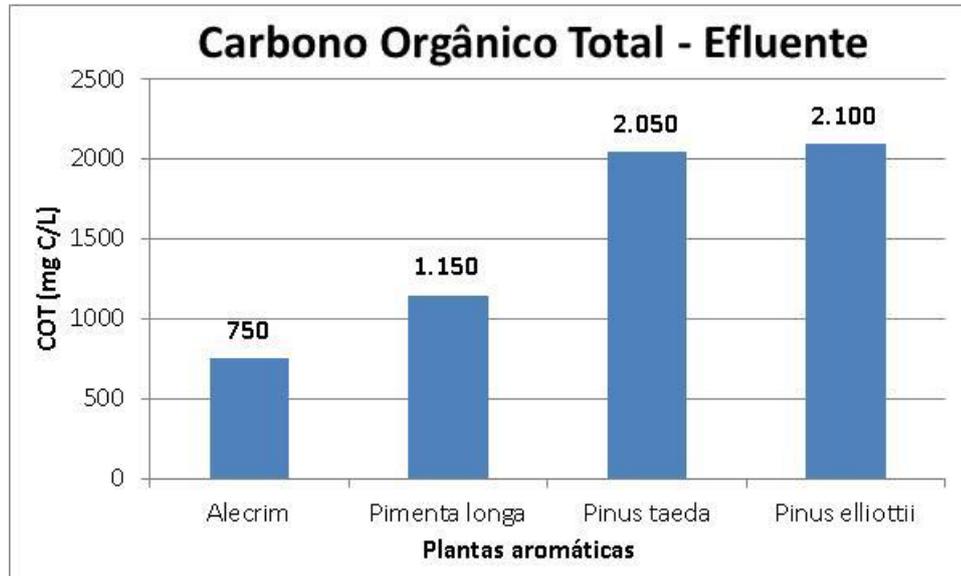


Figura 5.13: Carbono Orgânico Total (COT) do efluente das plantas aromáticas.

Em virtude dos resultados das análises para este parâmetro apresentarem valores significativamente elevados para todos os efluentes das plantas aromáticas estudadas, corrobora com os resultados apresentados para DQO e DBO₅, confirmando a presença de uma grande quantidade de matéria orgânica nas amostras.

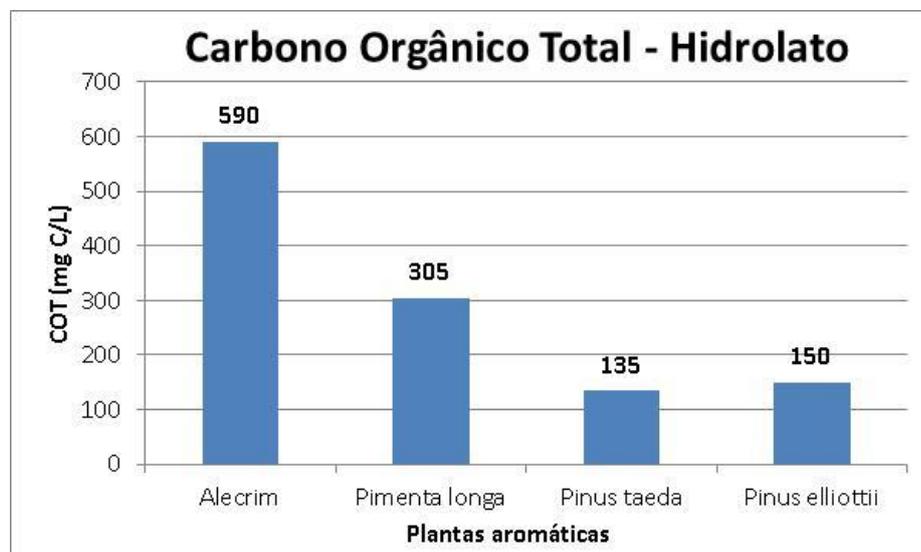


Figura 5.14: Carbono Orgânico Total (COT) do hidrolato das plantas aromáticas.

5.3.1.7. Nitrogênio Amoniacal

Em relação ao parâmetro Nitrogênio Amoniacal, as legislações ambientais federal e estadual para lançamento de efluentes estabelecem o mesmo o valor limite de 20 mg Nam.L⁻¹. Os parâmetros medidos nas amostras do efluente e do hidrolato são apresentados na figura 5.15 e 5.16, respectivamente.

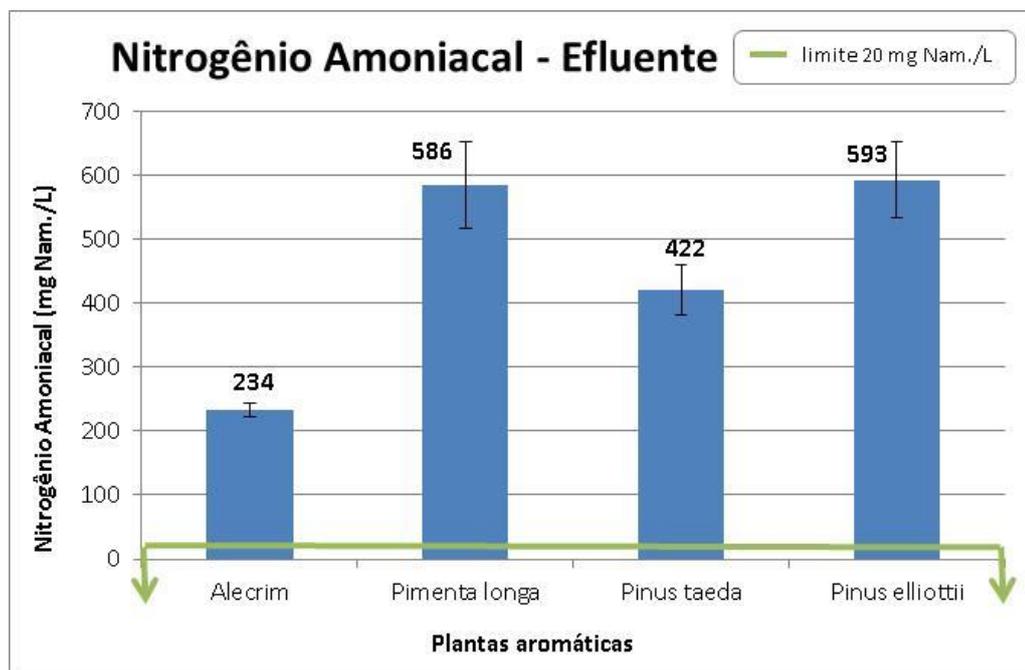


Figura 5.15: Nitrogênio Amoniacal do efluente das plantas aromáticas.

De acordo com os resultados das análises apresentadas na figura 5.13, nenhum dos efluentes gerados, atendem o valor estabelecido pela legislação vigente, sendo este de 20 mg Nam.L⁻¹.

Assim como os outros parâmetros já avaliados neste estudo, este também é indispensável o conhecimento da caracterização do efluente, visto que é formado pelo processo de decomposição da matéria orgânica. O nitrogênio amoniacal é uma substância não persistente e não cumulativa, sendo assim não provoca danos fisiológicos a humanos ou animais, porém em grandes quantidades pode causar sufocamento de peixes (SAWYER et al., 1994).

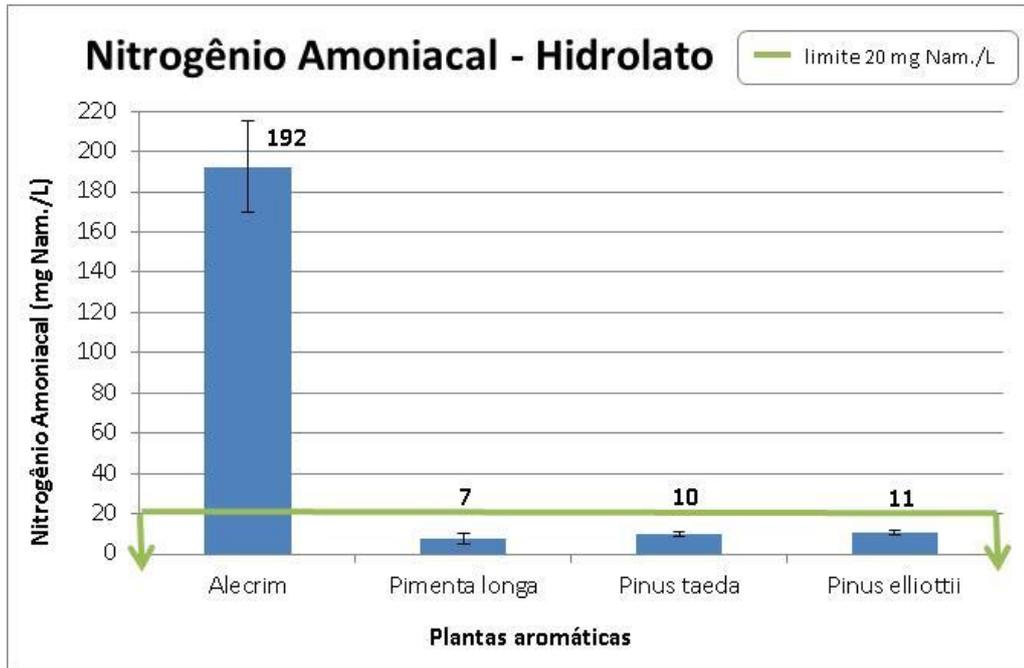


Figura 5.16: Nitrogênio Amoniacal do hidrolato das plantas aromáticas.

Em relação à concentração de nitrogênio amoniacal nos hidrolatos, somente para a planta aromática alecrim não foi atendido o valor estabelecido pelo parâmetro na legislação para lançamento de efluentes, sendo este de $20 \text{ mg Nam. L}^{-1}$.

Como já descrito no trabalho, para ampliar as caracterizações dos efluentes do processo de extração por arraste a vapor, outros parâmetros físico-químicos foram analisados em laboratório.

5.3.2 Ampliação da caracterização dos padrões ambientais

Fruto dos parâmetros contemplados no subcapítulo anterior (5.3.1.) observou-se a necessidade de ampliar o número destes a serem estudados, em virtude da inexistência de trabalhos técnico-científicos sobre caracterização dos efluentes gerados no processo de extração por arraste a vapor aplicado a óleos essenciais na bibliografia pesquisada (*Web of Science*). Como os novos parâmetros não estão estabelecidos na legislação para lançamento de efluentes, o critério adotado, já definido no subcapítulo 5.3, baseou-se na própria legislação ambiental para justificar a necessidade desta ampliação no estudo. Visto que os lançamentos dos efluentes não podem alterar o corpo hídrico receptor, sendo assim de extrema importância o

conhecimento de ambas as vazões (corpo hídrico receptor e efluente). Além disto, a razão entre estas vazões deve ser maior que a razão do padrão ambiental do efluente e a concentração estabelecida na classe do corpo hídrico receptor. Os valores necessários para estabelecer esta razão estão apresentados na CONAMA nº 357/2005, legislação federal, que dispõe também sobre a qualificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento.

Portanto, a caracterização dos parâmetros a serem estudados deve estar estabelecida entre os padrões ambientais do efluente para serem relacionados a uma respectiva classe do corpo hídrico receptor. Estes parâmetros estabelecidos na legislação CONAMA nº 357/2005 são apresentados de acordo com a classificação de qualidade de água, sendo classe especial, 1, 2, 3 e 4, além de águas salinas. Em virtude das características dos efluentes gerados no processo de extração por arraste a vapor, no presente trabalho definiu-se que o hidrolato pertence à classe 2 e o efluente pertence à classe 3. Estas definições foram resultantes de uma análise da classificação dos corpos de água definidas pela CONAMA nº 357/2005.

Os parâmetros acrescidos foram os seguintes: turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos e totais, e condutividade elétrica. As tabelas com os resultados estão no Apêndice A. A temperatura média das amostras analisadas apresentou valor de 23°C.

5.3.2.1 Turbidez

Em relação ao parâmetro turbidez, a legislação ambiental federal que classifica os corpos de água para as classes 2 e 3, define como valor limite deste parâmetro 100 UNT para ambas as classes. Os parâmetros medidos para as amostras do efluente e do hidrolato são apresentados, respectivamente, nas figuras 5.17 e 5.18.

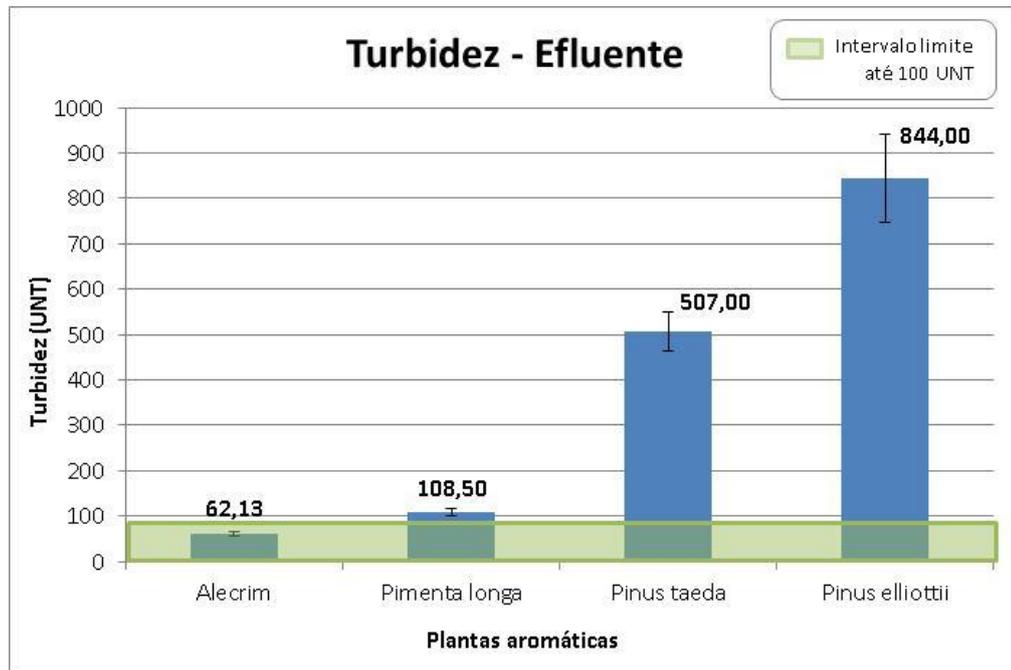


Figura 5.17: Turbidez do efluente das plantas aromáticas.

Analisando os resultados apresentados na figura 5.17, o efluente do processo de extração do óleo essencial da planta alecrim está dentro do limite estabelecido na legislação para qualidade de águas classe 3. O mesmo não é observado para a pimenta longa, e também para as duas espécies de pinus, pois os valores obtidos estão muito acima do estabelecido na legislação para qualidade de água classe 3.

É importante ressaltar que a turbidez de uma amostra é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido a presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas e detritos orgânicos. Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (SAWYER et al., 1994).

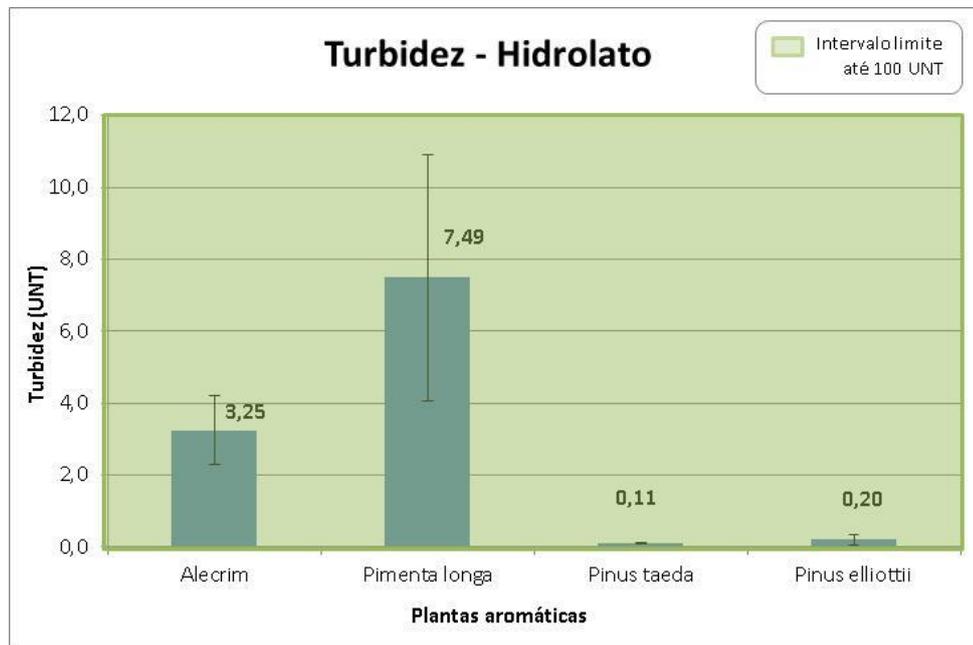


Figura 5.18: Turbidez do hidrolato das plantas aromáticas.

Os resultados para a análise de turbidez dos hidrolatos mostram que os maiores valores são para os hidrolatos gerados no processamento do alecrim e da pimenta longa, porém os valores estão muito abaixo do permitido pela legislação para qualidade de águas classe 2. Sendo assim, para o parâmetro turbidez o hidrolato de todas as espécies em estudo pode ser lançado no corpo hídrico receptor.

5.3.2.2 Oxigênio dissolvido

Em relação ao parâmetro oxigênio dissolvido, a legislação ambiental federal que classifica os corpos de água define para classes 2 e 3 os valores limite inferior de $5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ e $4 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$, respectivamente. Os parâmetros medidos nas amostras dos efluentes e dos hidrolatos são apresentados nas figuras 5.19 e 5.20, respectivamente.

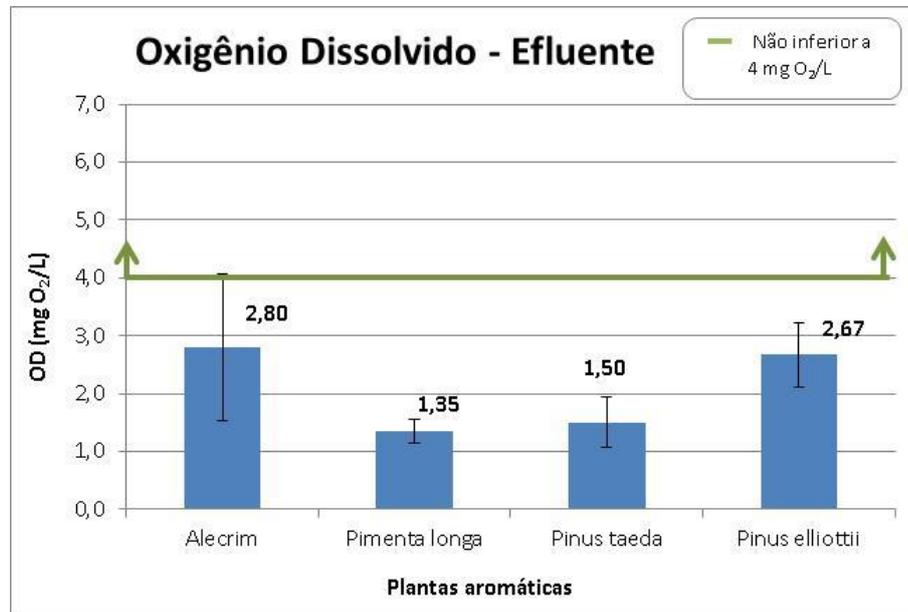


Figura 5.19: Oxigênio Dissolvido do efluente das plantas aromáticas.

Analisando os resultados apresentados na figura 5.19, nenhum dos efluentes atende o limite estabelecido pela legislação para qualidade de águas classe 3.

É importante definir que o oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido a diferença de pressão parcial. Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e em estações de tratamento de esgotos. Através da medição da concentração de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural em manter a vida aquática (SAWYER et al., 1994).

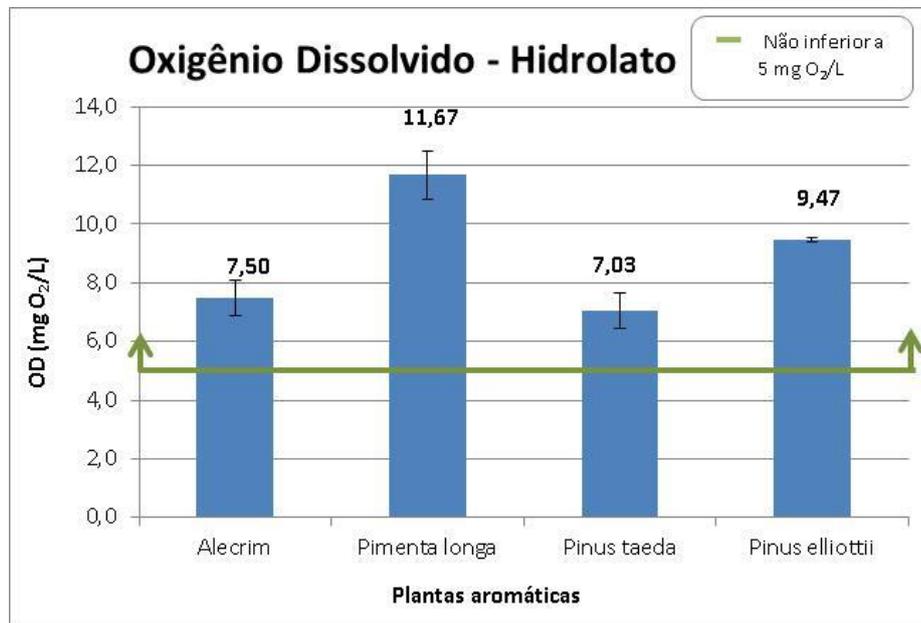


Figura 5.20: Oxigênio Dissolvido do hidrolato das plantas aromáticas.

Analisando os resultados apresentados na figura 5.20, observa-se que os hidrolatos atendem o limite estabelecido na legislação para qualidade de águas classe 2. Sendo assim, para o parâmetro oxigênio dissolvido, o hidrolato de todas as espécies em estudo pode ser lançado no corpo hídrico receptor.

5.3.2.3 Sólidos Dissolvidos

Em relação ao parâmetro sólidos dissolvidos, a legislação ambiental federal que classifica os corpos de água define que o mesmo valor limite para as classes 2 e 3, 500 mg.L⁻¹. Os valores dos parâmetros medidos para as amostras dos efluentes e dos hidrolatos são apresentados nas figuras 5.21 e 5.22, respectivamente.

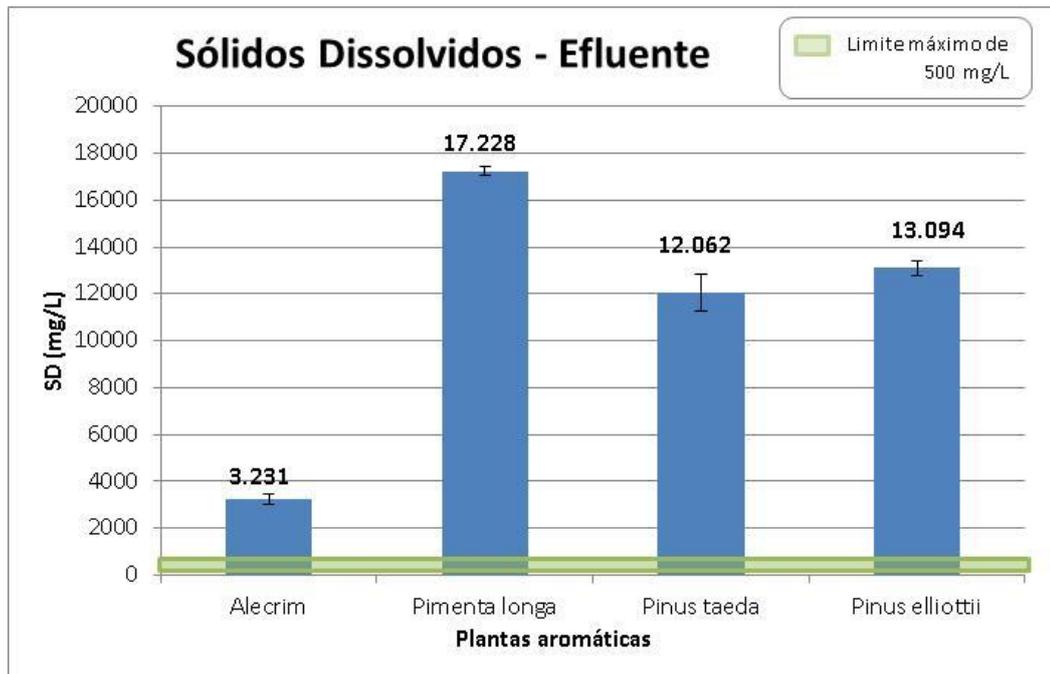


Figura 5.21: Sólidos Dissolvidos do efluente das plantas aromáticas.

Os resultados apresentados na figura 5.21 indicam que nenhum dos resultados atende o limite estabelecido na legislação para qualidade de águas classe 2 e 3.

É importante definir que sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Para o recurso hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas (SAWYER et al., 1994).

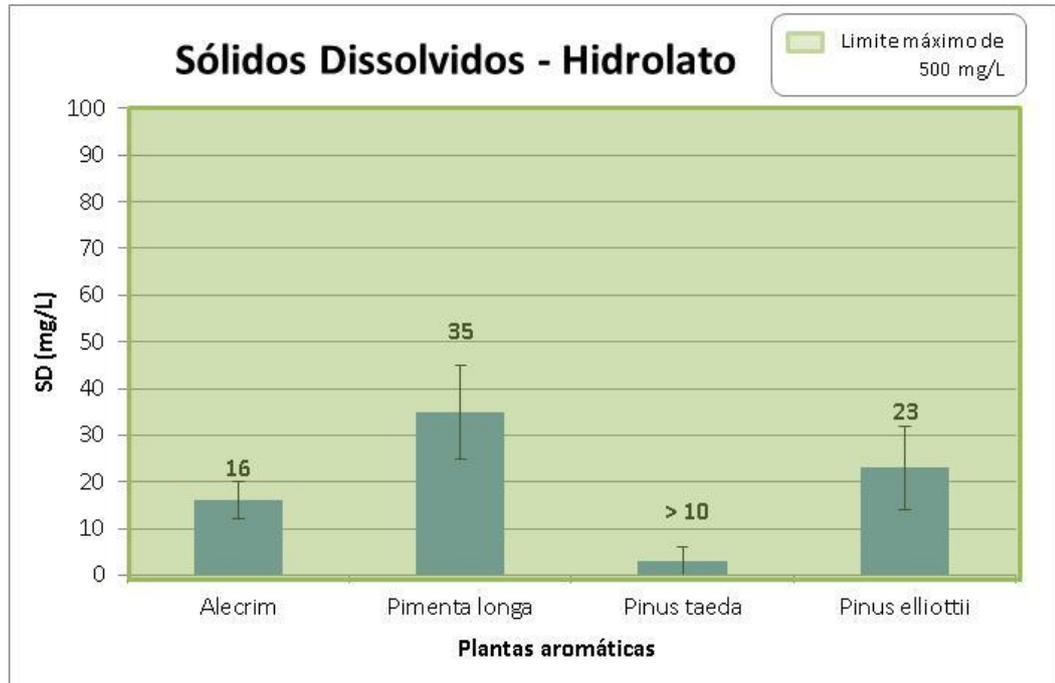


Figura 5.22: Sólidos Dissolvidos do hidrolato das plantas aromáticas.

Para os hidrolatos, os resultados da concentração de sólidos dissolvidos, ao contrário do que ocorre nos efluentes, atendem o limite estabelecido na legislação para qualidade de águas classe 2. A espécie pinus taeda não pode ser detectada em virtude de o resultado analítico ter apresentado valor menor que a sensibilidade do método de medição deste parâmetro, neste caso o valor do parâmetro precisa ser superior a 10 mg.L^{-1} (ABNT NBR 10664, 1989). Sendo assim, para o parâmetro sólido dissolvido o hidrolato de todas as espécies em estudo pode ser lançado no corpo hídrico receptor.

5.3.2.4 Sólidos totais

Em relação ao parâmetro sólido total, este não está estabelecido na legislação ambiental federal. Mesmo assim, os parâmetros medidos nas amostras dos efluentes e dos hidrolatos são apresentados nas figuras 5.23 e 5.24, respectivamente.

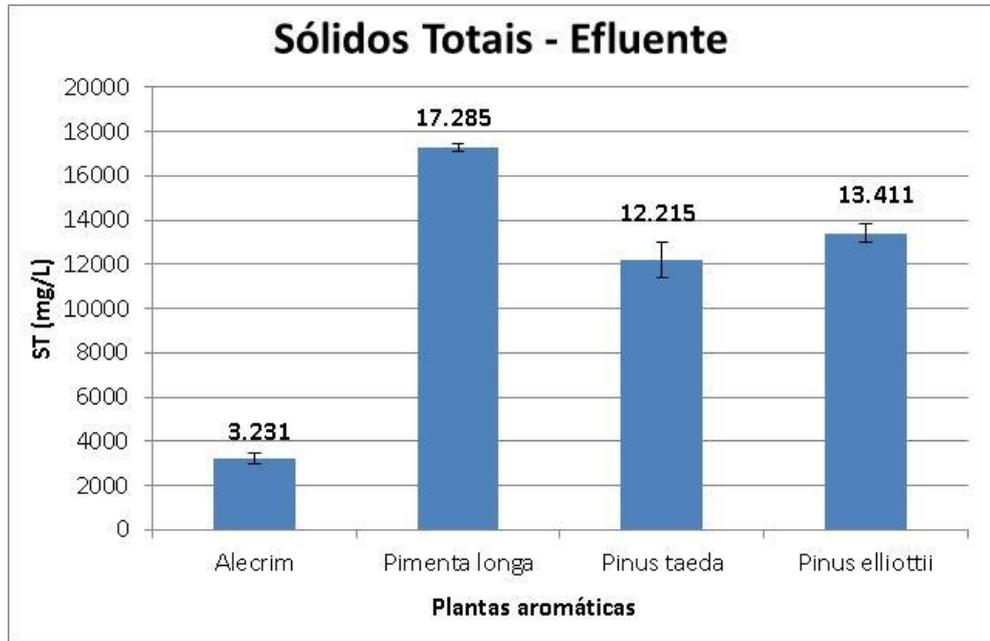


Figura 5.23: Sólidos totais do efluente das plantas aromáticas.

Os resultados encontrados para os efluentes e hidrolatos permitem confirmar o que as outras análises relacionadas aos sólidos já apresentaram, isto é, que no hidrolato a concentração é baixa, e ao contrário com o que ocorre com o efluente. Justifica-se este fato, porque os sólidos dissolvidos no processo de arraste não volatilizam e permanecem no vaso extrator.

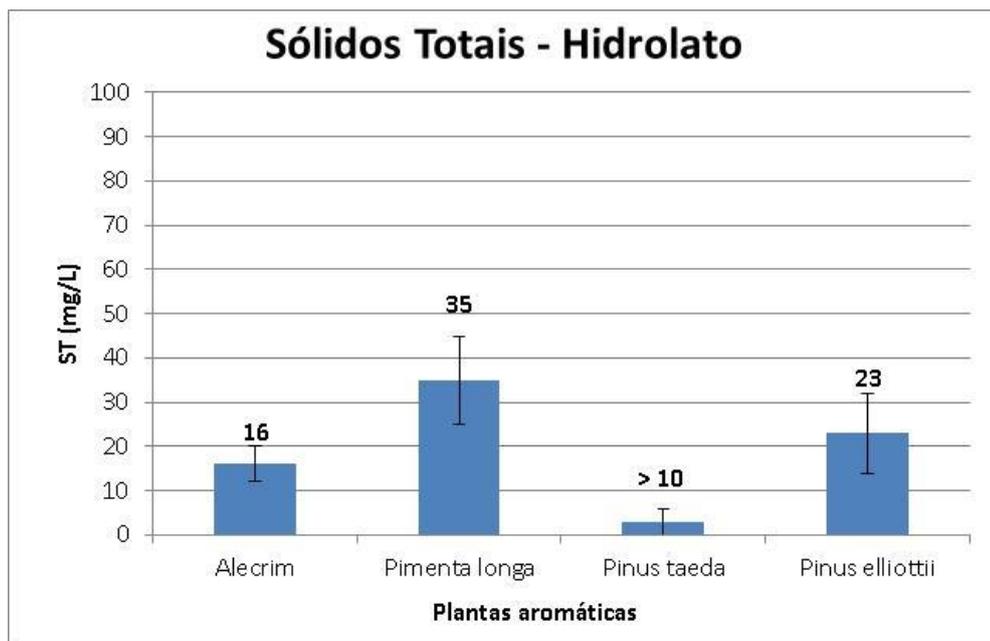


Figura 5.24: Sólidos totais do hidrolato das plantas aromáticas.

Para os hidrolatos, os resultados da concentração de sólidos totais atendem o limite estabelecido na legislação para qualidade de águas classe 2. A espécie pinus taeda não pode ser detectada em virtude de o resultado analítico ter apresentado valor menor que a sensibilidade do método de medição deste parâmetro, neste caso o valor do parâmetro precisa ser superior a 10 mg.L^{-1} (ABNT NBR 10664, 1989). Sendo assim, para o parâmetro sólido total o hidrolato de todas as espécies em estudo pode ser lançado no corpo hídrico receptor.

5.3.2.5 Condutividade elétrica

A definição por determinar o parâmetro condutividade elétrica dos efluentes, mesmo que o parâmetro em questão não esteja estabelecido na legislação ambiental federal, é justificada pelo fato que se pretende avaliar se o processo de extração de óleos essenciais remove ou não compostos da matéria prima que elevam a condutividade elétrica do solo, quando da deposição dos resíduos sólidos. Os parâmetros medidos nas amostras dos efluentes e dos hidrolatos são apresentados nas figuras 5.25 e 5.26, respectivamente.

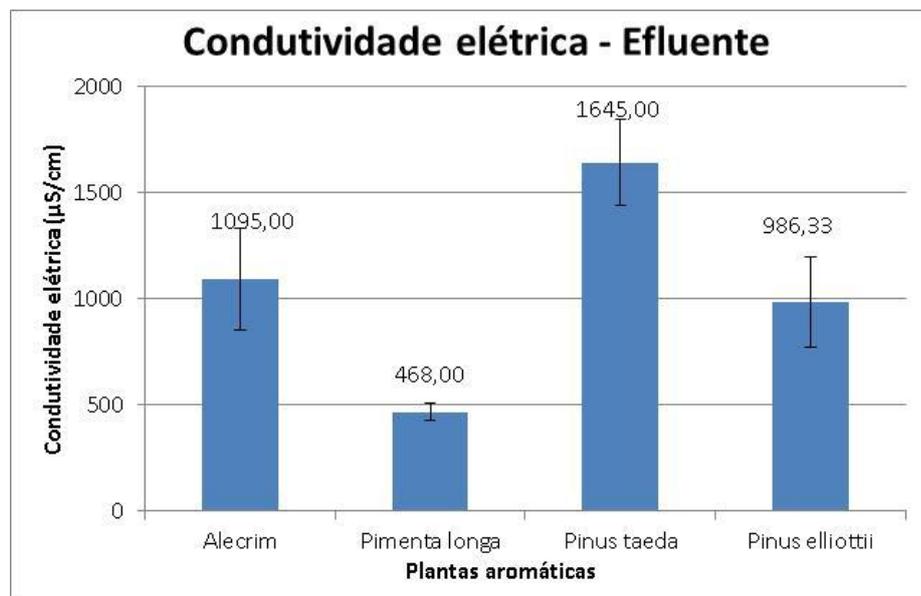


Figura 5.25: Condutividade elétrica do efluente das plantas aromáticas.

De acordo com os resultados apresentados na figura acima das análises deste parâmetro, todos estão significativamente elevados. Segundo estudos

realizados por Brandão e Lima (2002), já apresentado neste trabalho no subcapítulo 5.2, o qual corrobora com sua pesquisa apresentando os valores elevados da condutividade elétrica em solução do solo em áreas de plantio de pinus. Visto que após lavagem das plantas com água da chuva são removidos os compostos que potencializam a condutividade elétrica, conseqüentemente reforça a questão já discutida, que é a deposição dos resíduos sólidos no solo após o processo de extração.

Sendo a condutividade a capacidade de um fluido conduzir a corrente elétrica e ter uma relação direta com a quantidade de sais existentes, esta medida representa de forma indireta a concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (SAWYER et al., 1994).

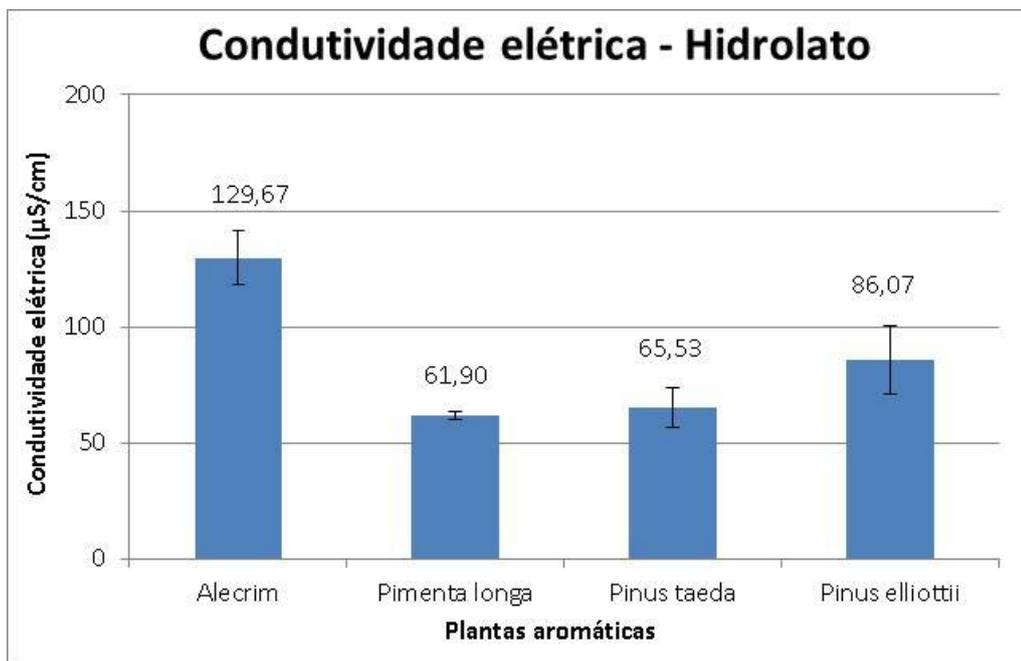


Figura 5.26: Condutividade elétrica do hidrolato das plantas aromáticas.

Comparando as figuras 5.25 e 5.26, assim como indicando que os efluentes têm valores muito elevados de condutividade, enquanto que os hidrolatos, com exceção ao alecrim apresentam valores abaixo do limite de $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, corroborando com outros resultados que indicam a baixa concentração de sólidos. É uma forma de relacionar os resultados das análises, não somente em termos de

comparação com os limites definidos na literatura como em relação aos resultados obtidos.

5.3.2.6 Nitrato

Em relação ao parâmetro nitrato, a legislação ambiental federal que classifica os corpos de água define o valor limite $10 \text{ mg NO}_3\text{.L}^{-1}$ para as classes 2 e 3. Os resultados experimentais para o parâmetro nitrato das amostras dos efluentes são apresentados na figura 5.27.

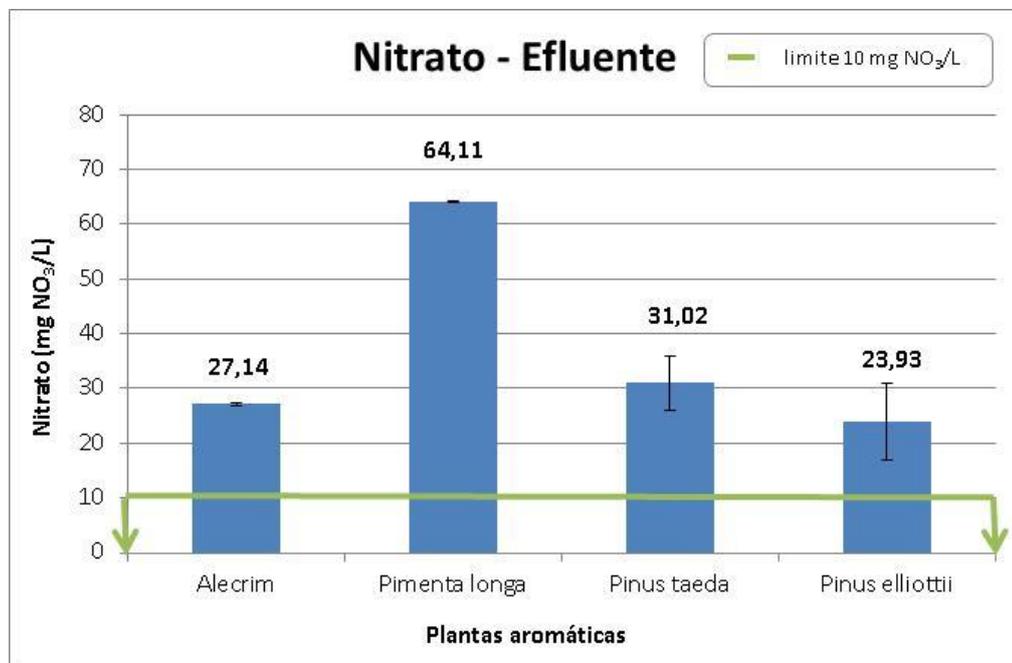


Figura 5.27: Nitrato do efluente das plantas aromáticas.

Para os efluentes dos processos de extração de óleos essenciais, nenhum deles atende o limite estabelecido na legislação para qualidade de águas classe 3, como se pode observar na figura 5.27.

É importante registrar que as fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas, como por exemplo, nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença destas formas de nitrogênio. Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para as crianças (o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando-o sangue azul),

por isso o nitrato se tornou um padrão de potabilidade. A sua formação ocorre a partir do nitrogênio amoniacal que se que é oxidado a nitrito pelas bactérias Nitrossomonas, e depois a nitrato pelas bactérias Nitrobacter, e este processo recebe o nome de nitrificação (SAWYER et al., 1994).

Como os compostos nitrogenados presentes nas plantas são pouco voláteis, as concentrações de nitrato nos hidrolatos são baixas, isso se confirmou em virtude de os resultados analíticos terem apresentado valores menores que a sensibilidade do método de medição deste parâmetro, neste caso o valor do parâmetro precisa ser superior a $0,001 \text{ mg NO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ (APHA, 1998). Conseqüentemente, todos os parâmetros dos hidrolatos gerados atendem à legislação para águas classe 2.

5.3.2.7 Nitrito

Seguindo o mesmo procedimento adotado para o parâmetro nitrato, o limite de nitrito de até $1,0 \text{ mg NO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ é válido para as duas classes, classes 2 e 3. O parâmetro nitrito apresentou resultados analíticos para os efluentes e hidrolatos, valores menores que a sensibilidade do método de medição deste parâmetro, neste caso o valor do parâmetro precisa ser superior a $0,001 \text{ mg NO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ (ABNT NBR 12619, 1992).

Entre as análises físico-químicas já apresentadas, através de todas as caracterizações dos padrões ambientais, também foi realizada uma análise da composição química do hidrolato, com o intuito de obter informações mais específicas a respeito deste efluente.

5.3.3. Identificação da composição química do hidrolato

A identificação da composição química do hidrolato tem como objetivo avaliar os compostos do óleo essencial responsáveis pela carga orgânica deste efluente, assim como obter subsídios para possíveis utilizações deste efluente específico. Para esta identificação foram realizadas as por cromatografia a gás acoplada a um detector de espectrometria de massas (CG-MS).

A composição química do hidrolato gerado no processo de extração do óleo essencial é apresentada na tabela 5.5. Observa-se que os compostos identificados e quantificados no hidrolato correspondem aos encontrados no óleo essencial de alecrim (STEFFENS, 2010). Especificamente para o composto verbenona, 64,66%, a elevada concentração é fruto da alta solubilidade do mesmo em água, quando comparada aos demais compostos majoritários do óleo essencial.

Tabela 5.5: Composição os compostos do hidrolato gerado a partir do óleo alecrim.

Composto^a	IR^b	% Área^c
1,8-Cineol	1028	15,07
Cânfora	1141	4,22
Borneol	1162	5,83
α- Terpineol	1188	4,81
Verbenona	1206	64,66
Geraniol	1254	5,41
Total Identificado		100,00

^a = compostos identificados pela comparação de seus espectros de massa e índices de retenção com a biblioteca Adams (2007).

^bIR = índice de retenção calculado em relação a uma série de alcanos.

^c% Área = área percentual de cada pico em relação à área total do cromatograma

Segundo Cremasco e Braga (2012), o composto majoritário do óleo essencial de pimenta longa é o safrol. Este fato se repete no hidrolato, como se pode observar na tabela 5.6.

Tabela 5.6: Composição os compostos do hidrolato gerado a partir do óleo da pimenta longa.

Composto^a	IR^b	% Área^c
Safrol	1285	100
Total Identificado		100

^a = compostos identificados pela comparação de seus espectros de massa e índices de retenção com a biblioteca Adams (2007).

^bIR = índice de retenção calculado em relação a uma série de alcanos.

^c% Área = área percentual de cada pico em relação à área total do cromatograma.

Comportamento semelhante ao encontrado para o hidrolato da pimenta longa, o composto majoritário do óleo essencial (SEFSTROM et al., 2012), α -terpineol, também é encontrado no hidrolato, como se observa na tabela 5.7. A identificação de somente um componente no hidrolato está diretamente relacionada com a solubilidade deste composto em água. Quanto aos demais compostos do óleo essencial, estes não foram detectados.

Tabela 5.7: Composição os compostos do hidrolato gerado a partir do óleo do pinus taeda.

Composto^a	IR^b	% Área^c
α-Terpineol	1188	100
Total Identificado		100

^a = compostos identificados pela comparação de seus espectros de massa e índices de retenção com a biblioteca Adams (2007).

^bIR = índice de retenção calculado em relação a uma série de alcanos.

^c% Área = área percentual de cada pico em relação à área total do cromatograma.

A composição química do hidrolato gerado pelo processo de extração do óleo essencial da planta da pinus elliottii é apresentada na tabela 5.8. A solubilidade do composto majoritário em água e a quantidade deste presente no óleo essencial (TOMAZONI et al., 2014) também são responsáveis pela identificação de somente α -terpineol no hidrolato.

Tabela 5.8: Composição os compostos do hidrolato gerado a partir do óleo do pinus elliottii.

Composto^a	IR^b	% Área^c
α-Terpineol	1188	100
Total Identificado		100

^a = compostos identificados pela comparação de seus espectros de massa e índices de retenção com a biblioteca Adams (2007).

^bIR = índice de retenção calculado em relação a uma série de alcanos.

^c% Área = área percentual de cada pico em relação à área total do cromatograma

5.4. Considerações finais

Ao longo do trabalho os experimentos de extração por arraste a vapor de óleos essenciais das plantas aromáticas alecrim, pimenta longa, pinus taeda e pinus

elliottii, foram identificados e quantificados, tanto os produtos: óleos essenciais, quanto os resíduos: resíduos sólidos e efluentes. A cada planta aromática estudada foi possível conhecer as diferenças e semelhanças utilizando a mesma metodologia, desde as quantidades de matérias primas, até mesmo a geração de óleos essenciais e resíduos obtidos no processo.

Os resíduos gerados a partir da extração por arraste a vapor de cada planta aromática em estudo foram os mesmos: resíduos sólidos e efluentes. Os resíduos sólidos são obtidos no final do processo, pois se localizam dentro do vaso de extração. Os resíduos sólidos sofrem um processo de lixiviação agressiva, em virtude do processo de extração por arraste a vapor, acabam assim, como resíduos com potencial menos impactante quando a aplicação for feita diretamente no solo. Mas, de acordo com os estudos apresentados ao longo do trabalho, existem aplicações mais nobres e sustentáveis para este tipo de resíduo, como por exemplo, utilizá-lo como bioabsorventes de metais pesados de processos industriais, entre outras.

As análises físico-químicas foram necessárias para que os padrões ambientais pudessem ser definidos respectivamente para cada efluente gerado no processo, para posterior consulta na legislação vigente sobre o assunto. A partir de então, consegue-se afirmar se o efluente e hidrolato estão ou não, de acordo em níveis aceitáveis com os estabelecidos pelos poderes públicos, seja municipal, estadual ou federal.

Após avaliação de todos os parâmetros ambientais analisados, pode-se afirmar que o processo de extração por arraste a vapor de plantas aromáticas apresenta potencial significativamente impactante ao meio ambiente se for lançado *in natura*. Por isso, confirma-se a necessidade de pesquisas neste segmento para que possam propor tratamento da fração orgânica ou mesmo novas aplicações, desde reaproveitamento dos resíduos gerados até mesmo suas reutilizações, sejam no mesmo processo ou em aplicações mais nobres.

Sobre a deposição do resíduo sólido após a etapa de extração, principalmente para as espécies de pinus taeda e pinus elliottii apresentam potencial

menos impactante ao meio ambiente do que sua deposição *in natura*, pois se observam elevados valores de condutividade elétrica, assim como valores baixos para o parâmetro pH dos efluentes, fruto da lixiviação da matéria prima pelo vapor de água.

Em relação aos efluentes, os resultados das análises permitem concluir que o fator de elevado potencial impactante é a matéria orgânica. Como o volume de efluente não é significativo e ao processo de extração está associado o cultivo das plantas, os resultados direcionam o uso dos efluentes para irrigação, com estudos prévios para que a atividade tenha liberação do órgão ambiental, em vez de deposição deles em corpos de águas superficiais.

Em relação aos hidrolatos, observou-se que os compostos orgânicos identificados nos mesmos são componentes dos óleos essenciais que são solúveis em água. Sendo assim, a orientação para este tipo de efluente é sua utilização como aromatizante, agente antimicrobiano, agente inseticida e outros, cujo valor comercial é mais elevado do que seu emprego na irrigação como fonte de matéria orgânica.

O trabalho apresentado é o primeiro estudo sobre o tema, segundo literatura pesquisada. Este fato corrobora com a necessidade de dar continuidade aos estudos, principalmente em definição sobre o emprego dos resíduos, tanto sólidos como efluentes, visto que não podem ser depositados em corpos d'água superficiais devido a sua geração apresentar potencial impacto ao meio ambiente.

6. CONCLUSÃO

O processo de extração por arraste a vapor de óleo essencial de plantas aromáticas, através do estudo da geração de seus resíduos, permitiu um avanço no conhecimento sobre processos aplicados a produtos naturais.

Visto que tanto os efluentes como os hidrolatos gerados pelo processo de arraste a vapor dos óleos essenciais das plantas alecrim, pimenta longa, pinus. taeda e pinus elliottii apresentam potencial impactante, desmistificando o fato que os resíduos de processos aplicados a produtos naturais não impacta o meio ambiente. O fato dos efluentes terem potencial impactante exige que se busque alternativas para seu uso, visto que não é indicado a lançamento em corpos d'água superficiais.

De acordo com as análises físico-químicas, os resultados para os parâmetros ambientais entre os mais impactantes são os que avaliam em geral a carga orgânica presente nos efluentes (DQO, DBO e COT). Os resultados para o parâmetro DQO estão na faixa de 10.000 a 21.000 mg O₂.L⁻¹, enquanto na legislação vigente este valor tem como limite 400 mg O₂.L⁻¹ para uma vazão de 20 m³.d⁻¹. O parâmetro DBO apresenta como limite na legislação 180 mg O₂.L⁻¹ para a mesma vazão mínima, enquanto os resultados encontrados em laboratório chegam a 4.500 mg O₂.L⁻¹, como exemplo para as espécies de pinus. Corroborando com os valores encontrados para estes dois parâmetros, o estudo também analisou o COT, também é um parâmetro que avalia a carga orgânica existente, obtendo valores elevados para os efluentes das 04 espécies em estudo, na ordem de 700 a 2100 mg C.L⁻¹.

Outros parâmetros, também importantes: nitrogênio amoniacal e nitrato, os quais apresentaram resultados muito acima dos limites na legislação vigente para os efluentes das 04 espécies de plantas aromáticas estudadas. O nitrogênio amoniacal que tem como limite o valor de 20 mg Nam.L⁻¹, chegou próximo a 600 mg Nam.L⁻¹

para as espécies de pinus. E o nitrato tem o limite na legislação para qualidade de corpos d'água de $10 \text{ mg NO}_3\cdot\text{L}^{-1}$, chegou a $64 \text{ mg NO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ para pimenta longa.

Os demais parâmetros analisados como oxigênio dissolvido, pH e sólidos dissolvidos do efluente das 04 plantas aromáticas estudadas, também apresentaram valores muito acima do limite estabelecido na legislação ambiental vigente.

7. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Como propostas de trabalhos futuros, temos a seguir:

- Estudar novas aplicações para os resíduos sólidos gerados no processo de extração por arraste a vapor das plantas aromáticas em estudo para utilização como biosorventes de metais pesados.
- Estudar o impacto nas propriedades do solo, fruto da adição direta tanto dos resíduos sólidos, quanto dos efluentes.
- Estudar novas aplicações para o hidrolato gerado a partir de cada uma das plantas utilizados no estudo, a partir do conhecimento da sua composição química apresentada neste trabalho.
- Estudar aplicações para o efluente das plantas aromáticas em estudo.
- Estudar alternativas para os sólidos totais gerados no processo de extração por arraste a vapor encontrados no efluente.
- Utilizar a metodologia aplicada para escala piloto em uma unidade industrial.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R.P. *Identification of essential oil components by gás chromatography / mass spectrometry*. 4^o ed. Illinois: Allure. 2007. 804p.

AFONSO, M.S; SANT'ANA, L.S.; PINTO, J.P.A.N.; XIMENES, B. Atividade antioxidante e antimicrobiana do alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em filés de tilápia (*Oreochromis ssp*) salgados secos durante o armazenamento congelado. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 12-17, 2008.

ALMEIDA, F. **Desenvolvimento Sustentável, 2012-2050**: visão, rumos e contradições. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 255 p.

ALMEIDA, M. C. **Banco de sementes e simulação de clareiras na germinação de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. D. C.)**. 1999. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 1999.

ALONSO JUNIOR, R. **Tratado de fitomedicina**: bases clínicas y farmacológicas. Buenos Aires: Isis Ediciones. SRL, 1998. 1039 p.

APHA / AWWA / WEF: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20th. Ed., USA, APHA, 1998.

APHA: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22th. Ed., USA, APHA, 2012. 5210B.

APHA: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22th. Ed., USA, APHA, 2012. 5310C.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004: resíduos sólidos - classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 10223: Determinação de Condutividade Elétrica - Método da cela de condutividade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

_____. **NBR 10357: Determinação de Demanda Química de Oxigênio - DQO - Método de refluxo**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

_____. **NBR 10559: Determinação de Oxigênio dissolvido - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

_____. **NBR 10560: Determinação de Nitrogênio amoniacal - Método por Nesslerização**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

_____. **NBR 10664: Determinação de Sólidos totais, Sólidos suspensos e Sólidos dissolvidos- Método de gravimetria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 11265: Determinação de Turbidez - Método nefelométrico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

_____. **NBR 13798: Determinação de Cor - Método da comparação visual**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 12619: Determinação de Nitrito - Método de Sulfailamida**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 14339: Determinação de pH - Método eletrométrico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

AUER, C.G., JUNIOR, A.G., SANTOS, A.F. **Cultivo do Pinus**. Sistemas de Produção nº 5, novembro de 2005, versão eletrônica. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus>>. Acesso em: 19 ago. 2014.

BAKER, J. B.; LANGDON, O. G. ***Pinus taeda* L. – Loblolly pine**. In: BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. (Eds.) *Silvics of North America*. Washington: USDA Forest Service. V.1. p.497-512, 1990.

BANDONI, A. L. **Os recursos vegetais aromáticos no Brasil: seu aproveitamento industrial para a produção de aromas e sabores**. Vitória: EDUFES, 2008.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2011. 376p.

BARROSO, G. M.; GUIMARÃES, E. F.; ICHASO, C. L. F.; COSTA, C. G.; PEIXOTO, A. L. **Sistemática das angiospermas do Brasil**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 307 p.

BARROSO, M. S. T. **Estudo sobre processos de obtenção de extratos de *Achyrocline satureioides* (LAM) DC. e sua potencialidade na perfumaria**. 2011. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BIASI, L. A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas: do cultivo a produção de óleo essencial**. 1.ed. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 2009.

BIOLOGIA. Morfologia de plantas vasculares. [(C2013)]. Disponível em: <<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema14/index14.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

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

BRAGA, B.. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2^a.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRANDÃO, S. L; LIMA, S. C. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em Uberlândia (MG). **Caminhos de geografia (On-line)**, v. 3, n. 6, p. 46-56, 2002. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15294>>. Acesso em: 20 fevereiro 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm> Acesso em: 20 ago. 2014.

_____. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em 20 ago. 2014.

BRUNETON, J. **Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1991.

CARVALHO Jr, R.N. **Obtenção de extrato de alecrim (Rosmarinus officinalis) por extração supercrítica: determinação do rendimento global, de parâmetros cinéticos e de equilíbrio e outras variáveis do processo**. Campinas, 151p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2004.

CASSEL, E.; Vargas, R. M. F. *Experiments and Modeling of the Cymbopogon winterianus Essential Oil Extraction by Steam Distillation*, **J. Mex. Chem. Soc**, 55, p. 57-60, 2006.

CASSEL, E. ; VARGAS, R. M. F. **Proceso industrial de destilación por arrastre a vapor de aceite esencial de romero**. Revista de investigacion, v. 01, p. 11-18, 2008.

CASSEL, E ; VARGAS, R ; MARTINEZ, N ; LORENZO, D ; DELLACASSA, E . **Steam distillation modeling for essential oil extraction process**. Industrial Crops and Products, v. 29, p. 171-176, 2009.

CASTRO, N.E.A.; CARVALHO, M.G. ; PIMENTEL, F.A. ; CORREA, R.M. ; GUIMARÃES, L.G.L. **Avaliação de rendimento e dos constituintes químicos do óleo essencial de folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. colhidas em diferentes épocas do ano em municípios de Minas Gerais**. Rev. Bras. Pl. Méd., v. 10, n. 1, p. 70-75. 2008.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - CONSEMA. **Resolução n.º 128 de 24 de novembro de 2006**. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <www.sema.rs.gov.br>. Acesso em: 20 ago. 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, **Resolução n.º 01 de 23 de janeiro de 1986**. Elabora o Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Diário Oficial da União. Brasília. 1986.

_____. **Resolução n.º 357 de 18 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.

_____. **Resolução n.º 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de Água e Padrões de Lançamento de Efluentes, complementa e altera a Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União. Brasília. 2011.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. 2ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 162 p.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1984. v. 3, p. 267-269.

COSTA, A. F. **Farmacognosia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, v. 1, p. 1031, 1994.

COSTABEBER, J. A.; MOYANO, E. **Transição agroecológica e ação social coletiva. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**; Porto Alegre: v. 1, n. 4, p. 50-60, out./dez. 2000.

CREMASCO, M. A.; BRAGA, N. P. **Síntese do piperonal a partir de pimenta longa (*Piper hispidinervium* C. CD.)**; Acta Amazonica. V. 42, n. 2, p. 275-278. 2012.

EMBRAPA. **Centro de Informação de Pimenta longa**. As espécies de pimenta longa. [(C2000)]. Disponível em: <https://www22.sede.embrapa.br/pimentalonga.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

FARIA, L. R. D. **Validação farmacológica do óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* L. (alecrim)**: atividade antiinflamatória e analgésica. Alfenas, 49p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Unifenas, 2005.

FLORESTAL RIO VERDE. ***Pinus taeda***. 2013 Disponível em: <http://www.florestalrioverde.com.br/index.php?route=product/product&path=20_26&product_id=125>. Acesso em: 20 ago. 2014.

GIRARD, J. E. **Princípios de Química Ambiental**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 415 p.

HOCKER JR., H.W. *Certain aspects of climate as related to the distribution of loblolly pine*. **Ecology**, Durhan, 37(4): 824-34, 1956.

HUET, R. *Les huiles essentielles d'agrumes*. **Fruits**, v. 46, n. 4, p. 501-513, 1991.

INSTITUTO ALMA CONSCIENTE. **Rosmarinus officinalis**. 2013. Disponível em: <<https://institutoalmaconsciente.wordpress.com/tag/rosmarinus-officinalis/>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14001:2004** – *Environmental management systems – Requirements with guidance for use*. Genebra, 2004. 23p.

IPEF - **O *Pinus elliottii*, a goma resina e seus derivados**. Piracicaba: ESALQ - USP, 11 e 12 de maio de 1978.

JARDIM, W. F., CANELA, M. C. **Fundamentos da oxidação química no tratamento de efluentes e remediação de solos**. Caderno temático, UNICAMP, Campinas, v. 1, 2004. 10p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. *Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas Cultivadas no Brasil*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estados da Flora Ltda, 2002. 216 p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. **Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas Cultivadas**. 1. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 512 p.

LUCAS, A. M. **Estudo comparativos de extratos voláteis de eucalipto geneticamente modificados e não geneticamente modificados**. 2011. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MAIA, C. M. B. F. Uso de casca de *Pinus* e lodo biológico como substrato para produção de mudas de *Pinus taeda*. **Boletim de pesquisa florestal**, Colombo, n. 39, p. 81-92, jul./dez. 1999.

MALINOVSKI, R. H., MALINOVSKI J. R., **Colheita. Revista da Madeira** nº 68, ano 12, dezembro de 2002. Disponível em: <http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edicao=68&id=262>. Acesso em: 19 ago. 2014.

MAY, A. SUGUINO, E., MARTINS, A.N., BARATA, L.E.S., PINHEIRO, M.Q. Produção de biomassa e óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em função da altura e intervalo entre cortes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.12, n.2, p.195-200, 2010.

MIHELIC, J.R., ZIMMERMAN, J.B. **Engenharia Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidade e Projeto**. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 617 p.

MOREIRA, I. V. D. **Vocabulário básico de meio ambiente**. Rio de Janeiro: Feema/Petrobrás, 1992.

NASCIMENTO, P. F. C.; NASCIMENTO, A. C.; RODRIGUES, C. S.; ANTONIOLLI, A. A.; SANTOS, P. O.; BARBOSA JUNIOR, A. M.; TRINDADE, R. C. **Antimicrobial activity of the essentials oils: a multifactor approach of the methods**. Rev. Bras. Farmacogn., João Pessoa, v. 17, n. 1, p. 108-113, 2007.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. **Biodiversidade, aspectos biológicos, geográficos, legais e éticos**. In: SIMÕES, C. M. O. et al. Farmacognosia. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

NUNES, J. D.; TORRES, G. A.; DAVIDE, L. S.; SALGADO C. C. **Citogenética de *Piper hispidinervum* e *Piper aduncum***. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n.7, p.1049-1052, jul. 2007.

ÓLEOS ESSENCIAIS. **Pimenta longa**. 2013. Disponível em: <<https://www.oleoessenciais.org/oleo-essencial-de-pimenta-longa>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

PARMAR, V. S.; JAIN, S. C.; BISHT, K.S. JAIN, R. TANEJA, P.; JHA, A. TYAGI, O. M.; PRASAD, A. K. WENGEL, J.; OLSEN, C. E. BOLL, P. M. *Phytochemistry of genus Piper*. **Phytochemistry**, v. 46, n. 4, p. 597-673, Oct. 1997.

PESCADOR, R.; ARAÚJO, P. S.; MAAS, C. H.; REBELO, R. A.; GIOTTO, C. R.; WENDHAUSEN JÚNIOR, R.; LARGURA, G.; TAVARES, L. B. B. **Biotecnologia da *Piper hispidinervium* (Pimenta longa)**. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, Brasília, v. 15, p. 18-23, jul./ago. 2000.

PORTO, A.; GODOY, R. L. O. Alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.): Propriedades antimicrobianas e químicas do óleo essencial. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 193-210, 2001.

ROCHA, J.; CHERIAF, M. **Aproveitamento de Resíduos na Construção**. Coletânea Habitare, vol. 4. Utilização de Resíduos na Construção Habitacional. cap. 3. p. 72-93. 2003.

ROSSI, T. **Estudo do potencial de uso do resíduo efluente gerado da destilação do óleo de folhas de eucalipto (*Corymbia citriodora* (Hook) Pryor e Johnson 1976), como corante natural para o tingimento têxtil de algodão**. 2009. 106 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

SALVARO, L. M. S. **Reguladores vegetais e poliaminas na organogênese in vitro de *Piper hispidinervium* Candolle de Candolle**: análises biométricas e bioquímicas. 2009. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Departamento de Botânica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, A.; LEITE, I. **Curso de Plantas Medicinais, Aromáticas e condimentares**. Associação de Agricultores do Concelho de Arouca. Portugal, 2006.

SANTOS, F. A. **Uso das escamas da pinha da *Araucaria angustifolia* para biosorção de metais pesados de efluente industrial de galvanoplastia**. 2007. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SANTOS, F. A. **Desempenho e conformidade de biossorventes produzidos a partir de resíduos florestais e sua aplicação no tratamento de cromo de efluente industrial de galvanoplastia**. 2013. 241f. Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; CHINI, N.; MARTIN, T. N.; MARCHESE, J. A.; SOARES, A. B. **Alelopatia de acículas de *Pinus taeda* na germinação e no desenvolvimento de plântulas de *Avena strigosa***. Cienc. Rural: Santa Maria, v.39, n.6. 2009.

SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for environmental engineering**. 4^a ed. New York: McGraw-Hill, Inc. 1994. 658 p.

SEFSTROM, C; FERRARI, F; COGO, P.M. Obtenção e análise do óleo essencial obtido via hidrodestilação de folhas e galhos de *Pinus taeda*. **SICITE - Seminário de Iniciação Científica e Tecnologia da UTFPR**. Disponível em: <Site: <http://conferencias.utfpr.edu.br/ocs/index.php/sicite/2012/paper/viewFile/611/187>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

SERAFINI, L.A., BARROS, N.M., AZEVEDO, J.L., **Biotechnologia na agricultura e na agroindústria**. Livraria e editora Agropecuária, 2001, Guaíba, RS.

SHIMIZU, J. Y. Seleção Fenotípica de *Pinus elliottii* Engelm. Var. *elliottii* no viveiro e seus efeitos no crescimento. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.1, p.19-27, dez. 1980. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/internet/boletim01/jshimizy2.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2014.

SHWADE, G. M.; COUSSEAU, A.; NIERI, E. M.; HRECAJ, L.; KLIMA, L. **Efeito alelopático de acículas de *Pinus elliottii* Engelm. sobre a germinação de *Avena strigosa* Schreb.** Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Ciências Agrárias, Animais e Florestais, 2010.

SIANI, A. C. Óleos essenciais. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 2, p. 38-43. Brasil, 2000.

SILVA, A. C. P. R.; OLIVEIRA, M. N. **Caracterização botânica e química de três espécies do gênero *Piper* no Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa, 2000. 13 p. (Boletim de Pesquisa, 23).

SILVA, E. M.; MACHADO, S. R. Estrutura e desenvolvimento dos tricomas secretores em folhas de *Piper regnellii* (Piperaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 117-124, ago. 1999.

SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 5.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.664p.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II.** Nova Odesa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

STEFFENS, A. 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.

STUMPP, E. As pináceas e suas madeiras: matéria prima universal para estruturas. **Revista 14 de Estudos Tecnológicos UNISINOS**, São Leopoldo: Engenharia. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 1997. 76 p.

_____. Uso da madeira de florestas plantadas em estruturas. **Revista Estudos Tecnológicos UNISINOS**, São Leopoldo: Engenharia. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 1999. 42 p. A4. Número especial.

THEYS, J. ***L'Environnement à la recherche d'une définition***. Institut Français de l'Environnement, Note de Méthode n. 1, 1993. p.30.

TOMAZONI, E. Z. PAULETTI, G. F., RIBEIRO, R. T. S., SCHWAMBACH, J. Atividade antifúngica *in vitro* dos óleos essenciais de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* sobre o fungo patógeno de tomateiro *Alternaria solani* sorauer. **Caderno Pedagógico**. Lageado, v.11, n.1, p.68-77, 2014.

TORRES, F. C. **Avaliação da atividade carrapaticida das frações dos óleos essenciais de Citronela (*Cymbopogon winterianus*), Alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e Aroeira (*Schinus molle*)**. 2010. 69f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VIENNA, C. F.; GRAZ, R. B.; HOHENHEIM, R. C.; MILANO, D. T.; TRIESTE, A. T.; WIEN, K. ***Study on the assessment of plant/ herbs, plant/ herb extracts and their naturally or synthetically produced components as “additives” for use in animal production***. CFT/EFSA/FEEDAP, 2005. 297 p.

WADT, L. H. de O. **Estrutura genética de populações naturais de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C.DC.) visando seu uso e conservação**. 2001. 95 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

WATHERN, P. An introductory guide to EIA. In: WATHERN, P. (Org.). ***Environmental impact assessment: theory and practice***. London: Unwin Hyman, 1988a. p. 3-30.

WESTMAN, W. E. ***Ecology, Impact Assessment, and Environmental Planning***. New York: Willey, 1985.

APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE A: TABELAS DOS RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

Foram realizadas três extrações de arraste a vapor para cada planta aromática em estudo gerando os efluentes do processo. Nas tabelas abaixo cada extração recebeu o nome de Extração 1 (E₁), Extração 2 (E₂) e Extração 3 (E₃). Também foram apresentados os resultados médios e o DP (desvio padrão) dos resultados das análises de caracterização dos parâmetros ambientais apresentados a seguir.

pH

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	5,48	5,33	5,33	5,38	0,09
Pimenta longa	5,89	5,87	5,86	5,87	0,02
Pinus taeda	3,81	3,91	3,96	3,89	0,08
Pinus elliottii	3,71	3,69	3,74	3,71	0,03

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	3,95	3,96	3,91	3,94	0,03
Pimenta longa	5,37	5,31	5,33	5,34	0,03
Pinus taeda	3,86	3,95	3,81	3,87	0,07
Pinus elliottii	3,82	3,84	3,88	3,85	0,03

Condutividade Elétrica - (µS/cm)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	885	1.357	1.043	1.095	240,26
Pimenta longa	502	422	480	468	41,33
Pinus taeda	1.605	1.865	1.465	1.645	202,98
Pinus elliottii	748	1.066	1.145	986	210,15

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	143	125	121	129,67	11,72
Pimenta longa	62,1	63,5	60,1	61,90	1,71
Pinus taeda	56,2	67,7	72,7	65,53	8,46
Pinus elliottii	99,1	89	70,1	86,07	14,72

Oxigênio Dissolvido - (mg O₂/L)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	1,9	3,7	-*	2,80	1,27
Pimenta longa	1,2	-*	1,5	1,35	0,21
Pinus taeda	1,0	1,7	1,8	1,50	0,44
Pinus elliottii	-*	4,4	3,6	2,67	0,57

-*: valor descartado.

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	7,5	6,9	8,1	7,50	0,60
Pimenta longa	10,8	12,4	11,8	11,67	0,81
Pinus taeda	6,9	7,7	6,5	7,03	0,61
Pinus elliottii	9,5	9,4	9,5	9,47	0,06

Turbidez - (UNT)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	57,3	61,7	67,4	62,13	5,06
Pimenta longa	-*	102	115	108,50	9,19
Pinus taeda	497	553	471	507,00	41,90
Pinus elliottii	-*	775	913	844,00	97,58

-*: valor descartado.

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	3,77	3,84	2,14	3,25	0,96
Pimenta longa	9,90	5,07	-*	7,49	3,42
Pinus taeda	0,12	0,10	-*	0,11	0,01
Pinus elliottii	0,35	0,10	0,15	0,20	0,13

-*: valor descartado.

Nitrogênio Amoniacal - (mg Nam/L)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	239,34	240,45	220,98	233,59	10,93
Pimenta longa	537,34	-*	633,89	585,62	68,27
Pinus taeda	449,69	-*	394,04	421,87	39,35
Pinus elliottii	-*	635	550,97	592,99	59,42

-*: valor descartado.

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	208,28	176,46	-*	192,37	22,50
Pimenta longa	5,17	6,45	10,40	7,34	2,73
Pinus taeda	8,51	10,29	10,18	9,66	1,00
Pinus elliottii	11,40	11,04	9,63	10,69	0,94

-*: valor descartado.

Nitrato – (mg NO₃/L)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	27,27	-*	27	27,14	0,19
Pimenta longa	-*	64,21	64	64,11	0,15
Pinus taeda	32,09	35,30	25,67	31,02	4,90
Pinus elliottii	18,97	-*	28,88	23,93	7,01

-*: valor descartado.

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Pimenta longa	0,12	0,13	0,15	0,13	0,02
Pinus taeda	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Pinus elliottii	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-

-*: valor descartado.

Nitrito - (mg NO₂/L)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Pimenta longa	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Pinus taeda	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Pinus elliottii	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-

-*: valor descartado.

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Pimenta longa	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Pinus taeda	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Pinus elliottii	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-

-*: valor descartado.

Demanda Química de Oxigênio - DQO - (mg O₂/L)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	10.078	9.545	-*	9.812	377
Pimenta longa	12.798	-*	12.589	12.694	148
Pinus taeda	19.524	22.350	-*	20.937	1.998
Pinus elliottii	-*	18.823	23.033	20.928	2.977

-*: valor descartado.

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	5.049	5.920	4.654	5.208	647,74
Pimenta longa	-*	565	590	578	17,68
Pinus taeda	767,76	734,31	799,35	767,14	32,52
Pinus elliottii	836,25	764,67	852,51	817,81	46,73

-*: valor descartado.

Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO₅ - (mg O₂/L)

Planta aromática	Efluente
Alecrim	1.463
Pimenta longa	2.160
Pinus taeda	4.500
Pinus elliottii	4.500

Planta aromática	Hidrolato
Alecrim	1.750
Pimenta longa	540
Pinus taeda	248
Pinus elliottii	375

Carbono Orgânico Total – COT – (mg C/L)

Planta aromática	Efluente
Alecrim	750
Pimenta longa	1.150
Pinus taeda	2.050
Pinus elliottii	2.100

Planta aromática	Efluente
Alecrim	590
Pimenta longa	305
Pinus taeda	135
Pinus elliottii	150

COR - (mg Pt/L)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	-*	2.500	2.500	2.500	zero
Pimenta longa	3.500	3.500	3.500	3.500	zero
Pinus taeda	2.000	2.500	2.000	2.167	289
Pinus elliottii	2.000	2.500	3.000	2.500	500

-*: valor descartado.

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	200	200	100	167	58
Pimenta longa	50	50	50	50	zero
Pinus taeda	5	5	5	5	zero
Pinus elliottii	10	10	10	10	zero

Sólidos Suspensos - SS - (mg/L)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	-*	<10	<10	<10	<10
Pimenta longa	82	53	37	57	23
Pinus taeda	179	-*	126	152,50	37,50
Pinus elliottii	-*	257	376	316,50	84

-*: valor descartado.

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	<10	<10	<10	<10	-
Pimenta longa	<10	<10	<10	<10	-
Pinus taeda	<10	<10	<10	<10	-
Pinus elliottii	<10	<10	<10	<10	-

-: valor descartado

Sólidos Totais - ST - (mg/L)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	3.063	-*	3.399	3.231	238
Pimenta longa	17.417	17.375	17.063	17.285	193
Pinus taeda	12.799	-*	11.630	12.215	827
Pinus elliottii	-*	13.129	13.692	13.411	398

-: valor descartado.

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	<10	13	19	16	4
Pimenta longa	44	24	36	35	10
Pinus taeda	<10	<10	<10	<10	-
Pinus elliottii	33	20	16	23	9

-: valor descartado.

Sólidos Dissolvidos - SD - (mg/L)

Planta aromática	EFLUENTE				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	3.063	-	3.399	3.231	238
Pimenta longa	17.335	17.322	17.026	17.228	175
Pinus taeda	12.620	14.853	11.504	12.062	789
Pinus elliottii	-	12.872	13.316	13.094	314

-: valor descartado.

Planta aromática	HIDROLATO				
	E ₁	E ₂	E ₃	Média	DP
Alecrim	<10	13	19	16	4
Pimenta longa	44	24	36	35	10
Pinus taeda	<10	<10	<10	<10	-
Pinus elliottii	33	20	16	23	9

-: valor descartado

ANEXO A – Resolução CONSEMA Nº 128/2006 – Limites de emissão para efluentes líquidos – Legislação Estadual

PARÂMETROS UTILIZADOS PARA COMPARAÇÃO NESSE ESTUDO

Parâmetros	Vazão (m³/dia)	Padrões para lançamento de efluentes	Unidade
pH	-	6,0 a 9,0	-
Cor	-	Não deve conferir mudança de coloração ao corpo hídrico receptor	mg Pt.L ⁻¹
DBO ₅ (20°C)	< 20	180	mg O ₂ .L ⁻¹
	20 - 100	150	
DQO	< 20	400	mg O ₂ .L ⁻¹
	20 - 100	360	
Nitrogênio Amoniacal	-	20	mg Nam.L ⁻¹

ANEXO B – Resolução CONAMA Nº 430/2011 – Limites de emissão para efluentes líquidos – Legislação Federal

PARÂMETROS UTILIZADOS PARA COMPARAÇÃO NESSE ESTUDO

Parâmetros	Padrões para lançamento de efluentes	Unidade
Cor	Não deve conferir mudança de coloração ao corpo hídrico receptor	mg Pt.L ⁻¹
DBO ₅ (20°C)	É determinado por redução após tratamento	-
DQO	É determinado por redução após tratamento	-
Nitrogênio Amoniacal	20	mg Nam.L ⁻¹
pH	5,0 a 9,0	-
Sólidos Suspensos	Não consta	-

**ANEXO C – Resolução CONAMA Nº 357/2005 – Classificação de águas –
Legislação Federal**

PARÂMETROS UTILIZADOS PARA COMPARAÇÃO NESSE ESTUDO

Parâmetros	Classe 2	Classe 3	Unidade
Nitrato	10	10	mg NO ₃ .L ⁻¹
Nitrito	1	1	mg NO ₂ .L ⁻¹
Turbidez	≤ 100	≤ 100	UNT
Oxigênio Dissolvido	≥ 5	≥ 4	mg O ₂ .L ⁻¹
Sólidos Dissolvidos Totais	500	500	mg.L ⁻¹

ANEXO D – Relatório de Ensaio: Efluente I (Efluente da extração - Pimenta longa)



RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 11726

Cliente: EDUARDO CASSEL - CNPQ 490322/2011-5
 Solicitante: Sr. Eduardo Cassel
 Endereço: AVENIDA IPIRANGA, 6681 - PRÉDIO 30 - 208/F
 Cidade: PORTO ALEGRE/RS

Dados da Amostra

Identificação: Efluente I
 Recebimento: 08/12/2014 às 13:40 H.

Dados da Coleta

Responsável: Interessada

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro <i>Método/Norma</i>	Resultado/Unidade	Limite de Detecção <i>Data do Ensaio</i>
Carbono Orgânico <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - Method 5310 C</i>	1.150,0 mg/L	0,1 mg/L 23/12/2014
DBO ₅ <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - 5210B</i>	2.160,0 mgO ₂ /L	1,0 mgO ₂ /L 15/12/2014

Porto Alegre, 23 de dezembro de 2014.

Elisandra Cosme Jacques
 Técnico Química
 CRQ nº 05406107
 Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

ANÁLISES QUÍMICAS E TOXICOLÓGICAS

Página: 1 de 1 do R.E.: 11726/2014

Credenciamento: FEPAM 002/2012-DL - **Certificações:** ISO 9001/DNV e Ministério do Trabalho Emp.: 005/2006
 RUA LEOPOLDO BIER, 780 - CEP 90.620-100 - FONE (51) 3219.4000 - FAX (51) 3023.1770 - PORTO ALEGRE - RS
 E-mail: proambiente@pro-ambiente.com.br - Home Page: www.pro-ambiente.com.br

ANEXO E – Relatório de Ensaio: Efluente II (Hidrolato - Pimenta longa)



RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 11727

Cliente: EDUARDO CASSEL - CNPQ 490322/2011-5
 Solicitante: Sr. Eduardo Cassel
 Endereço: AVENIDA IPIRANGA, 6681 - PRÉDIO 30 - 208/F
 Cidade: PORTO ALEGRE/RS

Dados da Amostra

Identificação: Efluente II
 Recebimento: 08/12/2014 às 13:40 H.

Dados da Coleta

Responsável: Interessada

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro <i>Método/Norma</i>	Resultado/Unidade	Limite de Detecção <i>Data do Ensaio</i>
Carbono Orgânico <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - Method 5310 C</i>	305,0 mg/L	0,1 mg/L 23/12/2014
DBO ₅ <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - 5210B</i>	540,0 mgO ₂ /L	1,0 mgO ₂ /L 15/12/2014

Porto Alegre, 23 de dezembro de 2014.

Elisandra Cosme Jacques
 Técnico Química
 CRQ nº 05406107
 Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

ANÁLISES QUÍMICAS E TOXICOLÓGICAS

Página: 1 de 1 do R.E.: 11727/2014

Credenciamento: FEPAM 002/2012-DL - **Certificações:** ISO 9001/DNV e Ministério do Trabalho Emp.: 005/2006
 RUA LEOPOLDO BIER, 780 - CEP 90.620-100 - FONE (51) 3219.4000 - FAX (51) 3023.1770 - PORTO ALEGRE - RS
 E-mail: proambiente@pro-ambiente.com.br - Home Page: www.pro-ambiente.com.br

ANEXO F – Relatório de Ensaio: Efluente III (Efluente da extração - Alecrim)



RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 11728

Cliente: EDUARDO CASSEL - CNPJ 490322/2011-5
 Solicitante: Sr. Eduardo Cassel
 Endereço: AVENIDA IPIRANGA, 6681 - PRÉDIO 30 - 208/F
 Cidade: PORTO ALEGRE/RS

Dados da Amostra

Identificação: Efluente III
 Recebimento: 08/12/2014 às 13:40 H.

Dados da Coleta

Responsável: Interessada

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro Método/Norma	Resultado/Unidade	Limite de Detecção Data do Ensaio
Carbono Orgânico Standard Methods 22ª Edition - 2012 - Method 5310 C	750,0 mg/L	0,1 mg/L 23/12/2014
DBO ₅ Standard Methods 22ª Edition - 2012 - 5210B	1.463,0 mgO ₂ /L	1,0 mgO ₂ /L 15/12/2014

Porto Alegre, 23 de dezembro de 2014.

Elisandra Cosme Jacques
 Técnico Química
 CRQ nº 05406107
 Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

ANÁLISES QUÍMICAS E TOXICOLÓGICAS

Página: 1 de 1 do R.E.: 11728/2014

Credenciamento: FEPAM 002/2012-DL - Certificações: ISO 9001/DNV e Ministério do Trabalho Emp.: 005/2006
 RUA LEOPOLDO BIER, 780 - CEP 90.620-100 - FONE (51) 3219.4000 - FAX (51) 3023.1770 - PORTO ALEGRE - RS
 E-mail: proambiente@pro-ambiente.com.br - Home Page: www.pro-ambiente.com.br

ANEXO G – Relatório de Ensaio: Efluente IV (Hidrolato - Alecrim)



RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 11729

Cliente: EDUARDO CASSEL - CNPQ 490322/2011-5
 Solicitante: Sr. Eduardo Cassel
 Endereço: AVENIDA IPIRANGA, 6681 - PRÉDIO 30 - 208/F
 Cidade: PORTO ALEGRE/RS

Dados da Amostra

Identificação: Efluente IV
 Recebimento: 08/12/2014 às 13:40 H.

Dados da Coleta

Responsável: Interessada

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro <i>Método/Norma</i>	Resultado/Unidade	Limite de Detecção <i>Data do Ensaio</i>
Carbono Orgânico <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - Method 5310 C</i>	590,0 mg/L	0,1 mg/L 23/12/2014
DBO ₅ <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - 5210B</i>	1.750,0 mgO ₂ /L	1,0 mgO ₂ /L 15/12/2014

Porto Alegre, 23 de dezembro de 2014.

Elisandra Cosme Jacques
 Técnico Química
 CRQ nº 05406107
 Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

ANÁLISES QUÍMICAS E TOXICOLÓGICAS

Página: 1 de 1 do R.E.: 11729/2014

Credenciamento: FEPAM 002/2012-DL - **Certificações:** ISO 9001/DNV e Ministério do Trabalho Emp.: 005/2006
 RUA LEOPOLDO BIER, 780 - CEP 90.620-100 - FONE (51) 3219.4000 - FAX (51) 3023.1770 - PORTO ALEGRE - RS
 E-mail: proambiente@pro-ambiente.com.br - Home Page: www.pro-ambiente.com.br

ANEXO H – Relatório de Ensaio: Efluente V (Efluente da extração – Pinus taeda)



RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 12164

Cliente: EDUARDO CASSEL - CNPQ 490322/2011-5
 Solicitante: SRA. FABIANE OLIVEIRA
 Endereço: AVENIDA IPIRANGA, 6681 - PRÉDIO 30 - 208/F
 Cidade: PORTO ALEGRE/RS

Dados da Amostra

Identificação: Efluente V
 Recebimento: 19/12/2014 às 15:30 H.

Dados da Coleta

Responsável: Interessada

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro <i>Método/Norma</i>	Resultado/Unidade	Limite de Detecção <i>Data do Ensaio</i>
Carbono Orgânico <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - Method 5310 C</i>	2.050,0 mg/L	0,1 mg/L 09/01/2015
DBO ₅ <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - 5210B</i>	4.500,0 mgO ₂ /L	1,0 mgO ₂ /L 24/12/2014

Porto Alegre, 09 de janeiro de 2015.

Elisandra Cosme Jacques
 Técnico Química
 CRQ nº 05406107
 Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

ANÁLISES QUÍMICAS E TOXICOLÓGICAS

Página: 1 de 1 do R.E.: 12164/2014

Credenciamento: FEPAM 002/2012-DL - **Certificações:** ISO 9001/DNV e Ministério do Trabalho Emp.: 005/2006
 RUA LEOPOLDO BIER, 780 - CEP 90.620-100 - FONE (51) 3219.4000 - FAX (51) 3023.1770 - PORTO ALEGRE - RS
 E-mail: proambiente@pro-ambiente.com.br - Home Page: www.pro-ambiente.com.br

ANEXO I – Relatório de Ensaio: Efluente VI (Hidrolato – Pinus taeda)



RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 12165

Cliente: EDUARDO CASSEL - CNPQ 490322/2011-5
 Solicitante: SRA. FABIANE OLIVEIRA
 Endereço: AVENIDA IPIRANGA, 6681 - PRÉDIO 30 - 208/F
 Cidade: PORTO ALEGRE/RS

Dados da Amostra

Identificação: Efluente V
 I
 Recebimento: 19/12/2014 às 15:30 H.

Dados da Coleta

Responsável: Interessada

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro <i>Método/Norma</i>	Resultado/Unidade	Limite de Detecção <i>Data do Ensaio</i>
Carbono Orgânico <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - Method 5310 C</i>	135,0 mg/L	0,1 mg/L 09/01/2015
DBO ₅ <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - 5210B</i>	248,0 mgO ₂ /L	1,0 mgO ₂ /L 24/12/2014

Porto Alegre, 09 de janeiro de 2015.

Elisandra Cosme Jacques
 Técnico Química
 CRQ nº 05406107
 Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

Página: 1 de 1 do R.E.: 12165/2014

Credenciamento: FEPAM 002/2012-DL - **Certificações:** ISO 9001/DNV e Ministério do Trabalho Emp.: 005/2006
 RUA LEOPOLDO BIER, 780 - CEP 90.620-100 - FONE (51) 3219.4000 - FAX (51) 3023.1770 - PORTO ALEGRE - RS
 E-mail: proambiente@pro-ambiente.com.br - Home Page: www.pro-ambiente.com.br

ANEXO J – Relatório de Ensaio: Efluente VII (Efluente da extração – Pinus elliottii)



RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 12166

Cliente: EDUARDO CASSEL - CNPQ 490322/2011-5
 Solicitante: SRA. FABIANE OLIVEIRA
 Endereço: AVENIDA IPIRANGA, 6681 - PRÉDIO 30 - 208/F
 Cidade: PORTO ALEGRE/RS

Dados da Amostra

Identificação: Efluente VII
 Recebimento: 19/12/2014 às 15:30 H.

Dados da Coleta

Responsável: Interessada

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro <i>Método/Norma</i>	Resultado/Unidade	Limite de Detecção <i>Data do Ensaio</i>
Carbono Orgânico <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - Method 5310 C</i>	2.100,0 mg/L	0,1 mg/L <i>09/01/2015</i>
DBO ₅ <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - 5210B</i>	4.500,0 mgO ₂ /L	1,0 mgO ₂ /L <i>24/12/2014</i>

Porto Alegre, 09 de janeiro de 2015.

Elisandra Cosme Jacques
 Técnico Química
 CRQ nº 05406107
 Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

ANEXO K – Relatório de Ensaio: Efluente VIII (Hidrolato – Pinus elliottii)



RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 12167

Cliente: EDUARDO CASSEL - CNPQ 490322/2011-5
 Solicitante: SRA. FABIANE OLIVEIRA
 Endereço: AVENIDA IPIRANGA, 6681 - PRÉDIO 30 - 208/F
 Cidade: PORTO ALEGRE/RS

Dados da Amostra

Identificação: Efluente VIII
 Recebimento: 19/12/2014 às 15:30 H.

Dados da Coleta

Responsável: Interessada

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro <i>Método/Norma</i>	Resultado/Unidade	Limite de Detecção <i>Data do Ensaio</i>
Carbônio Orgânico <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - Method 5310 C</i>	150,0 mg/L	0,1 mg/L 09/01/2015
DBO ₅ <i>Standard Methods 22ª Edition - 2012 - 5210B</i>	375,0 mgO ₂ /L	1,0 mgO ₂ /L 24/12/2014

Porto Alegre, 09 de janeiro de 2015.

Elisandra Cosme Jacques
 Técnico Química
 CRQ nº 05406107
 Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

Página: 1 de 1 do R.E.: 12167/2014

Credenciamento: FEPAM 002/2012-DL - **Certificações:** ISO 9001/DNV e Ministério do Trabalho Emp.: 005/2006
 RUA LEOPOLDO BIER, 780 - CEP 90.620-100 - FONE (51) 3219.4000 - FAX (51) 3023.1770 - PORTO ALEGRE - RS
 E-mail: proambiente@pro-ambiente.com.br - Home Page: www.pro-ambiente.com.br