

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAMILA CONFORTIN

VALORIZAÇÃO DE PLANTAS AROMÁTICAS NATIVAS DO BIOMA MATA  
ATLÂNTICA– ESTUDO FITOQUÍMICO E  
BIOLÓGICO DO ÓLEO ESSENCIAL DE DUAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA  
MYRTACEAE NO LITORAL DO PARANÁ

MATINHOS

2019

CAMILA CONFORTIN

VALORIZAÇÃO DE PLANTAS AROMÁTICAS NATIVAS DO BIOMA MATA  
ATLÂNTICA – ESTUDO FITOQUÍMICO E  
BIOLÓGICO DO ÓLEO ESSENCIAL DE DUAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA  
MYRTACEAE NO LITORAL DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável - Universidade Federal do Paraná Setor Litoral, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Everson da Silva

MATINHOS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte  
Biblioteca da Universidade Federal do Paraná - Setor Litoral

C760 Confortin, Camila  
Valorização de plantas aromáticas nativas do bioma Mata Atlântica – estudo fitoquímico e biológico do óleo essencial de duas espécies da família myrtaceae no litoral do Paraná / Camila Confortin ; orientador Luiz Everson da Silva. – 2019. 129 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná - Setor Litoral, Matinhos/PR, 2019.

1. Plantas aromáticas. 2. Mata Atlântica (plantas). 3. Myrtaceae. 4. Litoral do Paraná (Brasil). I. Dissertação (Mestrado) – Programa do Mestrado em Desenvolvimento Territorial Sustentável. II. Título.

CDD – 633.82



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR LITORAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DESENVOLVIMENTO  
TERRITORIAL SUSTENTÁVEL - 40001016081P3

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **CAMILA CONFORTIN** intitulada: **VALORIZAÇÃO DE PLANTAS AROMÁTICAS NATIVAS DO BIOMA MATA ATLÂNTICA: estudo fitoquímico e biológico do óleo essencial de duas espécies da família myrtaceae no litoral do paraná**, sob orientação do Prof. Dr. LUIZ EVERSON DA SILVA, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

MATINHOS, 06 de Dezembro de 2019.

LUIZ EVERSON DA SILVA

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

HELOÍSA FERNANDES

Avaliador Externo ( INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARANÁ -IFPR)

LILIANI MARÍLIA TIEPOLES

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus pais, AMARILDO e ZELI**, que inúmeras vezes se doaram e renunciaram aos seus sonhos, para que eu pudesse realizar os meus. Quero dizer a vocês que esta conquista é nossa. Até onde cheguei e tudo que eu consegui só foi possível graças ao amor, apoio e dedicação que vocês sempre tiveram por mim. Sempre me ensinaram agir com respeito, simplicidade, dignidade, honestidade e amor ao próximo. E graças à união de todos, os obstáculos foram ultrapassados, vitórias foram conquistadas e alegrias divididas. Agradeço pela paciência e compreensão com minha ausência durante essa jornada.

**Muitíssimo Obrigado.**

**À minha irmã ANGELA**, pela amizade, carinho e companheirismo de sempre; por estar sempre torcendo pelas minhas conquistas pelo apoio e incentivo incondicional. Obrigado!

## AGRADECIMENTOS

Desejo exprimir os meus agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, permitiram que esta dissertação se concretizasse.

Primeiro de tudo, gostaria de agradecer a Deus por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

Agradeço principalmente aos meus pais e à minha irmã, que sempre me motivaram, entenderam as minhas faltas e momentos de afastamento e me mostraram o quanto era importante estudar.

Não posso deixar de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Luiz Everson da Silva, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho e em todos aqueles que realizei durante os dois anos do mestrado. Muito obrigada por ter me corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar. Agradeço também por ter me apresentado a sua esposa Professora Dra. Adriana Lucinda e seu filho Gabriel que me acolheram muito bem, saibam que sou muito grata por tê-los conhecido.

Ao Professor Doutor Wanderlei do Amaral, pela competência, profissionalismo e dedicação tão importantes para que este trabalho pudesse se concretizar.

Agradeço a todos os colegas de mestrado, que vivenciaram momentos de estudo, de escrita de artigo e de tensão, no decorrer desta jornada. Uma pessoa muito especial que o mestrado me trouxe, Daniela Alves Cardeal, que além de colega, uma grande amiga, que sei que posso contar em todos os momentos, obrigada pelas comidinhas fit, pelas risadas, pelos conselhos, ajuda nos momentos que precisei, saiba que és muito importante pra mim.

À pessoa que mais me aturou nestes dois anos, Vilma Alves de Almeida. Obrigada por ser esta pessoa tão especial. Que ajudou-se relendo meus trabalhos, colocar as palavras corretas, com diversas ideias, dentre muitas outras coisas. Obrigada pela companhia de sempre e por me deixar saber que sempre pude contar com você em tudo, obrigada por me aguentar e aguentar a Frida também! Ainda, agradeço sempre pelos conselhos, pelo ombro amigo em muitas vezes que precisei e por entender que muitas vezes estava passando por um momento complicado e sempre me ajudou e respeitou, Obrigada!

A todos os meus amigos queria dizer obrigada por entender que muitas vezes precisei estar ausente para realização dos meus estudos e que ao longo desta etapa me encorajaram e me apoiaram, fazendo com que esta fosse uma das melhores fases da minha

vida. Vocês são pilares fundamentais em minha vida e por mais que alguns estejam longe de mim no momento, saibam que são essenciais para mim.

Agradeço imensamente aos meus colegas de laboratório, Jennifer, Andressa, Cleiton e Carmindo, por me apoiarem sempre e me ajudarem na realização de muitas tarefas. Ainda agradeço a vocês pelos momentos de descontração, risadas e conversas, saibam que fizeram muita diferença para mim ao longo destes dois anos.

Ainda, agradeço muito as minhas colegas do laboratório ao lado, Mariana Nazário e Nubya Gonçalves Cavallini por toda a ajuda e incentivo.

Aos técnicos do laboratório e a todos os funcionários da UFPR-Setor Litoral, por toda ajuda e compreensão.

A FURB pela parceria e realização dos ensaios de inibição enzimática.

A Professora Dra. Beatriz Helena Sales Maia do Departamento de Química pela parceria e realização dos ensaios de composição química.

**POR FIM, A TODOS AQUELES QUE CONTRIBUÍRAM, DIRETA OU  
INDIRETAMENTE, O MEU SINCERO AGRADECIMENTO.  
OBRIGADA POR PERMITIREM QUE ESTA DISSERTAÇÃO SEJA UMA  
REALIDADE.**

*Chega um momento em sua vida, que você sabe: quem é  
imprescindível para você, quem nunca foi, quem não é mais e  
quem será sempre!*

**CHARLES CHAPLIN**

## RESUMO

O Brasil é considerado um país de megadiversidade, contudo diante da destruição das florestas muitas espécies acabam desaparecendo sem mesmo serem descobertas. Uma das alternativas usadas hoje para a aplicação de plantas em tratamentos de variadas doenças é o estudo da bioatividade de óleos essenciais. Com isso, objetivou-se a prospecção e avaliação químico-biológica dos óleos essenciais das espécies *Myrcia spectabilis* e *Marlierea eugeniopsoides* da família Myrtaceae, nativas da Floresta Atlântica do Estado do Paraná. A coleta do material vegetal ocorreu na cidade de Matinhos-PR durante 4 distintas estações do ano. Foi extraído o óleo essencial das mesmas, pelo método de hidrodestilação, verificou-se o rendimento e caracterização química e ainda, foram realizados ensaios antibacterianos. A análise da composição química do óleo essencial da espécie *Myrcia spectabilis* indicou a presença dos compostos majoritários Germacreno B e Bicyclogermacreno. Na espécie *Marlierea eugeniopsoides* foram encontrados o  $\beta$ -pineno e  $\alpha$ -pineno como majoritários. Obtiveram-se resultados satisfatórios quanto aos ensaios antibacterianos, no qual a espécie *Marlierea eugeniopsoides* mostrou-se muito ativa frente às quatro cepas bacterianas testadas. O óleo essencial da espécie *Myrcia spectabilis* mostrou-se promissor somente no ensaio frente à bactérias gram-positivas. Neste trabalho pôde-se demonstrar também que os óleos essenciais das duas espécies da família Myrtaceae inibiram as enzimas  $\alpha$ -glucosidase e acetilcolinesterase. O óleo da espécie *Myrcia spectabilis* inibiu satisfatoriamente as duas enzimas. Porém, o óleo proveniente da coleta do verão e inverno mostrou-se apenas razoável na inibição da enzima  $\alpha$ -glucosidase (< 50%). Contudo, frente à AChE o óleo da espécie *Marlierea eugeniopsoides* foi efetivo em todas as estações do ano. Este estudo encontra relevância, na medida em que possibilita a investigação de espécies nativas da floresta atlântica e verificação do seu potencial medicinal. Permite ainda fornecer subsídios para que estas possam ser cultivadas em escala maior gerando também ativos econômicos, contribuindo para o uso racional da biodiversidade.

**Palavras-chave:** Óleo essencial, antibacteriano, composição química, atividade biológica, plantas medicinais.

## ABSTRACT

In this work, we have carried out prospecting and chemical-biological evaluation of the essential oils of the species *Myrcia spectabilis* and *Marlierea eugeniopsoides* of the *Myrtaceae* family, native to the Atlantic Forest of Paraná State. The collection of plant material occurred in the city of Matinhos-PR during four different seasons of the year. The essential oil was extracted by hydrodistillation method, characterized by GC/MS procedure and antibacterial assays were carried out. The major compounds found in the essential oil from *Myrcia spectabilis* were Germacrene B and Bicyclogermacrene, while in the *Marlierea eugeniopsoides* were  $\beta$ -pinene and  $\alpha$ -pinene. Satisfactory results were obtained in the antibacterial assays, in which the *Marlierea eugeniopsoides* species showed very active biological activity for the four bacterial strains tested. The essential oil of the species *Myrcia spectabilis* showed promise only for gram-positive bacteria, inhibiting microbial growth of the tested bacterial strains. In this work, it was demonstrated that the essential oils of the two species of the *Myrtaceae* family were satisfactory for the inhibition of the enzymes  $\alpha$ -glucosidase and acetylcholinesterase (AChE). The essential oil of the species *Myrcia spectabilis* inhibited satisfactorily both enzymes, however, the oil of the *Marlierea eugeniopsoides* from in the summer and winter season tests against the enzyme  $\alpha$ -glucosidase demonstrated low power of inhibition (>50%), compared to AChE assay where the oil was effective in all seasons of the year. This study finds relevance, as it enables the investigation of native species of the Atlantic forest and verification of its medicinal potential. It also provides subsidies so that they can be grown on a larger scale while also generating economic assets, contributing to the rational use of biodiversity.

**Keywords:** Essential oil, antibacterial, chemical composition, biological activity, medicinal plants.

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACh- Acetilcolina

AChE - Acetilcolinesterase

ACP- Análise dos principais componentes

ATCC- American Type Culture Collection

CF- Constituição Federal

DP - Desvio Padrão

FURB - Universidade Regional de Blumenau

GC/MS- Cromatografia gasosa- espectrometria de massa

ICMBio- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

MO - Massa do Óleo

MS - Massa Seca

NCM- Designação Fonte Preferência

OE- Óleos Essenciais

ONU- Organização das Nações Unidas

pH - Potencial Hidrogeniônico

PNPIC - Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares

PR- Paraná

SNC - Sistema Nervoso Central

SNP - Sistema Nervoso Periférico

UC- Unidades de Conservação

UPGMA- Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean

$\alpha$  - alfa

$\beta$  - beta

$\geq$  - igual ou superior

$\mu\text{L}$  - microlitro

$\mu\text{g}$  - micrograma

Mm- milímetros

Nm- nanômetros

% - Por cento

® - Registrado

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1– RESULTADOS DO ENSAIO ENZIMÁTICO DO ÓLEO ESSENCIAL DA PRIMAVERA PARA A ESPÉCIE <i>Myrcia spectabilis</i> .....	113
GRÁFICO 2– RESULTADOS DO ENSAIO ENZIMÁTICO PARA ACETILCOLINESTERASE DO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE <i>Marlierea eugeniopsoides</i> . ....	114
GRÁFICO 3– RESULTADOS DO ENSAIO ENZIMÁTICO PARA $\alpha$ - GLUCOSIDASE DO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE <i>Marlierea eugeniopsoides</i> . .....	115

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – IMAGEM DE SATÉLITE DO PARQUE NACIONAL SAINT-HILAIRE/LANGE.....	36
FIGURA 2 – ESPÉCIE NATIVA <i>Myrcia spectabilis</i> DC. ....	54
FIGURA 3 –. ESPÉCIE NATIVA <i>Marlierea eugeniopsoides</i> (D. LEGRAND&KAUSEL) D. LEGRAND. .....	55
FIGURA 4 – MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL POR HIDRODESTILAÇÃO EM APARELHO CLEVINGER E ÓLEO ESSENCIAL PRONTO PARA SER RETIRADO APÓS QUATRO HORAS DE EXTRAÇÃO.....	65
FIGURA 5 – DENDROGRAMA DA ANÁLISE HIERÁRQUICA DE AGRUPAMENTOS DE 37 ÓLEOS ESSENCIAIS ENCONTRADOS NAS DUAS ESPÉCIES DE MYRTACEAES. MOSTRA A LIGAÇÃO MÉDIA (ENTRE GRUPOS) E AS DISTÂNCIAS EUCLIDIANAS REDIMENSIONADAS A UMA ESCALA ARBITRÁRIA MOSTRANDO OS NÍVEIS DE SIMILARIDADE RELATIVA EM QUE OS <i>CLUSTERS</i> SE JUNTAM. .....	77
FIGURA 6 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACPS) PARA A ESPÉCIE <i>Marlierea eugeniopsoides</i> BASEADO EM COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE AMOSTRAS FRESCAS EM TODAS AS ESTAÇÕES DO ANO. ....	79
FIGURA 7 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACPS) PARA A ESPÉCIE <i>Myrcia spectabilis</i> BASEADO EM COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE AMOSTRAS FRESCAS EM TODAS AS ESTAÇÕES DO ANO. ....	80
FIGURA 8 – MECANISMOS DE AÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS. ....	89
FIGURA 9 – ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE <i>Marlierea eugeniopsoides</i> , PRONTO PARA SER ARMAZENADO. ....	90
FIGURA 10 – HALO DE INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO BACTERIANO .....	94

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 –BASES TEÓRICAS PARA FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO .....	24
QUADRO 2 – DATA DE COLETA DOS MATERIAIS E PERÍODO DE COLETA. ....	64

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RESULTADOS DO RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Myrcia spectabilis</i> E <i>Marlierea eugeniopsoides</i> . .....	67
TABELA 2 – TIPO DE AMOSTRAS UTILIZADAS NO ENSAIO DE GRANULOMETRIA, JUNTAMENTE COM AS AMOSTRAS DE 5g DE MATERIAL VEGETAL PARA REALIZAR O CÁLCULO DE MASSA SECA DAS AMOSTRAS... ..	69
TABELA 3 – RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE <i>Myrcia spectabilis</i> , coletadas no dia 10/06/2019. ....	69
TABELA 4 – CONSTITUÍNTES QUÍMICOS ENCONTRADOS NO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE <i>Myrcia spectabilis</i> EM TODAS AS ESTAÇÕES DO ANO.....	72
TABELA 5 – CONSTITUÍNTES QUÍMICOS ENCONTRADOS NO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE <i>Marlierea eugeniopsoides</i> COLETADO EM TODAS AS ESTAÇÕES DO ANO. ....	74
TABELA 6 – ENSAIO ANTIBACTERIANO FRENTE À <i>L. monocytogenes</i> , <i>B. cereus</i> , <i>S. aureus</i> e <i>E.coli</i> COM O ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE <i>Marlierea eugeniopsoides</i> .....	95
TABELA 7 – ENSAIO ANTIBACTERIANO FRENTE À <i>L. monocytogenes</i> , <i>B. cereus</i> , <i>S. aureus</i> e <i>E.coli</i> , COM O ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE <i>Myrcia spectabilis</i> .....	96
TABELA 8 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ACETILCOLINESTERASE E $\alpha$ -GLUCOSIDASE DO ÓLEO DAS ESPÉCIES <i>Marlierea eugeniopsoides</i> e <i>Myrcia spectabilis</i> .....	112

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	25
1.2 OBJETIVOS .....	27
1.2.1 Objetivo Geral .....	27
1.2.2 Objetivos Específicos .....	27
<b>2 CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>28</b>
2.1 DESENVOLVIMENTO E ECODESENVOLVIMENTO: UM ESTREIRA RELAÇÃO COM A BIODIVERSIDADE .....	28
2.2 BIOMA MATA ATLÂNTICA E O LITORAL PARANAENSE .....	31
2.3 BIOPROSPECÇÃO E O USO DE RECURSOS NATURAIS: A BUSCA POR SUBSTÂNCIAS BIOATIVAS.....	38
2.4 PRODUTOS NATURAIS: PLANTAS MEDICINAIS E O DESENVOLVIMENTO DE FÁRMACOS .....	43
2.5 ÓLEOS ESSENCIAIS.. .....	48
2.6 FAMÍLIA MYRTACEAE E AS ESPÉCIES ESTUDADAS .....	52
2.6.1 O GÊNERO <i>MYRCIA</i> E A ESPÉCIE <i>Myrcia spectabilis</i> DC.....	53
2.6.2 O GÊNERO <i>MARLIEREA</i> E A ESPÉCIE <i>Marlierea eugeniopsoides</i> (D. LEGRAND&KAUSEL) D. LEGRAND .....	54
REFERÊNCIAS .....	56
<b>3 CAPÍTULO II: TEOR E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DAS DUAS ESPÉCIES DE MYRTACEAES, NATIVAS DO LITORAL DO PARANÁ</b> .....	<b>62</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	62
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	64
3.2.1 Obtenção do Material Vegetal.....	64
3.2.2 Extração do Óleo essencial .....	64
3.2.3 Rendimentodo Óleo essencial .....	65
3.2.4 Caracterização química.....	66
3.2.5 Estatística .....	66
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
3.3.1 Composição química das espécies.....	71
3.3.2 Análise de agrupamento- <i>clusters</i> .....	76
3.3.3 Discussão sobre estudos similares .....	80
3.4 CONCLUSÕES .....	83
REFERÊNCIAS .....	84
<b>4 CAPÍTULO III: ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DAS DUAS ESPÉCIES DE MYRTACEAES COLETADAS NO LITORAL DO PARANÁ.....</b>	<b>87</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	87
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	89
4.2.1 Obtenção do Material Vegetal.....	89

4.2.2 Extração do Óleo essencial .....	90
4.2.3 Microrganismos utilizados .....	90
4.2.4 Ensaio antibacteriano .....	92
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	94
4.4 CONCLUSÕES .....	101
REFERÊNCIAS .....	102
<b>5 CAPÍTULO IV: ATIVIDADE ENZIMÁTICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DAS DUAS ESPÉCIES DE MYRTACEAES COLETADAS NO LITORAL DO PARANÁ.....</b>	<b>105</b>
5.1 INTRODUÇÃO .....	105
5.1.1 Enzima Acetilcolinesterase (ACHE).....	107
5.1.2 Enzima Alpha- Glucosidase .....	108
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	110
5.2.1 Avaliação da atividade inibidora da $\alpha$ -glucosidase .....	110
5.2.2 Avaliação da atividade anticolinesterásica .....	111
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	112
5.4 CONCLUSÕES .....	117
REFERÊNCIAS .....	118
<b>6 CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>121</b>
<b>REFERÊNCIAS GERAIS .....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>126</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>129</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo vem passando por um intenso processo de reorganização no quesito ambiental. Os pensamentos com relação aos laços que o homem tinha com a natureza estão mudando, no qual o meio ambiente era visto somente como um provedor de recursos diversos, sendo este sem limites. Diante disso, foram impostas práticas intensas de exploração dos recursos, com efeitos perversos para o homem e a natureza. E até dado momento, acreditava-se que o crescimento econômico não tinha limites e que desenvolvimento significava o domínio sobre a economia, sobre a sociedade e a natureza, contudo, nos anos 60/70 percebeu-se que os recursos eram finitos e que o vasto crescimento se tornara algo insustentável (BERNARDES e FERREIRA, 2005).

Apesar do desenvolvimento estar em um estágio inicial como novo campo interdisciplinar de pesquisas referentes ao meio ambiente, bem como do caráter fortemente especulativo criado em torno do agravamento dos conflitos ambientais, essas questões colocam em xeque as formas usuais de gestão das relações entre a sociedade e a natureza (VIEIRA e WEBER, 2002).

Para Cavalcanti (2003), a natureza é percebida como uma fornecedora de recursos e ao mesmo tempo como um esgoto de infinita capacidade de absorção de dejetos, não sendo compatível com os ciclos de materiais do ecossistema. Afirma ainda, que não se pode ter sustentabilidade dessa forma e que um modelo sustentável tem que se basear em fluxos dentro da sociedade e ajustados juntamente aos ciclos naturais.

A sociedade atual está indo em uma direção totalmente oposta e preocupante com relação à sustentabilidade, não seguindo o proposto na Conferência Rio-92 (CAVALCANTI, 2003). Diante disso, o desenvolvimento não pode se limitar unicamente aos aspectos sociais e sua base econômica, ignorando as relações complexas estabelecidas entre as sociedades humanas, a natureza, o meio ambiente. A sustentabilidade dependerá da capacidade que a sociedade tem de fazer um bom uso da natureza (VEIGA, 2008).

Para sobreviver como um modo de produção, o capitalismo sofre processos de acumulação e se expande continuamente, apropriando-se da natureza, transformando a mesma em meio de produção de escala mundial e a relação do homem com a natureza passa a ser de valor de troca. E o destino da natureza se dá

a partir do preço colocado nas etiquetas dos produtos comercializados. Marx afirma que o crescimento econômico se tornou uma necessidade social absoluta, tornando o domínio pela natureza algo igualmente necessário, gerando a partir disso, a acumulação de capital (BERNARDES e FERREIRA, 2005).

Nos processos de regulação das relações entre a sociedade, sistemas socioculturais, natureza e o meio ambiente, a gestão de recursos naturais surge como sendo um elemento essencial (VIEIRA e WEBER, 2002).

Para Mota (2011), a natureza é uma dádiva que fornece a matéria-prima para manutenção dos seres humanos e ainda, a sustentação da vida nos diversos ecossistemas. Essa biodiversidade existente nos diversos biomas é uma importante fonte de inovações para diversos setores. Muitos dos setores industriais inspiram-se na natureza e recursos naturais, porém um ramo que ganha destaque é o farmacêutico onde, muitos medicamentos são feitos a partir de pesquisas com recursos provindos da natureza. Muitas pesquisas atualmente são relacionadas com espécies exóticas, em decorrência disso acabam deixando de lado, sem dar devido valor, recursos genéticos que os Biomas como o Mata Atlântica abrigam. É neste âmbito que a bioprospecção torna-se de grande valia (SACCARO JUNIOR, 2013).

A perda da diversidade biológica é portanto, um problema crítico para a existência humana, devido ao fato que a extinção de espécies é irreversível representando a perda de um genoma que é único. Neste sentido é importante reconhecer que as ciências que tratam da biodiversidade são prioritárias, independentemente da posição econômica do país. Assim se faz necessário a formulação de estratégias de conservação, domesticação e desenvolvimento de pesquisas com espécies nativas, no sentido de garantir que a pressão sofrida pelo extrativismo seja substituída por uma gestão agrícola e manejo sustentável (JOLY, 2011).

Mesmo diante da vasta biodiversidade existente no Brasil e mesmo tendo grande potencial para estudo e conhecimento de novas perspectivas na questão dos recursos genéticos, o país ainda se posiciona como exportador de matéria-prima. Por isso é imprescindível que a inovação científica e tecnológica propicie avanços no sentido de agregar valor aos produtos da biodiversidade brasileira e podermos fazer uso destes ativos garantindo a soberania e vanguarda de nossa nação.

Ainda segundo Joly (2011), o mercado de fitoterápicos tem aumentado cada vez mais e as pesquisas referentes ao uso de plantas na produção de medicamentos,

composição química das espécies nativas e possíveis atividades biológicas ainda são escassas. Assim, essa riqueza de espécies torna-se uma fonte de oportunidades (STEHMANN e SOBRAL, 2017).

Diante desses fatos, estudos para conhecimento das espécies nativas com potencial terapêutico ganham grande relevância. Nesta esteira encontram-se as pesquisas com óleos essenciais de espécies nativas. Conhecer a composição química e possíveis atividades biológicas relacionadas com os óleos essenciais advindos de recursos naturais nativos, amplia a possibilidade de criação de protocolos de uso sustentável da biodiversidade.

Ao longo dos anos a bioprospecção vem sendo definida de diferentes maneiras, pois se trata de um tópico abrangente e pode ser conceituada de diversas formas, dependendo da área a que a mesma se refere. Ainda assim, de maneira geral, é tida pela de busca de compostos orgânicos em microrganismos, plantas e animais que sejam úteis para a humanidade. Muitas vezes os pesquisadores buscam esses recursos em ambientes peculiares, onde uma adaptação extrema de sua biota é esperada ou ambientes com características singulares (SPARTACO, 2014).

A diversidade está presente em todos os lugares do planeta, tornando-se uma característica particular do mesmo. Neste conjunto ocorre a formação de diferentes paisagens, cada qual com suas características e abrigando um número diverso e singular de biodiversidade.

Esta biodiversidade é uma importante fonte de inovações para uma ampla gama de setores. Diante da evolução biológica, a seleção natural produziu os mais diversificados materiais, desde os mais resistentes, os que eram capazes de agir diante de alguma doença, obtenção de energia, pigmentos, substâncias que inibem o crescimento dos mais variados microrganismos, entre outros, mostrando-se uma ferramenta valiosa para diversos fins. Os componentes físicos e informações retiradas da biodiversidade pela ciência, são referidos como recursos genéticos. As interações entre o homem com os recursos genéticos provindos da natureza, são denominados como “conhecimento tradicional associado”. Esse saber, vindo ao longo de gerações pode ser um valioso guia na utilização dos recursos genéticos (MONTEIRO, 2014).

Como visto, a biodiversidade diz respeito à variabilidade de organismos vivos, incluindo todos os ecossistemas terrestres. Estudos realizados em diversos biomas, especialmente nas últimas décadas, confirmam a notável diversidade dos mesmos. Entre os biomas existentes no Brasil, o Mata Atlântica é um dos mais importantes,

pois abriga parcelas significativas de diversidade biológica. Esse conjunto bastante diversificado propiciou uma significativa variação ambiental, criando as condições adequadas para a evolução de um complexo biótico, tornando-se um dos biomas mais ricos em termos de biodiversidade (SANTOS, 2010).

O Brasil é considerado um país que abriga imensa diversidade biológica, possuindo extenso número de espécies da fauna e flora. Dentro do seu território, o bioma Mata Atlântica é considerado um dos maiores repositórios de biodiversidade do planeta além de apresentar alto grau de endemismo (VARJABEDIAN, 2010). Apesar da acentuada destruição e exploração de seus recursos no início do século XVI, a Floresta Atlântica continua sendo uma das mais ricas no quesito biodiversidade, jamais vistos em outros biomas (LINO e SIMÕES, 2004).

As estimativas atuais referentes à cobertura vegetal remanescente da Mata Atlântica no Brasil variam de 11 a 16. Esse bioma possui grande importância social e ambiental, além de preservar importante patrimônio natural e cultural (REZENDE et al. 2018).

Com elevada riqueza de espécies tanto de fauna, como flora, os altos níveis de exploração e com a pequena parcela de floresta original ainda existente, o bioma Mata Atlântica foi incluído entre as áreas prioritárias para conservação ambiental, que abriga imensa biodiversidade, estando a mesma ameaçada em alto grau, a isto denomina-se *hotspot* de biodiversidade (MYERS et al. 2000). Diante da contínua ocupação humana e sistemática destruição das florestas, muitas espécies desapareceram de seus habitats originais antes mesmo de serem descobertas (DEAN, 1996).

Quando falamos em meio ambiente e natureza, sabemos que os elementos que encontram-se neste meio tornam-se recursos a partir do momento em que são utilizados e que o seu aproveitamento é indispensável para a sobrevivência dos seres humanos. Contudo, ao fazer uso dos recursos naturais, entra em jogo um conjunto de interesses e interpretações diversas (BUZZATO, 2009).

Possuir diversos biomas ricos em diversidade é uma fonte de oportunidades para o Brasil, principalmente na área da pesquisa científica e tecnologia de produtos naturais. Contudo, o imenso desafio é atrelar o crescimento econômico com os pilares da sustentabilidade, não provocando a perda da diversidade biológica, o que poderia colocar em risco o usufruto desta, pelas gerações futuras (STEHMANN e SOBRAL, 2017).

Sabe-se que os produtos naturais são utilizados pela humanidade, desde os primórdios, como importantes ferramentas nos procedimentos de terapias, objetivando a busca por alívio e cura de doenças através do uso de ervas e consistindo, possivelmente, uma das primeiras formas de utilização dos recursos advindos da natureza (MUKHERJEE et al. 2010).

O mercado de produtos farmacêuticos derivados de plantas é um segmento em ampla expansão, além de constituir-se em uma opção terapêutica eficaz e culturalmente apropriada (SIMÕES et al. 2003). É crescente a utilização e a demanda de produtos naturais, em todo o mundo, especialmente devido aos problemas que são atribuídos a inúmeros produtos sintéticos tanto para a saúde humana, quanto para o meio ambiente (BANDONI; CZEPAK, 2008).

Como relatado por Simões et al. (2003), o aumento da utilização de plantas medicinais, o cultivo e produção destas, torna-se uma alternativa cada vez mais importante na agricultura nacional. No entanto, o intenso extrativismo coloca em risco de extinção inúmeras espécies nativas, causando distúrbios ecológicos.

Apesar do intenso desenvolvimento da área de fármacos sintéticos, estudos que visam entender a composição química e as atividades biológicas relacionadas às plantas, tornam-se de grande valia (BADKE et al. 2012; TREVISAN et al. 2003). Para Reginatto (2017), plantas medicinais são uma fonte de metabólitos secundários e o processo de caracterização química ajuda a identificar grupos de metabólitos vegetais, com constituição química de interesse. Sabe-se que a investigação de produtos naturais à base de plantas levou à descoberta de novas substâncias, que representaram novas perspectivas terapêuticas, sendo possível o desenvolvimento de inúmeros medicamentos (BERNARDES, 2017).

Como já relatado, as plantas aromáticas, bem como os respectivos óleos essenciais, são utilizadas desde o início da história da humanidade (FRANZ, 2010). As propriedades farmacológicas atribuídas aos óleos essenciais são diversas e algumas são preconizadas por apresentarem vantagens importantes (BANDONI; CZEPAK, 2008).

A capacidade de acumular óleos voláteis é característica de alguns grupos de famílias vegetais. O óleo essencial é uma mistura de constituintes químicos voláteis, sendo um produto obtido a partir de matéria vegetal. Frequentemente encontra-se em folhas, flores e frutos. O conhecimento da estrutura dos compostos presentes no óleo é de imensa importância para indústrias, destacando-se a indústria farmacêutica e se

constitui objeto de intenso estudo visando à identificação da composição química e atividade biológica dos mesmos (HENRIQUES et al. 2009).

Uma destas alternativas para uso das plantas com potencial terapêutico é o estudo da bioatividade de óleos essenciais. Estes óleos possuem funções ecológicas como de proteção contra predadores, parasitas e comunicação química, dentre outras (SANTOS, 2010).

Os óleos essenciais são importantes matérias-primas aplicadas em diversos ramos da indústria desde a perfumaria e cosméticos como também medicamentos, área onde há uma demanda constante por novos produtos. Pesquisas apontam para o uso sustentável da biodiversidade dos ecossistemas brasileiros como uma alternativa real para suprir algumas das demandas da sociedade. Por isso, estudos científicos precisam ser aprofundados, para garantir um uso sustentável dos recursos naturais e possibilitar a geração de novos produtos e tecnologia para a sociedade (SANTOS, 2010).

Cabe salientar que diante do processo de fragmentação e destruição das florestas houve a diminuição dos padrões da biodiversidade, resultando em alterações do ecossistema e seus elementos. Dentre a imensa biodiversidade do bioma e inúmeras espécies vegetais pode-se destacar a família Myrtaceae. Assim, pode-se considerar que estudos de composição química, rendimento e atividades biológicas das espécies provenientes da família Myrtaceae, podem fornecer subsídios importantes para o conhecimento de seu potencial medicinal. O conhecimento das práticas de uso sustentável propicia melhor aproveitamento das espécies sem degradar o meio natural, promovem estratégias de desenvolvimento e contribuem para preservação da biodiversidade local.

Por outro lado, fármacos que inibem uma enzima chave em um determinado processo metabólico, de forma que sua ação seja a mais seletiva possível e com menores efeitos indesejáveis, tem sido alvo de pesquisas na área de medicamentos. Nesse sentido, a identificação de espécies vegetais com atividades enzimáticas inibitórias e com ações biológicas, poderá contribuir para o desenvolvimento de novos medicamentos, melhorando a qualidade de vida dos pacientes além de promover uma exploração racional e autossustentável do Bioma Mata Atlântica.

Com base no exposto, neste trabalho foram estudadas duas espécies de plantas, ambas da família Myrtaceae, sendo elas, *Myrcia spectabilis* DC. e *Marlierea eugeniopsoides* (D. Legrand & Kausel) D. Legrand, nativas do bioma Mata Atlântica,

coletadas em meio ao Parque Nacional Saint-Hilaire Lange no litoral sul do Estado do Paraná.

O Parque possui indiscutível importância no contexto do litoral sul do Estado do Paraná. Essa Unidade de Conservação sobrepõe-se à Serra da Prata que, com uma diferença altitudinal de praticamente 1500 metros, possui grande diversidade de fauna e flora, além de importantes recursos abióticos. Além de toda essa riqueza natural, o litoral sul do Paraná também abriga a maior parte da população litorânea paranaense, principalmente nas cidades de Paranaguá, Guaratuba e Matinhos. O núcleo urbano de Matinhos praticamente divide espaço com o parque, enquanto o município de Paranaguá se desenvolve em direção à UC. Nesse contexto se inserem as comunidades rurais e as comunidades tradicionais que, utilizando os recursos naturais de formas diversas, geram conflitos com diferentes origens.

O estudo é orientado a partir de um arcabouço teórico. Caracteriza-se também como uma pesquisa experimental e vale-se de uma abordagem quantitativa. A síntese conceitual deste trabalho pode ser observada no **QUADRO 1** contendo as principais bases teóricas utilizadas para a fundamentação.

**QUADRO 1. BASES TEÓRICAS PARA FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO.**

CONCEITOS	CONTEXTOS	AUTORES
Família Myrtaceae	Caracterização da planta Potencial medicinal Uso sustentável	AMARAL (2015) SOBRAL (2015)
Óleos essenciais	Bioatividade de óleos essenciais Atividade antimicrobiana de óleos essenciais Potencial enzimático e antifúngico	SIMÕES et.al (2017) SOUZA et.al (2011) YUNES E FILHO (2009)
Recursos Naturais	Conservação da diversidade biológica Manejo dos recursos naturais Conservação e a utilização dos recursos genéticos vegetais	DEAN (1996) LEFF (2011) DIEGUES (2004) ANDRADE (2013) MOTA (2006)
Bioprospecção molecular	Bioprospecção	SACCARO JUNIOR (2011) LAIRD (2002)

	Metabólitos secundários	
Ecodesenvolvimento	Ecodesenvolvimento Desenvolvimento sustentável	SACHS (2008, 2009) VIEIRA (2008) CAVALCANTI (2003) VIEIRA E WEBER (2002)

Fonte: a autora (2019).

Diante de tais constatações este trabalho tem como problema central as seguintes questões: As plantas nativas do Bioma Mata Atlântica existentes no litoral paranaense apresentam-se como possíveis agentes fitoterápicos? Quais as atividades biológicas e farmacológicas que as duas espécies nativas da família Myrtaceae escolhidas, apresentam?

### 1.1 JUSTIFICATIVA

A biodiversidade tem sido reconhecida como um dos elementos centrais para o desenvolvimento e bem da humanidade, sendo ainda imensamente responsável pelo equilíbrio ambiental. Ainda que apenas uma parcela dos seus componentes tenha sido estudada e muitos dos seus benefícios ainda não sejam totalmente conhecidos, valoriza-se cada vez mais a capacidade que a mesma tem de gerar benefícios socioeconômicos, grande parte, devido ao seu potencial como matéria-prima para diferentes campos do conhecimento, como o ramo farmacêutico e diversos setores da indústria (FERRO, 2006).

Contudo, para que esse potencial possa ser adequadamente estudado se faz necessário, garantir a manutenção e disponibilidade destes recursos no meio em que estão inseridos. É, portanto, fundamental a implementação de mecanismos de conservação ambiental (entendida como uso racional dos recursos, de modo que estes não corram riscos de extinção) e modelos de desenvolvimento sustentáveis (FERRO, 2006).

A Mata Atlântica é uma das formações florestais mais ameaçadas no Brasil. Em contraste com sua enorme diversidade e exuberância, mais de 70% da população brasileira vive no território deste bioma. Em relação à composição dos ecossistemas florestais, considera-se que os processos históricos de ocupação do território da Mata Atlântica tenham alterado severamente os padrões de diversidade deste bioma (OLIVEIRA, 2007).

Apesar da riqueza e do potencial que a biodiversidade brasileira representa, é ainda pouco conhecida e sua utilização tem sido muito negligenciada. A maior parte das atividades agrícolas do Brasil está, ainda, baseada em espécies exóticas. Portanto, é fundamental que se intensifiquem investimentos e se implementem programas de pesquisa na busca de um melhor aproveitamento desse imenso patrimônio natural.

No processo de industrialização e crescimento econômico a todo custo, houve a diminuição dos padrões da biodiversidade, resultando em alterações do ecossistema e seus elementos. O estudo do rendimento do óleo essencial, compostos existentes e respectivas ações biológicas das espécies nativas *Myrcia spectabilis* DC. e *Marlierea eugeniopsoides* (D. Legrand & Kausel) D. Legrand pode fornecer subsídios importantes para o uso do seu potencial medicinal.

Considerando a grande biodiversidade e o potencial biológico, econômico e social da Floresta Atlântica, registra-se a necessidade de conservar a grande biodiversidade ainda existente. Levando em consideração o valor das plantas medicinais não somente no uso terapêutico, mas também como recurso econômico, torna-se importante estabelecer linhas de ação voltadas para o desenvolvimento de técnicas de manejo ou cultivo, tendo em vista a utilização dessas espécies vegetais pelo homem aliada à manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (SIMÕES et al. 2003).

Diante do exposto e em função da diversidade vegetal, ganha grande relevância as pesquisas que contemplem a associação entre o recurso genético disponível na floresta e o uso sustentável dos recursos naturais. Contudo, faz-se necessária a formulação de estratégias de conservação, e desenvolvimento de pesquisas com espécies nativas, no sentido de garantir que a pressão sofrida pelo extrativismo seja substituída por uma gestão ambiental e manejo sustentável. Visando subsidiar produtores da agricultura familiar possibilitando o surgimento de trabalho e renda a partir dos produtos agroflorestais, mas numa perspectiva de desenvolvimento territorial sustentável.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar o estudo sobre o teor, composição química e ação biológica do óleo essencial de duas espécies de plantas ambas da família Myrtaceae, nativas do bioma Mata Atlântica, no litoral sul do Estado do Paraná.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o teor, composição química e diversidade dos óleos essenciais das duas espécies da família Myrtaceae nativas da Floresta Atlântica no litoral paranaense;
- Avaliar o rendimento e o efeito da sazonalidade na diversidade química do óleo essencial das espécies de estudo;
- Avaliar a ação biológica do óleo essencial frente às cepas bacterianas de interesse;
- Realizar ensaios biológicos de inibição enzimática do óleo essencial frente às enzimas alfa-glicosidase e acetilcolinesterase.

## 2 CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 DESENVOLVIMENTO E ECODESENVOLVIMENTO: UMA ESTREITA RELAÇÃO COM A BIODIVERSIDADE

Até o início dos anos de 1960, não se sentiu muito a necessidade de distinguir desenvolvimento de crescimento econômico. Todavia, foram surgindo evidências de que o intenso crescimento econômico ocorrido durante a década de 1950 em diversos países semi-industrializados, não se traduziu necessariamente em maior acesso de populações pobres a bens materiais e culturais, como ocorrera nos países consagrados desenvolvidos, começando pelo acesso a saúde e educação. Foi assim que surgiu o intenso debate internacional sobre o sentido de desenvolvimento. É muito frequente tratar o desenvolvimento como sinônimo de crescimento econômico ou afirmar que o desenvolvimento não passa de uma ilusão ou crença, complexo mesmo é o desafio enfrentado, que consiste em recusar essas duas saídas e tentar explicar que o desenvolvimento não pode ser amesquinçado como crescimento econômico (VEIGA, 2008).

Ainda segundo Veiga (2008), não há dúvidas de que o crescimento é um fator muito importante para o desenvolvimento, mas não devemos esquecer que no crescimento há uma mudança quantitativa, enquanto que o desenvolvimento a mudança é qualitativa, os dois estão ligados, porém não são a mesma coisa.

A ideologia do desenvolvimento se difere do progresso através de um economicismo dependente dessa relação externa de recursos. Com as ideologias políticas e o autoritarismo, o desenvolvimento fica restrito e não acontece de forma efetiva a todos, como ferramenta para se criar soluções originais aos problemas específicos de uma sociedade (FURTADO, 2008).

Para caracterizar uma concepção alternativa à política de desenvolvimento, o canadense Maurice Strong usou pela primeira vez em 1973 o conceito de ecodesenvolvimento. Esta nova visão de desenvolvimento integrou basicamente seis aspectos que deveriam guiar os caminhos do desenvolvimento: I- a satisfação das necessidades básicas; II- solidariedade com gerações futuras; III- participação da população; IV- preservação dos recursos naturais e meio ambiente em geral; V-

sistema social garantindo empregos e segurança social e VI- programas de educação (CAVALCANTI, 2003).

A emergência do movimento ambientalista no final da década de 1960 e o choque do petróleo nos anos 1970 trouxeram para a ordem do dia os temas da depleção dos recursos naturais de uso comum, das opções alternativas de geração de energia e da pobreza em escala global. Esse cenário impulsionou a crítica aos modelos de desenvolvimento econômico até então vigentes, apontando para uma incompatibilidade congênita entre os processos convencionais de crescimento econômico e a garantia de sobrevivência da espécie humana no longo prazo (FERNANDEZ, 2011).

Na época, a proposta de um novo estilo de desenvolvimento – o Ecodesenvolvimento – representava uma espécie de “terceira via”, colocando-se como uma alternativa à bipolarização que o debate então assumira: por um lado, a proposta do crescimento zero e por outro, as reivindicações desenvolvimentistas dos países do terceiro mundo: seu direito ao crescimento (FERNANDEZ, 2011).

O conceito só foi mais amplamente difundido com a publicação do relatório da ONU “Nosso Futuro Comum”, em 1987, também conhecido como “Relatório Brundtland”, o qual definiu desenvolvimento sustentável como aquele que satisfaz as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades. Dessa forma, o Relatório Brundtland norteou discussões sobre um modelo de crescimento econômico menos consumista e mais em sintonia com as questões ambientais, posteriormente, discutidas em muitas outras reuniões pelo mundo (SACHS, 2010).

Até a década de 1970, as teorias de desenvolvimento econômico concebidas para interpretar o capitalismo não levavam em conta os componentes ambientais, fossem eles renováveis ou não, como o esgotamento dos recursos naturais, a poluição ou a destruição dos ecossistemas. A desconsideração desses aspectos deve-se, sobretudo, ao fato de que, até aquele momento, a pressão das atividades humanas sobre o meio ainda não havia atingido um nível crítico. Foi, portanto, a partir dos anos 1970, quando as questões do meio ambiente e dos recursos naturais passam a configurar um problema para a humanidade, que elas começam a ser entendidas e tratadas enquanto tais, no âmbito das teorias econômicas (FERNANDEZ, 2011).

A extensão das consequências que se relacionam aos empreendimentos humanos (da biosfera às gerações futuras,) trouxeram novamente para o primeiro plano a questão da responsabilidade e, portanto, da ética, para o campo da Economia (FERNANDEZ, 2011).

“Trata-se de gerir a natureza de forma a assegurar aos homens de nossa geração e a todas as gerações futuras a possibilidade de se desenvolver” (SACHS, 1981, p.14). A noção de desenvolvimento sustentável representa uma alternativa ao conceito de crescimento econômico, indicando que, sem a natureza, nada pode ser produzido de forma sólida. Evidentemente, o ponto preciso onde a economia se localizará depende de considerações morais atinentes aos interesses de gerações presentes e futuras (CAVALCANTI, 1999).

Mas, por que tem se provado ser tão difícil moldar o comportamento humano de acordo com as necessidades de um futuro favorável à vida? Uma grande razão é a ampla escala que a humanidade alcançou. Somos bilhões de organismos individuais de tamanho considerável, cada qual com suas necessidades. A grande maioria da sociedade não está disposta a partilhar seu espaço com as plantas e animais selvagens. Tendo um modo de vida particular e deslocando-se de um lado para o outro. Conforme as civilizações tomaram a terra para produzir seus alimentos e utensílios necessários à sua sobrevivência, a mesma, sofreu um processo que a converteu de natureza selvagem em território humanizado (ENGELMAN, 2013).

Nesta linha de pensamento pode-se dizer que o momento atual do desenvolvimento capitalista, crescimento populacional, industrialização, poluição e descoberta dos recursos naturais finitos, se referem ao abuso capitalista da ciência e tecnologia, onde a larga expansão da tecnologia gerou um universo onde a dominação da natureza e seus recursos está vinculada à dominação da sociedade como um todo. No entanto, outras ciências surgem no viés do ecodesenvolvimento para tentar unificar os conceitos referentes à natureza buscando um equilíbrio entre as relações homem/natureza (BERNARDES e FERREIRA, 2005).

A degradação ambiental se manifesta como um sintoma de uma crise da civilização, onde ocorre o predomínio da ciência e tecnologia sobre o meio ambiente. A questão ambiental leva a problematização das bases de produção, apontando uma reorganização dos paradigmas econômicos para que seja possível a construção de

um futuro onde as bases econômicas sejam tratadas juntamente com as questões ambientais, assegurando um possível futuro para novas gerações (LEFF, 2011).

Diante de tais considerações, diversos instrumentos vêm sendo propostos na intuição do uso dos recursos provindos da natureza. Contudo, por não levarem em conta o valor dos produtos, não tem assegurado a sua eficiência racional. É neste campo que entra a valoração dos recursos naturais, que mensura os benefícios advindos do uso dos recursos da natureza, relacionando os fluxos de bens de consumo oferecidos pela natureza e atividades econômicas e humanas, pois, tornar sustentável os recursos naturais no presente é que garantirá seu uso no futuro (MOTA, 2006).

Ainda para Mota (2006), o meio ambiente através de seus diversos ecossistemas e recursos naturais, fornece para a sociedade um conjunto de produtos e serviços que podem ser por exemplo, produtos medicinais, alimentos, lazer e recreação entre muitos outros. Porém todos esses elementos estão sujeitos ao desgaste, à deterioração pelas mãos humanas e retornarem ao meio ambiente na forma de dejetos.

Como visto, as atividades humanas e econômicas têm causado danos muitas vezes irreversíveis para a natureza, através da exploração de seus recursos, acarretando na perda da biodiversidade, muitas vezes sem nem conhecer e entender as espécies. É nesse âmbito que as pesquisas com recursos naturais, atrelando aos pilares sustentáveis, tem grande valia pois o conhecimento de espécies nativas com potenciais de usos e de propagação, além de ajudar no equilíbrio do ecossistema, ainda pode gerar e agregar valor aos produtos obtidos da natureza.

## 2.2 BIOMA MATA ATLÂNTICA E O LITORAL PARANAENSE.

Geograficamente, o espaço utilizado pelo homem nos dias atuais, sofreu grandes transformações. Sendo um local com natureza pré-existente, que passou por evoluções biológicas diante de fatores bióticos e abióticos, com a existência de animais e plantas que viviam em ampla relação, as quais foram rudemente descaracterizadas ou interrompidas devido às ações antrópicas (VIANA, 2015)

A vegetação é um dos componentes de maior importância para a biota, pois a partir dela, são definidos os diversos habitats para as espécies, prestando inúmeros

serviços ambientais à sociedade, sem contar o fornecimento dos bens essenciais para a sobrevivência do homem. Neste contexto, é imprescindível que ocorra a proteção das florestas e para tanto, se faz necessário um conhecimento prévio das espécies existentes e suas características (VIANA, 2015).

Desde que o Brasil foi colonizado por portugueses e europeus, a riqueza natural que o país possui tornou-se alvo de interesses por parte de colonizadores e naturalistas. Muitos destes, atracaram em terras brasileiras levando consigo importantes conhecimentos referente a paisagem e biodiversidade do Brasil. Desde então, a prioridade estava na descoberta de novas terras, minérios, novas espécies de fauna e flora que poderiam ser potenciais fontes de alimento, medicamentos e outros produtos.

Apesar das expedições serem de caráter científica, estas, eram motivadas por intenções políticas e econômicas. Com o avanço dos processos de colonização do país, os conhecimentos a nível científico referentes à natureza intensificam-se, porém, o real interesse era a exploração dos recursos naturais, subordinação e contenção do povo indígena que ali existia, deixando de lado os estudos e pesquisas sobre a magnífica natureza local (PORTO-GONÇALVES, 2012).

Após esses acontecimentos, grande parte dos ecossistemas brasileiros sofreram alguma interferência antrópica, especialmente no que tange elementos bióticos, direta ou indiretamente, seja ela realizada pelos povos que ali habitavam seja, pela ocupação promovida pelos colonizadores. A invasão realizada pelos povos europeus acarretou na introdução de espécies vindas de locais distintos, sendo consideradas espécies exóticas, que se misturaram com as nativas do país e com isso, promovendo alterações químicas intensas na atmosfera, em corpos d' água e nos solos.

As primeiras iniciativas voltadas para a proteção da biodiversidade brasileira vieram somente no século XVII. Apesar das primeiras manifestações a favor do meio ambiente datarem do período colonial, foi somente em 1876, com iniciativa do Engenheiro André Rebouças, que foi proposta a implantação de dois parques nacionais, iniciativa esta que não teve sucesso. Foi então, no ano de 1937 com o governo de Getúlio Vargas que criou-se o primeiro Parque Nacional Brasileiro, na cidade de Itatiaia, no Rio de Janeiro. Em 1939, foram estabelecidos mais dois parques nacionais, sendo que a implementação de outras áreas de preservação da natureza, só seria concretizada vinte anos mais tarde (HASSLER, 2005).

Mais adiante, ocorreram mudanças novamente nas leis ambientais com a implantação do Código Florestal (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965), instituindo assim Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais. No entanto, o processo de desmatamento no Brasil continuou se intensificando. Ocorreu o surgimento de novas leis referentes ao meio ambiente, fauna e flora, porém a perda de biodiversidade permanece até os dias atuais.

Foi apenas na década de 1980, seguindo a tendência internacional, que a legislação brasileira começou a se preocupar propriamente com a manutenção do equilíbrio ecológico e reconhecer o direito de toda a sociedade, em usufruir dos serviços ambientais, fundamentais a uma vida digna e de qualidade. O país passou a ter maior reconhecimento a nível mundial após sediar a II Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, em 1992, sendo considerado como um dos países com maior biodiversidade do planeta, mas também apresentando grande diversidade de problemas ambientais (LUNELLI e MARIN, 2012).

Diante de tamanha diversidade ecológica em seu território o país possui biomas distintos, cada qual com suas particularidades. O bioma Mata Atlântica recebe grande destaque, sendo considerado um dos maiores repositórios de biodiversidade do planeta (VARJABEDIAN, 2010) que além da intensa fragmentação e destruição, continua sendo uma das florestas mais ricas em biodiversidade, jamais vistos em outros biomas (LINO e SIMÕES, 2004). A Floresta Atlântica é de imensa importância social e ambiental, pois a vegetação nativa ajuda a regular o fluxo hídrico, assegurando fertilidade dos solos, controlando o clima e protegendo escarpas e encostas de serras, assim, preservando um importante patrimônio natural e cultural (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2019).

A Mata Atlântica é considerada a segunda maior floresta do continente americano. Estendia-se de forma contínua ao longo da costa brasileira em sua porção sul. Atualmente é considerada um *hotspot* mundial de biodiversidade, ou seja, é considerada uma área prioritária para conservação. Embora grande parte tenha sido destruída, ainda abriga muitas espécies endêmicas de plantas e animais dos mais diversos (MYERS et al. 2000).

Diante da contínua ocupação humana e destruição da floresta, muitas espécies desapareceram de seus habitats originais antes mesmo de serem descobertas (DEAN, 1996). Por isso há uma grande importância o desenvolvimento de estudos que visem, além de descobrir possíveis produtos que beneficiem a população, ainda

contribuam na obtenção de protocolos de uso sustentável e racional da biodiversidade existente no Bioma Mata Atlântica. Esse imenso patrimônio genético possui alto valor econômico-estratégico inestimável em várias atividades, como no campo do desenvolvimento de novos medicamentos. Assim, todos os motivos que levam à proteção desse conjunto de ecossistemas, que nos prestam serviços gratuitos e constantes, parece óbvia.

Uma das grandes causas da perda de habitats é a exploração desenfreada dos recursos naturais, realizada pelo homem. Nessas situações os primeiros passos a serem tomados para a conservação da biodiversidade é realizar estudos para conhecimento dos elementos naturais com potenciais, existentes dentro do Bioma Mata Atlântica (DEAN, 1996; VARJABEDIAN, 2010). Registrando a necessidade de manter e manejar estes fragmentos florestais, com o intuito de conservar a grande biodiversidade ainda existente, que proporcionará muitas surpresas após a realização de pesquisas e um total conhecimento da diversidade genética existente.

O uso indiscriminado dos recursos naturais, sem observar as relações com o ambiente global como um todo, acaba comprometendo a manutenção da vida na terra. A desintegração dos ecossistemas é um reflexo de processos antrópicos e econômicos, onde as intensas explorações de recursos naturais alteram as condições originais de vida dos mesmos, gerando constantes desequilíbrios no meio ambiente e o conduzindo para a desagregação (MOTA, 2006).

Este meio ambiente, nos fornece um conjunto de recursos e matérias-primas que as organizações processam, gerando produtos para o consumo humano. Fornecendo à sociedade produtos e serviços tais como, alimentos, produtos medicinais que, se usados racionalmente, podem ter valor econômico e principalmente ecológico (MOTA, 2006).

O Brasil é considerado um dos maiores exportadores do mundo de matérias-primas e alimentos, obtendo resultados significativos através do emprego de componentes da biodiversidade mediante procedimentos biotecnológicos. Em território nacional, são encontrados importantes genes e metabólitos que, associados aos conhecimentos tradicionais, tornam-se imprescindíveis para pesquisas que são feitas para o descobrimento da cura dos vários males (CUNHA, 2008).

Existem na região do Bioma Mata Atlântica, inúmeras espécies nativas com importantes valores econômicos, mas acima de tudo, grande potencial químico e medicinal. Segundo Coradin (2011), a riqueza e potencial da biodiversidade brasileira

são pouco conhecidos, sendo primordial intensificar as pesquisas na busca de um melhor aproveitamento deste imenso patrimônio químico e genético.

A capacidade de utilização comercial, racional, de recursos genéticos é diversificada, abrangendo áreas como a pesquisa, alimentos, cosméticos e a farmacêutica. As espécies nativas desempenham papéis fundamentais no equilíbrio e manutenção dos ecossistemas, fazendo-se necessário iniciativas de pesquisas que estudem o verdadeiro potencial das espécies e que estas possam ser utilizadas como alternativa de cultivo para geração de renda de famílias, contribuindo com isso, para a manutenção das espécies nativas e dos recursos naturais (CORADIN, 2011).

A reversão das perdas de habitat e fragmentação requer melhorias na fiscalização e controle, além de mecanismos inovadores de incentivo. Com referência à biodiversidade, na área de domínio da Floresta Atlântica, podemos notar que, baseado nos atuais níveis de degradação desse ecossistema, sua biodiversidade já está comprometida, onde certamente muitas espécies já foram extintas antes mesmo de serem descritas pela ciência. Entretanto, este bioma mesmo com a área atual reduzida, colabora muito para que o Brasil seja considerado um país de megabiodiversidade.

Diante da tamanha degradação que afeta o Bioma Mata Atlântica, ainda podemos encontrar lugares onde o remanescente de vegetação nativa ainda se encontra bem conservada, como é o caso do litoral do Estado do Paraná.

De acordo com Tiepolo (2015), o litoral paranaense apresenta os últimos remanescentes de Floresta Atlântica costeira do Brasil. O não reconhecimento dos povos tradicionais que habitam a região do litoral do Paraná, amplia uma rede de conflitos ambientais, demonstrando com isso, uma política de abandono propositalmente instaurada neste local.

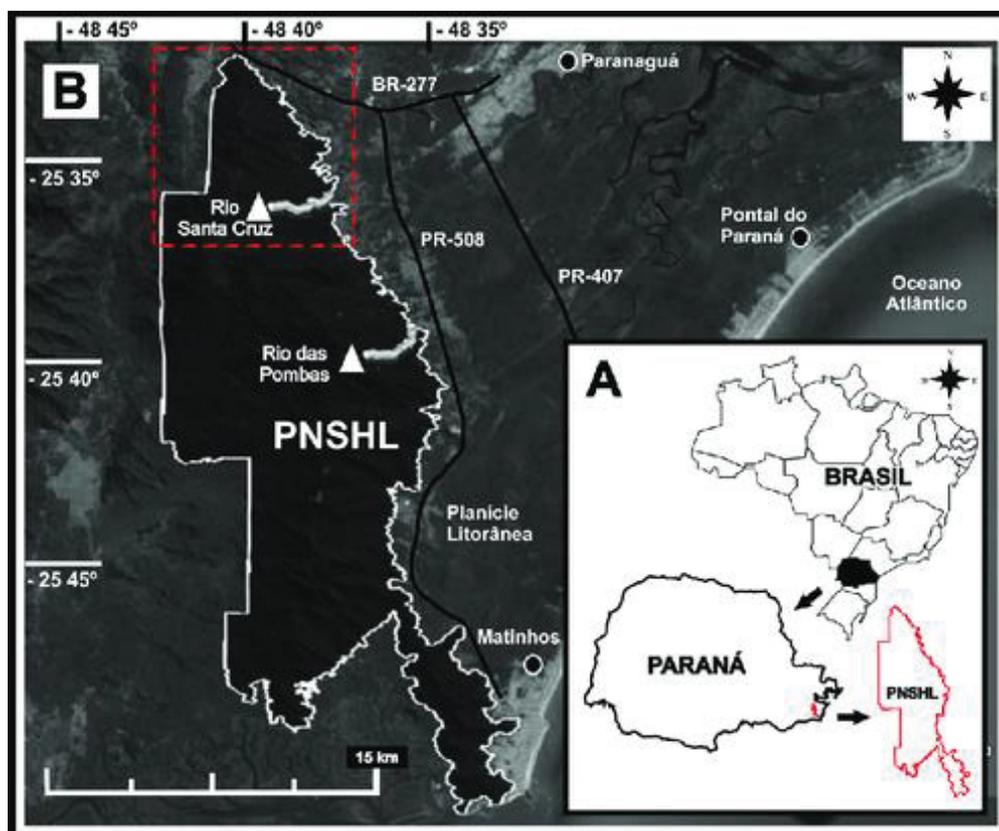
Os registros mais antigos de ocupação humana no litoral paranaense datam de 6.500 anos passados e são encontrados em particular nos sambaquis que são “remanescentes culturais de um povo que viveu no litoral de 3.000 a 5.000 anos passados”. A porção litorânea do estado do Paraná apresenta uma parcela considerável de conservação ambiental, sendo que estas áreas estão ligadas pelo Bioma Mata Atlântica e são protegidas por leis e delimitadas em unidades de conservação, que acabam sofrendo grandes pressões, no que tange as ocupações ilegais, domínio agrícola e atividades minerais e turísticas (ESTEVES, 2011, p.80).

Santos e Quadros (2016, p. 150) descrevem o litoral do Paraná como sendo:

“Dividido politicamente em sete municípios: Guaratuba, Matinhos, Pontal do Paraná, Paranaguá, Morretes, Antonina e Guaraqueçaba. Somadas suas áreas territoriais, os municípios totalizam 6.058,043 km<sup>2</sup> e apresentam uma diversidade de usos e ocupações dos territórios, com destaque para o desenvolvimento de atividades portuárias, pesqueiras, o turismo e a conservação da natureza” (SANTOS & QUADROS, 2016, p.150).

Para Medeiros (2011), as unidades de proteção integral constituem-se de imensa importância, pois seus benefícios são usufruídos por grande parte dos brasileiros. Como exemplos desses usos, podem ser citados a quantidade e a qualidade da água, o turismo e também a formulação de medicamentos advindos de espécies nativas encontradas em unidades de conservação, reservas e parques nacionais. Ainda, são de extrema significância em outro âmbito, o aquecimento global, ao mitigar a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, oriundos da degradação acelerada dos ecossistemas. No Brasil, os parques nacionais são de extrema relevância e caracterizam-se como de proteção integral. O qual inclui o Parque Saint-Hilaire/Lange que é a área-objeto do presente estudo (**FIGURA 1**).

**FIGURA 1.** IMAGEM DE SATÉLITE DO PARQUE SAINT-HILAIRE/LANGE.



FONTE: NAVARRO E QUADROS (2017). Disponível em : [https://www.researchgate.net/figure/A-localizacao-geografica-do-Parque-Nacional-de-Saint-Hilaire-Lange-PNSHL-B-contorno\\_fig1\\_320628000](https://www.researchgate.net/figure/A-localizacao-geografica-do-Parque-Nacional-de-Saint-Hilaire-Lange-PNSHL-B-contorno_fig1_320628000)

Segundo Esteves (2011, p.154):

“No litoral paranaense está concentrado o maior remanescente de floresta atlântica preservada no Brasil. Essa floresta, que já ocupou 1,3 milhões de Km<sup>2</sup> no território brasileiro, está atualmente reduzida, sendo que, destes, aproximadamente 30 mil km<sup>2</sup> encontram-se no Paraná. O clima do litoral do Paraná, embora classificado como subtropical, possui algumas características tropicais, apresentando uma variação característica de regiões tropicais com marcante distribuição ao longo do ano, ficando evidente a sazonalidade. Sugerindo que a área pode ser considerada faixa de transição entre as características climáticas tropicais e subtropicais” (ESTEVES, 2011, p.154).

Considerando a grande biodiversidade e o potencial biológico, econômico e social da Floresta Atlântica, registra-se a necessidade de manter e manejar estes últimos fragmentos florestais, conservando a grande biodiversidade ainda existente. A diversidade de espécies, ainda pouco conhecida e muito danificada, proporcionará muitas surpresas após trabalhos de pesquisa e seu completo conhecimento.

Com advento da revolução biotecnológica que usa como matéria prima os recursos provenientes da biodiversidade, surge a necessidade de se estabelecer normas de acesso e utilização dos benefícios advindos dos mesmos. Uma das formas de se extrair valor econômico da biodiversidade é a bioprospecção, que tem como objetivo a busca por organismos, genes, enzimas, compostos, processos e partes provenientes da diversidade biológica, que possuam potencial econômico, podendo levar ao desenvolvimento de um produto (MONTEIRO, 2014).

Conclui Monteiro (2014) que a partir do momento em que ocorrer a agregação de um justo valor à biodiversidade, proporcional a sua importante utilidade, desencadeará um maior apreço e incentivo à preservação da mesma. E considerando-se o valor que plantas como as medicinais apresentam, não apenas como recurso terapêutico, mas também como fonte de recurso econômico, torna-se importante estabelecer linhas de ação voltadas para o desenvolvimento de técnicas de manejo e cultivo, tendo em vista a utilização dessas espécies vegetais pelo homem, aliada à manutenção do equilíbrio dos ecossistemas. Ainda com isso, há a

possibilidade de propagação e cultivo das espécies, para obtenção de renda de famílias que vivem em regiões rurais, por exemplo (SIMÕES et al. 2003).

Diante do exposto, nota-se a importância de estudos de bioprospecção, para o desenvolvimento de novas tecnologias. No entanto, existe também a preocupação com a exploração destes recursos sem o devido conhecimento, acarretando em uma perda de biodiversidade. Por isso torna-se importante destacar maneiras de gerar o desenvolvimento sustentável em torno de medicamentos e novas tecnologias provindas de espécies nativas, mantendo sempre o foco no ecodesenvolvimento e com níveis mínimos de degradação da natureza, sabendo respeitar os limites de regeneração natural, para que não gere impactos para a população atual e futura.

### 2.3 BIOPROSPECÇÃO E O USO DE RECURSOS NATURAIS: A BUSCA POR SUBSTÂNCIAS BIOATIVAS

Os seres humanos diante de toda ganância pelas riquezas esqueceram-se de que estes recursos naturais são finitos e limitados. Colocando em risco sistemas ambientais e acelerando o processo de desaparecimento de espécies existentes nas grandes florestas. Diante desses fatos cresce o interesse científico referente ao conhecimento e ao potencial desses recursos naturais, muitas vezes interligando o conhecimento transmitido pelas comunidades tradicionais nativas sobre as plantas e seus usos (MAMEDE, 2015).

Como resultado das pressões antrópicas exercidas sobre a Mata Atlântica, é notória a perda de sua riqueza e diversidade florística, acarretando o desaparecimento de espécies nativas e ainda, ameaçando as que constam no local (CRUZ, 2017). Ao sediar a II Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, em 1992, o Brasil passou a ser reconhecido mundialmente como um dos países com maior biodiversidade de ecossistemas e espécies do planeta, mas também com grande diversidade de problemas ambientais (CANDIOTTO, 2016).

Após a conferência, houve o reconhecimento internacional da riqueza ecossistêmica e biológica que o país detém, bem como de seu potencial e importância no contexto do desenvolvimento sustentável, levando ao despertar sobre a necessidade de ações para a preservação e conservação da imensa diversidade biológica. A natureza então, passou a ser objeto de orgulho dos brasileiros. Contudo,

este orgulho depara-se com a triste realidade de intensa degradação ambiental proveniente de diversas fontes, como a falta de políticas públicas e ações preservacionistas, falta de investimentos em pesquisas científicas, acarretando no baixo conhecimento acerca dos recursos naturais e, manutenção de modelo de desenvolvimento pautado na extração de recursos naturais e produção de bens primários (CANDIOTTO, 2016).

É notável que a conservação e preservação da diversidade biológica garantem a sobrevivência do planeta como um todo, tornando-se uma necessidade estratégica que os países mais desenvolvidos em termos de tecnologias, protejam tal patrimônio. Por outro lado, os recursos advindos da natureza são capazes de fornecer uma ampla gama de produtos de importância econômica. Uma área que ganha destaque, está relacionada com medicamentos oriundos de fontes naturais, onde diversas pesquisas têm sido conduzidas a fim de incorporar os fitomedicamentos no mercado farmacêutico. Destaca-se ainda o mercado cosmético e o avanço da biotecnologia como usuários de produtos e serviços relacionados à biodiversidade (SILVA et al. 2017).

É sabido que o limite de recursos naturais disponíveis em escala global já foi atingido e que o modelo de desenvolvimento para as futuras gerações depende principalmente dos serviços que o meio ambiente pode proporcionar. E diante desses fatos, estudos voltados para os potenciais que os recursos provindos do meio ambiente podem trazer para a sociedade, estão sendo cada vez mais difundidos e são de extrema importância para o entendimento dos processos do sistema natural.

E pensando na sustentabilidade e preocupação com a perda da biodiversidade é que atua a bioprospecção. Atividades de descoberta, descrição e utilização de espécies de plantas e microrganismos é parte intrínseca da história da humanidade. O termo bioprospecção, foi formalmente cunhado em 1993 como sendo “pesquisa e uso da biodiversidade para a descoberta de recursos genéticos e substâncias bioquímicas comercialmente úteis” (LAIRD, 2002).

Entre as inúmeras finalidades da bioprospecção pode ser destacada a busca e desenvolvimento de novos fármacos, mostrando-se de grande importância visto que está relacionada com a saúde e bem-estar humano, não deixando de lado o quesito econômico (SACCARO JUNIOR, 2011).

A prática de recolher, analisar e comercializar materiais biológicos é considerada muito antiga. Há muito tempo as civilizações buscam novas formas de melhorar a produção de alimentos, o combater doenças e fazer outras descobertas capazes de melhorar a qualidade de vida. Ao longo desta história de comercialização de recursos biológicos, associados aos conhecimentos tradicionais acerca dos produtos naturais, nota-se novas variedades de cultivares, de medicamentos e de outros produtos. Os avanços da biotecnologia levaram a uma intensa exploração econômica dos recursos da biodiversidade, fazendo-se necessário estudos para entender os potenciais que os recursos naturais possuem (LAIRD, 2007; SCOTT, 2001).

A humanidade sempre dependeu da natureza para sua sobrevivência. De início baseava-se mais na caça e coleta, porém com o decorrer dos tempos passou para domesticação de plantas e animais. Depois de um tempo, os recursos naturais foram tidos como mercadoria, utilizados como moeda de troca. Na atualidade, a exploração, a extração e o uso dos recursos naturais estão incorporados de diferentes maneiras na cultura de basicamente todos os povos do mundo moderno (AZEVEDO, 2003).

Para Pontalti (2013, p.22):

“Os humanos são a espécie mais dependente dos recursos naturais, bem como carecem de uma diversidade biológica infinita para todas as suas necessidades. Nenhuma outra espécie requer tantos recursos para viver. Assim, seguem intrinsecamente vinculados à produção da biodiversidade para manter-se vivos no habitat” (PONTALTI, 2013, p.22).

Neste contexto, o Brasil é um dos maiores exportadores do mundo de matérias-primas e alimentos, obtendo resultados significativos através do emprego de componentes da biodiversidade atrelados a procedimentos biotecnológicos. Na biodiversidade que o país abriga, são encontrados importantes genes e metabólitos, considerados imprescindíveis para pesquisas que são realizadas com a finalidade de descobrir a cura dos vários males que ocorrem nos dias atuais (CUNHA, 2008).

A Medida Provisória Nº 2.186-16/01 regulamenta o inciso II do parágrafo 1º e o parágrafo 4º do art. 225 da CF/88 da Convenção sobre Diversidade Biológica, que tem como ênfase o acesso ao patrimônio genético, proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, repartição dos benefícios advindos desse

processo e a tecnologia usada na sua conservação e utilização. A Convenção sobre Diversidade Biológica determina que cada Estado confeccione leis que estabeleçam as condições e modos de uso sustentável do patrimônio genético (CUNHA, 2008).

O Brasil, enquanto possuidor de uma imensa biodiversidade, ocupa papel de destaque no debate sobre os potenciais da bioprospecção, detendo em seu território alguns dos ecossistemas mais ricos no quesito número e diversidade de espécies. Também é considerado um país de grande sociobiodiversidade, devido às comunidades tradicionais, que utilizam tecnologias de baixo impacto e conhecimentos riquíssimos à cerca dos recursos naturais, sendo usados como chave de acesso à própria diversidade (PEREIRA, 2009).

Além da riqueza natural e dos conhecimentos advindos dos povos, o Brasil possui algumas vantagens, como infraestrutura científica, dispondo de recursos humanos e instituições públicas de pesquisa com grande potencial para realizar as atividades de bioprospecção. Ainda, consiste em um grande mercado para os produtos como os da indústria farmacêutica e um importante ativo no comércio agrícola mundial. Porém, ainda que o país apresente todas estas vantagens, os resultados de estudos de bioprospecção são muito singelos, não conseguindo atingir princípios básicos como a exploração de recursos de uma maneira soberana e sustentável (PEREIRA, 2009).

Ao longo dos séculos, muitos conhecimentos, relacionados ao uso dos organismos existentes no meio ambiente, foram desenvolvidos e acumulados pelo ser humano, passando de geração para geração, até a atualidade. Grande parte deste conhecimento ainda é preservado entre os povos indígenas, caboclos, caiçaras, seringueiros e quilombolas que constituem as chamadas comunidades tradicionais (SANTILLI, 2004, p.342).

Juliana Santilli comenta:

“Os processos, práticas e atividades tradicionais dos povos indígenas, quilombolas e populações tradicionais que geram produção de conhecimentos e inovações relacionados a espécies e ecossistemas dependem de um modo de vida estreitamente relacionado com a floresta. A continuidade da produção desses conhecimentos depende de condições que assegurem a sobrevivência física e cultural dos povos tradicionais” (SANTILLI, 2004, p.342).

A bioprospecção é definida, pela Medida Provisória nº 2.186-16 de 2001, como sendo a “atividade exploratória que visa identificar componente do patrimônio genético e informação sobre conhecimento tradicional associado, com potencial uso comercial” (BRASIL, 2001).

Dean (2010), afirma de maneira geral, que a bioprospecção é uma atividade entranhada na cultura brasileira. Registros indicam que os índios utilizavam plantas para a construção de moradias e de canoas antes da chegada dos portugueses, usavam ainda, outras plantas medicinais para alívio das doenças. Com a chegada dos colonizadores portugueses, franceses e holandeses, as atividades de bioprospecção se intensificaram.

Mamede (2015, p. 6), expõe alguns pontos positivos de atrelar os conhecimentos tradicionais com a bioprospecção:

“O descobrimento de substância de origem vegetal com aproveitamento médicos e industriais; novas aplicações para substâncias já utilizadas; estudo das drogas vegetais e seu efeito no desempenho individual e coletivo dos usuários frente a determinados estímulos culturais ou ambientais; reconhecimento e a preservação de plantas potencialmente importantes em seus respectivos ecossistemas; histórico do conhecimento tradicional e dos complexos sistemas de manejo e conservação dos recursos naturais dos povos tradicionais; agenciamento de programas para o desenvolvimento e preservação dos recursos naturais dos ecossistemas tropicais e a descoberta de importantes cultivares manipulados tradicionalmente” (MAMEDE, 2015, p.6).

Dentro desta ótica, a bioprospecção contribui para melhorar as capacidades nacionais, agregando valor aos recursos para que sejam utilizados de maneira sustentável. Gerando a oportunidade de conservar a biodiversidade e preservar a sociobiodiversidade, além de promover o desenvolvimento dos países que detém tais recursos (PEREIRA, 2009).

Estudos etnobotânicos, químicos e biológicos que analisam usos e possíveis formas terapêuticas dos recursos vegetais tornam-se de imenso valor, podendo cooperar na elaboração de planos de conservação e incentivando o uso sustentável e racional da biodiversidade, ainda contribuem para o fortalecimento e crescimento de áreas como a farmacologia. O número de trabalhos no âmbito das atividades químicas e biológicas, com plantas nativas realizados em locais da Mata Atlântica é crescente, motivados pela imensa diversidade natural encontrada (CRUZ, 2017).

Acredita-se, portanto, que a bioprospecção pode ser uma importante estratégia para o desenvolvimento econômico do Brasil. Isso porque o país possui recursos naturais e uma megadiversidade que possibilita um patrimônio dos mais ricos do planeta quanto à oferta de materiais genéticos para estudos. Alguns destes materiais, já conhecidos por meio do conhecimento tradicional e científico, poderão auxiliar no desenvolvimento de produtos e de processos, trazendo ganhos em tempo e na redução significativa de custos.

Outros setores também podem se desenvolver no país se houver um modelo institucional bem estruturado, pois a bioprospecção abre um leque de oportunidades para vários setores da economia, desde a construção civil, na qual a biodiversidade serve de modelo para o desenvolvimento de novos materiais, até para o setor de cosméticos e higiene pessoal, alimentação, bebidas, saúde etc. O país possui, para tanto, boa infraestrutura de pesquisa com universidades de renome internacional, instituições de pesquisas públicas nos mais diversos setores, recursos humanos qualificados e reconhecidos no cenário internacional, desenvolvimento nas áreas da biotecnologia, megabiodiversidade e sociobiodiversidade. No entanto, o país não conseguiu criar competências para articular os agentes, para que as práticas de bioprospecção se desenvolvam e tragam benefícios para a sociedade de um modo geral.

## 2.4 PRODUTOS NATURAIS: PLANTAS MEDICINAIS E O DESENVOLVIMENTO DE FÁRMACOS

É datado de milhares de anos o uso de recursos naturais e plantas medicinais pelos seres humanos. É neste enfoque, que se torna importante a visualidade das pesquisas científicas que estudam e conhecem a fundo os recursos naturais e suas atribuições, que por muitas vezes passam despercebidas aos olhos da ciência. Com esses estudos é possível identificar novos compostos e recursos genéticos que possuam valor econômico e assim, podendo levar ao desenvolvimento de novos produtos e conseqüentemente uma alta para o desenvolvimento nacional, se explorada com racionalidade.

Dentre todas as finalidades destas pesquisas de bioprospecção a busca por compostos ativos e desenvolvimento de novos fármacos tem se tornado cada vez mais importante por estar relacionado diretamente com a saúde e bem-estar humanos. Ainda que existam diversas estratégias para elaborar novos fármacos a química de produtos naturais é favorecida pelos processos de seleção natural onde, os recursos advindos da natureza são capazes de fornecer respostas específicas (SACCARO JUNIOR, 2011).

Como o Brasil é considerado um país megadiverso, acarreta um acúmulo de informações referentes ao uso de plantas como alternativas medicinais. Segundo a Organização Mundial da Saúde é imprescindível que se realizem pesquisas acerca do potencial das plantas para fins medicinais e seus respectivos princípios ativos, para que seja possível garantir uma eficácia e segurança terapêutica (BATTISTI, 2013).

Haja vista a importância das plantas medicinais não apenas como recurso terapêutico, mas também como fonte de recurso econômico, é valoroso estabelecer linhas de ações voltadas para o manejo e/ou cultivo, tendo em vista a utilização dessas espécies vegetais pelos seres humanos, aliada à manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (SIMÕES et al. 2003).

Nas últimas décadas a sociedade percebeu o quão importante economicamente a biodiversidade e os conhecimentos tradicionais são para a ciência e tecnologia. Com isso, ocorreu uma intensa proliferação de informações referente aos recursos naturais e conhecimentos tradicionais, enfatizando que os mesmos podem ser úteis, seja no campo agrícola, como também no campo do conhecimento que as comunidades passam, referente ao uso da biodiversidade na utilização de plantas como medicamentos.

O uso dos produtos naturais, principalmente na terapêutica, é realizado desde as civilizações primitivas. E foi somente em meados do século XIX que se intensificaram os estudos a fim de caracterizar e aplicar os compostos isolados das plantas medicinais. Os avanços na ciência e tecnologia permitiram visualizar a imensa diversidade química que pode ser encontrada na natureza, como uma fonte de compostos ativos importantes (LIANG et al. 2006).

A bioprospecção tem um grande papel na descoberta de novos ativos provenientes de recursos naturais, pois está ligada diretamente com o estudo da biodiversidade, a fim de buscar novos recursos genéticos e bioquímicos de valor econômico e social, podendo fazer uso dos conhecimentos tradicionais e aplicando

tecnologias avançadas no intuito de desenvolver novos produtos, como por exemplo os farmacêuticos, cosméticos, agrícolas, entre outros diversos. Torna-se, portanto, fundamental para que indústrias reconheçam economicamente o valor que os recursos advindos da natureza possuem, causando impactos em diversos setores da economia (PEREIRA, 2009).

Ainda que a utilização de plantas tenha sido bem-sucedida, em um contexto histórico, o desenvolvimento da síntese química em larga escala, relegou para um plano secundário a pesquisa com produtos naturais, caracterizando-a de difícil acesso e com composições complexas que, não seriam competitivas com as bibliotecas de compostos sintéticos (STROHL, 2000).

No entanto, o que se pode verificar é que a química combinatória dos compostos sintéticos, não consegue fornecer estruturas em grande número e tão variadas como as que a natureza disponibiliza. Além disso, os produtos do metabolismo das plantas possuem características físico-químicas diversas, atuando como mediadores de funções biológicas e viabilizando a sua interação com sistemas biológicos (DEMAIN, 1999). Segundo Harvey (2000), cerca de metade dos agentes farmacológicos mais consumidos no mundo são de origem natural, provindos de recursos naturais, constituindo assim, uma prova inequívoca da importância destes compostos.

Em resumo, a natureza disponibiliza uma gama de diversidade de estruturas químicas, maior do que química combinatória e, por isso, assume um papel relevante na investigação farmacêutica e na descoberta de estruturas moduladoras de alvos terapêuticos. Apesar do grande número de moléculas e fontes naturais já estudadas, cerca de 90% da biodiversidade mundial está por estudar e seus metabolitos por testar, o que leva a enfrentar com grande esperança a descoberta de muitas mais estruturas com atividade biológica e potencial terapêutico, a partir de fontes naturais (HARVEY, 2000).

Dentre os componentes da biodiversidade, podemos dar um destaque especial às plantas medicinais que são usadas desde muito tempo no intuito de cura para as mais variadas doenças. Sendo estas, consideradas matérias-primas fundamentais para o desenvolvimento dos fitoterápicos.

De acordo com Firmo et al. (2011, p.91) planta medicinal é:

“Toda planta que administrada ao homem ou animal, por qualquer via ou forma, exerça alguma ação terapêutica. O tratamento feito com uso de plantas medicinais é denominado de fitoterapia, e os fitoterápicos são os medicamentos produzidos a partir dessas plantas. Sendo assim, a fitoterapia é caracterizada pelo tratamento com o uso de plantas medicinais e suas diferentes formas farmacêuticas, sem a utilização de princípios ativos isolados” (FIRMO et al., 2011, p.91).

Apesar da evolução no campo da medicina, as plantas ainda apresentam uma grande contribuição para a manutenção da saúde em países em desenvolvimento, destacando-se como um dos principais motivos, as condições de pobreza e a falta de acesso a medicamentos, relacionados com a fácil obtenção e tradição no uso das plantas medicinais, estas, se apresentam como fonte de princípios ativos com diversas ações farmacológicas. Assim, os recursos terapêuticos disponíveis até o século XIX eram puramente advindos de plantas medicinais e extratos vegetais. No século XX, inicia-se então a tendência de isolar os princípios ativos (FIRMO, 2011).

O mercado farmacêutico mundial está estimado em 505 bilhões de dólares. Este número demonstra a importância econômica do setor industrial farmacêutico juntamente com os produtos naturais, sendo estes de qualquer origem, como fonte de novos padrões moleculares, úteis para descoberta de novos fármacos. Assim, o Brasil, com o nível de maturidade científica alcançado, com vasta tecnologia e, aliado à sua invejável quimiodiversidade pode, na área da farmacologia, responder aos desafios contemporâneos com pleno sucesso, se houverem ações políticas efetivas (VIEGAS JUNIOR et al. 2006).

As plantas medicinais têm contribuído grandemente para o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas por meio de seus metabólitos secundários. Estes, são conhecidos por atuar direta ou indiretamente no organismo e com isso, inibir ou ativar importantes alvos moleculares e celulares. Perante a necessidade, a ciência busca a unificação do progresso com os benefícios que a natureza oferece, respeitando a cultura do povo em torno do uso dos recursos retirados da natureza (FIRMO, 2011).

Cerca da metade das espécies de plantas com grandes potenciais, vivem nas florestas tropicais e subtropicais. Estas florestas contêm um vasto reservatório de espécies, que oferecem compostos químicos de valor incalculável para o desenvolvimento de novos fármacos. O potencial para encontrar mais compostos é vasto, contudo, apenas cerca de 1% das espécies tropicais e subtropicais foram estudadas quanto ao seu potencial químico. A existência de produtos farmacêuticos

em potencial, oriundos das florestas para a medicina moderna, tem sido frequentemente citado como uma das razões mais importantes para a proteção destas florestas, sendo que, a alta taxa de extinção das espécies da biodiversidade é uma questão de preocupação, para dizer o mínimo (GURIB-FAKIM, 2006).

Em síntese, o uso de plantas como alternativa para a cura de doenças é datado de muitos séculos. No Brasil, no entanto, a regulamentação deste uso foi reconhecida a pouco tempo, sendo que em 2006 foi elaborada a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) que dentre muitos dos tratamentos alternativos, visa o uso terapêutico por meio dos fitoterápicos.

Ainda em 2006, foi criada a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, aprovada por meio do Decreto Nº 5.813, de 22 de junho de 2006, que estabelece diretrizes e linhas prioritárias para o desenvolvimento de ações voltados à garantia do acesso seguro e uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos no país, desenvolvimento de tecnologias e inovações, assim como o fortalecimento do uso sustentável da biodiversidade (BRASIL, 2006).

Os fitoterápicos estabelecem uma importante fonte de inovação em saúde, sendo muitas vezes, objeto de interesses empresariais. Nesse contexto impõe-se a necessidade de ações voltadas ao fortalecimento das bases produtivas e inovação local. Ainda, o desenvolvimento do setor de plantas medicinais e produtos fitoterápicos configura-se como importante estratégia para enfrentar desigualdades regionais, assim, promovendo inserção socioeconômica das populações de territórios caracterizados pelos indicadores sociais precários, podendo contribuir para a diminuição de discrepâncias de concentração de renda entre as regiões do país (BRASIL, 2006).

Nesse ponto, sabe-se que o Brasil, possui amplo patrimônio genético e imensa multiplicidade cultural, tendo em mãos a oportunidade para instaurar um modelo de desenvolvimento próprio e autossuficiente na área de saúde e uso de plantas medicinais priorize o uso sustentável dos componentes da biodiversidade e respeite os princípios éticos, juntamente com os compromissos que o país assumiu perante às diversas conferências sobre meio ambiente e diversidade biológica, e por fim, promover a geração de riquezas juntamente com a inclusão social.

Como resultado das pressões antrópicas exercidas sobre a Mata Atlântica, é notória a perda de sua riqueza e diversidade florística, acarretando o desaparecimento de espécies nativas e ainda, ameaçando as que constam no local (CRUZ, 2017).

Estudos etnobotânicos, químicos e biológicos que analisam usos e possíveis formas terapêuticas dos recursos vegetais tornam-se de imenso valor, podendo cooperar na elaboração de planos de conservação e incentivando o uso sustentável e racional da biodiversidade, ainda contribuem para o fortalecimento e crescimento de áreas como a farmacologia. O número de trabalhos no âmbito das atividades químicas e biológicas, com plantas nativas realizados em locais da Mata Atlântica é crescente, motivados pela imensa diversidade natural encontrada (CRUZ, 2017).

Sendo um campo em grande ascensão, as pesquisas com óleos essenciais de espécies nativas muitas vezes encontram componentes nas plantas que podem tornar-se excelente fonte para novos medicamentos e produtos de caráter agrícola. Sendo grande fonte de metabólitos secundários que possuem funções diversas, as plantas tornaram-se alvos das pesquisas de investigação fitoquímica. Esses estudos podem ser feitos a partir dos materiais vegetais frescos ou secos em processos extrativos diversos e com o emprego de variadas técnicas para a caracterização dos metabólitos.

## 2.5 ÓLEOS ESSENCIAIS

Uma das alternativas usadas hoje, para a aplicação de plantas em tratamentos de variadas doenças é o estudo da bioatividade de óleos essenciais (SANTOS, 2010). São muitos os exemplos da importância de precursores na síntese de fármacos, sendo importante ressaltar a contribuição dos produtos naturais como fornecedores de insumos para o ramo farmacêutico. A investigação desses recursos levou ao desenvolvimento de anestésicos locais, anticolinérgicos, bloqueadores adrenérgicos, antibióticos, imunossupressores, dentre outros (SIMÕES et al. 2017).

Diante das informações referentes à utilização de plantas na indústria farmacêutica, toma um destaque especial os óleos essenciais. Estes, chamados de óleos essenciais ou óleos voláteis são substâncias complexas, voláteis e lipofílicas que geralmente são odoríferas e líquidas, provenientes do metabolismo de plantas, tendo como características mais marcantes a volatilidade e o aroma intenso e agradável. São compostos de uma gama diversificada de constituintes químicos, sendo estes, classificados de acordo com a sua concentração (SIMÕES et al. 2017).

Outro aspecto é que pelo fato de serem naturais e biodegradáveis, geralmente apresentam baixa toxicidade aos mamíferos e podem atuar sobre várias moléculas-

alvo ao mesmo tempo, quando comparado a fármacos sintéticos, tornam-se substâncias chaves para a pesquisa de novos medicamentos (FIGUEIREDO et al. 2008).

A atividade dos óleos essenciais engloba ação fitoterápica, antiviral, antisséptica, nutricional, antifúngica, entre outras (BURT, 2004). Porém, a composição e a atividade de um óleo essencial podem ser modificadas por vários aspectos, desde o modo de extração, a fatores próprios da planta e do ambiente em que ela está inserida (SILVA et al. 2011).

Os óleos essenciais apresentam atividade contra uma ampla variedade de microrganismos. Os compostos e suas porcentagens presentes nos óleos variam de acordo com a espécie considerada, as condições de coleta e extração, e as partes da planta utilizadas. Os principais compostos isolados dos óleos essenciais são terpenos e seus derivados oxigenados (SOLÓRZANO-SANTOS e MIRANDA-NOVALES, 2011).

Os óleos essenciais são provenientes de matéria-prima de origem vegetal, sendo traço característico de alguns grupos taxonômicos, encontrando-se na maioria das estruturas vegetais, com maior frequência em folhas, flores e frutos (HENRIQUES et al. 2009). Os óleos são obtidos de diversas maneiras, porém a forma mais comum de obtenção desses produtos finais é arraste de vapor ou pelo método de hidrodestilação. Além destas técnicas ainda podem ser empregadas extrações com o uso de solventes, com gorduras, fluido supercrítico e micro-ondas (HENRIQUES et al. 2009).

No entanto, diversos compostos químicos podem ser encontrados dependendo do método de extração aplicado, como por exemplo, substâncias com baixa pressão de vapor e relativa hidrofobicidade até óleos fixos, estes, diferindo assim dos óleos essenciais por possuírem propriedades físicas e químicas desiguais. Esse fato é atribuído a três rotas metabólicas principais que são: a rota do metileritritol, a via do mevalonato e a via do chiquimato. A série terpênica formada na via do metileritritol e do mevalonato que corresponde aos monoterpenos, diterpenos e sesquiterpenos é de grande ocorrência e o óleo essencial apresenta intensa variabilidade estrutural (HENRIQUES et al. 2009).

O uso dos óleos essenciais é milenar, em países como a Índia, anciãos utilizavam óleos aromáticos em muitos rituais religiosos a 1000 anos a.C. Em escritos gregos de cerca de 287 anos a.C., já são registrados usos de plantas para a obtenção de óleos essenciais. Esses produtos são utilizados em larga escala como aromatizantes, cosméticos, remédios dentre muitos outros (SILVA, 2007).

Em face ao amplo uso dos óleos essenciais pela indústria, os estudos intensificam-se progressivamente, demonstrando que muitas espécies nativas possuem diversas empregabilidades, principalmente no que tange o meio farmacêutico. Devido as suas composições químicas complexas e diversas, os óleos essenciais apresentam resultados excelentes com ensaios enzimáticos, ensaios antibacterianos, antifúngicos dentre muitos mais.

São importantes também como matérias-primas para a indústria de perfumaria e cosméticos, onde há uma demanda constante por novos produtos. Pesquisas apontam para o uso sustentável da biodiversidade dos ecossistemas brasileiros como uma alternativa real para suprir algumas das demandas do mercado. Por isso estudos científicos precisam ser aprofundados no sentido de garantir o uso sustentável dos recursos naturais numa perspectiva de soberania nacional e geração de novos produtos e tecnologia para a sociedade (SANTOS, 2010).

Os óleos essenciais consistem em um importante conjunto de matérias primas para inúmeras indústrias, constituem-se de uma mistura complexa de diversas classes de substâncias que provém do metabolismo secundário das plantas. Este, por sua vez, pode ser influenciado por diversos fatores, temos como mais comuns a genética, o clima (temperatura, intensidade de luz, efeito sazonal, etc.) (AMARAL, 2015).

Grande parte das espécies nativas utilizadas, são encontradas em uma forte interação com o meio ambiente em que está inserida. As informações referentes ao efeito que as condições ambientais têm sobre o metabolismo secundário de plantas, advêm maiormente de esforços da pesquisa, com uma visão de maximizar a produção de constituintes ativos das espécies. O aumento na produção de compostos de interesse é resultado dos avanços para entender a influência dos fatores externos na síntese dos metabólitos secundários.

De fato, os metabólitos secundários representam um campo de interação química entre o ambiente e as plantas. Os incentivos que decorrem do ambiente que a planta se insere, são capazes de redirecionar a rota metabólica, e com isso gerar a biossíntese de compostos múltiplos e com características distintas. Dentre estes fatores, podem-se ressaltar as interações da planta com mecanismos bióticos e abióticos, sendo de fato válido ressaltar que, estes fatores podem apresentar relações entre si, não comportando-se isoladamente e assim sendo capaz de exercer influência no metabolismo secundário das espécies.

Em um estudo sobre os metabólitos de origem vegetal, descreveu os metabólitos secundários, sendo estes opostos aos primários. A posteriori este conceito foi revisto devido a possível origem dos metabólitos secundários a partir de mudanças secundárias do metabolismo nitrogenado vegetal. Os metabólitos secundários em comparação aos primários apresentam-se em uma quantidade menor, estando relacionados diretamente com as interações que a planta realiza com o ecossistema em que se insere (MARQUES, 2016).

O entendimento das configurações dos compostos presentes nos óleos essenciais de espécies nativas é de grande importância para muitos ramos da indústria, considerando que regularmente as atividades biológicas encontradas nos mesmos deriva dos compostos que estão presentes nestes óleos. Contudo, os óleos apresentam uma complicada química o que torna difícil a correlação entre as atividades biológicas com os compostos existentes. Salvo alguns casos em que há a presença de um constituinte majoritário em ampla distribuição e assim, evidenciando a relação entre a química e as atividades biológicas dos óleos (HENRIQUES et al. 2009).

Não são todos os vegetais que possuem óleos essenciais, geralmente são mais abundantes em dicotiledôneas. As famílias que recebem um destaque maior por possuírem diversas espécies com essas características são a *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Myristicaceae*, *Myrtaceae*, *Pinaceae*, *Rosaceae* e *Rutaceae* (VIDO, 2009).

É notável a crescente busca por substâncias bioativas, capazes de atuar frente a diversas doenças, ou até mesmo em sinergismo com medicamentos já existentes, com o intuito de potencializar sua ação e dentre as pesquisas acabam se destacando

os ensaios antimicrobianos. Estes que atualmente são desafiadores para a medicina por estarem cada vez mais aparentes em buscas por substâncias mais ativas contra os diversos microrganismos, que se tornam resistentes a inúmeros antimicrobianos já existente no mercado.

Além dos testes antimicrobianos, as pesquisas vão mais além, buscando nos óleos essenciais propriedades analgésicas, anti-inflamatórias, antitumorais, antioxidante e ainda, buscar óleos que consigam inibir enzimas-chave, como é o caso da acetilcolinesterase, amplamente ligada à Doença de Alzheimer.

Sendo o uso de plantas medicinais uma tradição antiga e considerada uma solução alternativa para problemas na saúde, auxilia a farmacologia moderna na descoberta de novos potenciais contidos nas mais variadas espécies de plantas. Em decorrência disso, é fato que muitas drogas sintéticas tem como base direta ou indiretamente plantas medicinais. Com isso, estudos para entender as propriedades químicas das plantas é crescente e importante na busca de novos compostos.

Esse estudo abordará discussões a respeito do tema. A principal refere-se ao uso do óleo essencial de plantas nativas do Bioma Mata Atlântica como agentes fitoterápicos. E também o uso dos produtos naturais e como isso afeta o bioma onde estes se encontram.

## 2.6 FAMÍLIA MYRTACEAE E AS ESPÉCIES ESTUDADAS

A família Myrtaceae é uma das mais características da flora brasileira, apresentando potencial e significativo interesse econômico para o Brasil. Entre suas espécies são encontradas vegetais medicinais, ornamentais, produtores de madeiras e de frutos comestíveis, usada na fabricação de papel, carvão vegetal e madeira. A família está inserida na ordem Myrtales (Myrtiflorae) e compreende cerca de 150 gêneros com aproximadamente 5.500 espécies. Estão distribuídas principalmente em regiões tropicais e subtropicais do mundo (MORESCO, 2014).

São plantas lenhosas, arbustivas ou arbóreas, com folhas inteiras e que apresentam glândulas oleíferas. As flores são em geral brancas ou em alguns casos, vermelhas. Produzem frutos baciformes ou capsular loculicida e como característica

possuem o tronco de casca lisa, separando-se todo o ano o ritidoma, que se renova com cada estação de crescimento (MORESCO, 2014).

No Brasil, a família é uma das mais importantes. Compreendem cerca de 23 gêneros com aproximadamente 130 espécies. Algumas espécies da família Myrtaceae são citadas como sendo empregadas em problemas gastrointestinais, infecciosos, podendo a sua ação estar voltada para as propriedades adstringentes que as plantas possuem. Ainda, são relatadas atividades antimicrobianas, antimutagênica, hipoglicêmica, diurética, antioxidante e anti-inflamatória, tendo como partes mais usadas as folhas, e os frutos que em algumas espécies podem ser comestíveis (ALCÂNTARA, 2012).

### 2.6.1 O GÊNERO *Myrcia* E A ESPÉCIE *Myrcia spectabilis*

Para Moresco (2014, p.29) o gênero *Myrcia* é:

“Um dos maiores gêneros americanos de Myrtaceae, com mais de 300 espécies distribuídas do México até o Sul do Brasil, sendo 17 dessas espécies encontradas no Sul do Brasil. É constituído por subarbustos, arbustos ou árvores que apresentam inflorescências e suas flores geralmente se dispõem em grupos de três em três”(MORESCO, 2014, p.29).

“Espécies do gênero *Myrcia* têm sido utilizadas na medicina popular como adstringentes, diuréticos, para estancar hemorragias e no tratamento de hipertensão, úlceras e principalmente de diabetes mellitus” (MORESCO, 2014, p.30).

Dentre as inúmeras espécies do gênero destaca-se a espécie *Myrcia spectabilis* DC. Que é conhecida como guapixava, nome que vem do Tupi-Guarani e significa “Fruta que aperta a guela”. Isso pelo fato de a garganta se fechar com o consumo do fruto, também é chamada de Guamirim perta-guela e ameixa do mato. Árvore de pequeno porte, atingindo 4 a 8 m de altura, copa cilíndrica, ramificada, com ramos jovens. O tronco possui a casca lisa de coloração clara, com cerne avermelhado que geralmente não ultrapassa 20 cm de diâmetro. As folhas são opostas, cartáceas (textura de cartolina), pecíolo de 2 a 4 mm de comprimento. A lâmina foliar é mais longa que larga, em forma de lança, medindo 12 a 26 cm de comprimento por 4 a 7 cm de largura. As flores nascem em cachos de formas variadas, nos brotos formados no fim do inverno. Os frutos são amarelos ficando vermelho e

por fim arroxeados quando totalmente maduros, são arredondados, medindo 1,5 a 2,3 cm de diâmetro, contendo 4 a 8 sementes com forma de rim e esverdeadas e frutificam nos meses de outubro e novembro. Ocorre exclusivamente na floresta pluvial e de encosta da Mata Atlântica, aparecendo no estado do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (SOBRAL, 2015). Uma melhor visualização da espécie pode ser dada pela **FIGURA 2**.

**FIGURA 2.** ESPÉCIE *Myrcia spectabilis* DC.



Fonte: a autora (2019).

#### 2.6.2 O GÊNERO *Marlierea* E A ESPÉCIE *Marlierea eugeniopsoides* (D. LEGRAND&KAUSEL) D.

No Brasil, o gênero *Marlierea* ocorre desde a região central ao sul do país (MESSIAS, 2005). *Marlierea* se caracteriza especialmente por apresentar o hábito arbóreo ou arbustivo, as inflorescências em panículas (de fascículos), raramente em racemos, cimeiras ou dicásios, axilares e/ou terminais, botões florais geralmente fechados, pétalas frequentemente ausentes e o fruto é uma baga (ROSÁRIO, 2004).

Em meio às várias espécies do gênero *Marlierea*, pode-se destacar a espécie *Marlierea eugeniopsoides* (D. Legrand&Kausel) D. Legrand. A espécie conhecida como Guamirim ou Guamirim-branco, tem sua distribuição geográfica de São Paulo ao Rio Grande do Sul, no domínio da Mata Atlântica. É uma árvore com uma média de 5 metros de altura, possui flores e frutos que podem ser comestíveis. Reconhecida pelas folhas com ápice longo acuminado, frequentemente oblongas, com numerosas

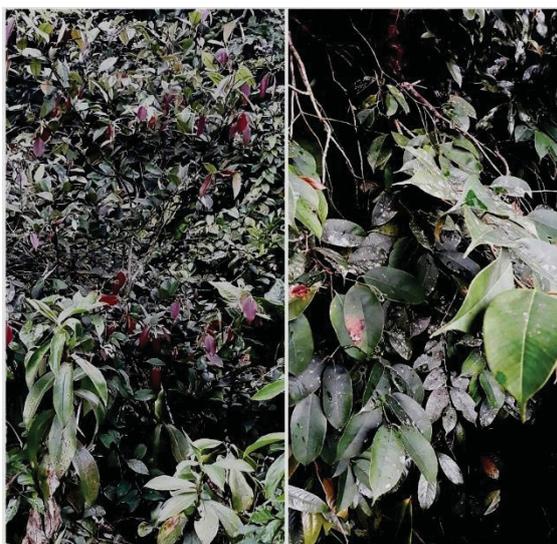
nervuras secundárias. Em alguns espécimes as glândulas são grandes e opacas, sendo visíveis a olho nu na face abaxial das folhas (LIMA, 2015; SOBRAL, 2015). Essa espécie nativa habitada na Mata Atlântica, tem sua floração constatada entre os meses de novembro e janeiro. Seus frutos costumam aparecer de março a agosto, esses que são comestíveis e suprem as necessidades da avifauna (SCHWIRKOWSKI, 2010).

Ainda para Schwirkowski (2010), trata-se de uma:

“Arvoreta de até 5 m. Ramos novos, pecíolos e face abaxial das folhas novas, eventualmente folhas adultas (então especialmente sobre a nervura central na face abaxial) com tricomas rufescentes de 0,3-0,8 mm. CórTEX rugoso. Folhas lanceoladas ou oblongo-lanceoladas, 100-140 x 40-60 mm, discoloradas na natureza e em material herborizado; ápice longo-acuminado ou acuminado; base obtusa ou cuneada, raro cordada; nervura central sulcada na face adaxial e saliente na abaxial; nervuras secundárias 20-30 pares, pouco evidentes na face adaxial e visíveis, eventualmente salientes, na abaxial, entremeadas por nervuras intersecundárias com aproximadamente o mesmo calibre; nervura marginal 0,5-2 mm, às vezes uma segunda nervura presente, 0,5-0,7 mm da borda; pecíolos 3-7x 1-2 mm. Inflorescências panículas reduzidas, ramificadas uma vez, glabras, 3-7- floras, o eixo central 10-25 x 0,8 mm, os eixos secundários quando presentes até 10 mm, ocasionalmente as inflorescências unifloras. Pedicelos ausentes ou globosos, glabros, 3-4 x 3-4 mm, o cálice completamente soldado e apiculado, rompendo-se na antese em lobos irregulares de até 4 x 3 mm, às vezes um lobo maior que os demais, assemelhando-se a uma caliptra. Frutos globosos, 10-25 mm de diâmetro, negros quando maduros” (SCHWIRKOWSKI, 2010).

Para melhor entender as estruturas fisionômicas da espécie *Marlierea eugeniopsoides*, segue a **FIGURA 3**.

**FIGURA 3.** ESPÉCIE *Marlierea eugeniopsoides* (D. LEGRAND&KAUSEL) D. LEGRAND.



Fonte: a autora (2019).

## REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, G. A. **Caracterização farmacognóstica e atividade antimicrobiana da folha e casca do caule da *Myrcia rostrata* DC.** 2012. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas (FF) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- AMARAL, W. **Prospecção de espécies aromáticas silvestres dos Campos Gerais da Mata Atlântica do Paraná.** (2015). Tese (Doutorado) do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Produção Vegetal. 137 f. Curitiba, 2015.
- AZEVEDO, M.C.A. **Bioprospeccao: coleta de material biologico com a finalidade de explorar recursos geneticos.** Caderno 17 (2a edicao); Serie *Ciencia e Pesquisa*; Conselho da Reserva da Biosfera da Mata Atlantica, 35p. 2003.
- BATTISTI, C.; GARLET, T.M.B.; ESSI, L.; HORBACH, R.K.; ANDRADE, A.; BADKE, M.R. Plantas medicinais utilizadas no município de Palmeira das Missões, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p.338-348, jul. 2013.
- BERNARDES, J.A.; FERREIRA, F.P.M. **Sociedade e Natureza.** In: CUNHA, S.B. GUERRA, A.J.T. A questão ambiental: diferentes abordagens. 2º edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 248 p.
- BURT, S. **Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review.** International Journal of Food Microbiology, v.94, n.3, p. 223-53, 2004.
- BUZZATO, A. C. **As comunidades locais e os conflitos de uso dos recursos naturais no litoral sul do Estado Do Paraná.** 2009. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2009.
- BRASIL. **Medida Provisória nº 2.186-16, de 23 de agosto de 2001.** Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e transferência de tecnologia para sua conservação e utilização, e dá outras providências. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Brasília, 2001.
- BRASIL. **Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos.** Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. Brasília, 2006.
- CANDIOTTO, L. Z. P. Brazilian ecosystems: degradation and capabilities. **RBPG**, Brasília, v.13, n.32, p. 603 - 630, 2016.
- CAVALCANTI, C. **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas.** 2 ed. São Paulo: Cortez. 436 p. ISBN: 85-249-0662-6, 1999.

CAVALCANTI, C. V.; FURTADO, A.; STAHEL, A.; RIBEIRO, A.; MENDES, A.; SEKIGUCHI, C.; CAVALCANTI, C.; MAIMON, D.; POSEY, D.; PIRES, E... MAGALHÃES, A.R. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. Cortez Editora; Fundação Joaquim Nabuco, 4<sup>o</sup> edição, 2003.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011. 934p.

CUNHA, F.A.B.; SANTOS, E.B.; JÚNIOR, F.A.T.B. **Bioprospecção: Marcos Legais para a Proteção da Biodiversidade e Normatização do Acesso ao Patrimônio Genético e seus Derivados**. XXI Encontro Regional de Estudantes de Direito e Encontro Regional de Assessoria Jurídica Universitária. 2008.

CRUZ, A. L. D. **O uso de recursos vegetais pela comunidade do Perequê, Guarujá-SP**. 2017. 71 f. Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e e Marinheiros, Santos, SP, 2017.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira**. 1<sup>a</sup>ed. São Paulo: Ed.Companhia das letras, 484p., 1996.

DEAN, W. **A ferro e fogo – a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. Companhia das Letras, São Paulo, 2010.

DEMAIN, A.L. **Pharmaceutically active secondary metabolites of microorganisms**. "Appl. Microbiol. Biotechnol." 52(4): 455-463, 1999.

DIEGUES, A. C. **O mito moderno da natureza intocada**. 1. ed. São Paulo: Hucitec, 1994.

ENGELMAN, R. **"Além do blablá da sustentabilidade"**. In: ASSADOURIAN, Erik & PRUGH, Tom (org.) Estado do mundo 2013: A Sustentabilidade Ainda é Possível? Universidade Livre da Mata Atlântica: Salvador, BA: Uma Ed., 2013. Pp. 3-16.

ESTEVES, C.J.O. **Vulnerabilidade socioambiental na área de ocupação contínua do litoral do Paraná - Brasil**. 2011. 354 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2011.

FERNANDEZ, B. P. M. Ecodesenvolvimento, Desenvolvimento Sustentável e Economia Ecológica. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 23, p. 109-120, jan./jun. 2011.

FIGUEIREDO, A. C.; BARROSO, J.G.; PEDRO, L.G.; SCHEFFER, J.J.C. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. **Flavour and Fragrance Journal**, v.23, n.4, p. 213-26, 2008.

FIRMO, W.C.A.; MENEZES, V.J.M.; PASSOS, C.E.C.; DIAS, C.N.; ALVES, L.P.L.; DIAS, I.C.L.; NETO, M.S.; OLEA, R.S.G. Historical context, popular use and scientific conception on medicinal plants. **Cad. Pesq.**, São Luís, v. 18, n. especial, 2011.

FURTADO, C. **Teoria e política do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Cia das Letras, 2008.

GURIB-FAKIM, A. Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. **Molecular Aspects Of Medicine**, [s.l.], v. 27, n. 1, p.1-93, 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mam.2005.07.008>.

HASSLER, M.L. A importância das unidades de conservação no Brasil. **Sociedade & Natureza**, 17(33), 79-89, 2005.

HARVEY, A. **Strategies for discovering drugs from previously unexplored natural products**. "Drug Discov. Today" 5(7): 294-300, 2000.

HENRIQUES, A.T.; SIMÕES-PIRES, C.A.; APEL, M.A. Óleos essenciais: importância e perspectivas terapêuticas. In: YUNES, R.A.; CECHIMEL FILHO, V. (orgs.). **Química de produtos naturais, novos fármacos e a moderna farmacognosia**. 2.ed. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2009. p.219-256.

LAIRD, S. **Biodiversity and traditional knowledge – equitable partnerships in practice**, Edited By Sarah Laird, Earthscan Publications Ltd., London & Sterling (USA), 2002.

LAIRD, S. **Bioprospecting: securing a piece of the pie**. In: World Conservation, July 2007.

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. 8. Ed. Tradução Lúcia Mathilde Endlich Orth. Editora Vozes. Petrópolis, RJ. 2011.

LIANG, X.T.; FANG, W.S. **Medicinal chemistry of bioactive natural products**. Wiley Interscience, 2006.

LIMA, D.L.; CADDAH, M.K.; GOLDENBERG, R. A família Myrtaceae na Ilha do Mel, Paranaguá, Estado do Paraná, Brasil. **Hoehnea** 42(3): 497-519, 7 fig., 2015.

LINO, C. F.; SIMOES, L. L., **Sustentavel Mata Atlantica - A Exploração de seus recursos florestais**, Senac Editoras, ed. 1ª, 2004.

LUNELLI, A.; MARIN, J.D. Ambiente, políticas públicas e jurisdição. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Educs, 2012. 43 p.

MACHADO, M. S. **Saber local em um contexto de desenvolvimento territorial sustentável: etnobotânica da comunidade caiçara do parati e entorno, Guaratuba, PR**. 2017. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável, Universidade Federal de Paraná, Matinhos, 2017.

- MAMEDE, J.S.D.S. **Os recursos vegetais e o saber local na comunidade rural São Miguel em Várzea Grande, MT: uma abordagem etnobotânica.** 2015. 140 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.
- MARQUES, A. P. D. S. **Produtividade e perfil químico de óleo essencial de acessos de *Varronia curassavica* Jacq. em diferentes horários de coleta e período sazonal.** 2016. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2016.
- MEDEIROS, R.; YOUNG, C.E.F.; PAVESE, H. B.; ARAÚJO, F. F. S. **Contribuição das Unidades de Conservação brasileiras para a economia nacional: sumário executivo.** Brasília: MMA, 2011.
- MESSIAS, K.L.S. **Estudo fitoquímico e farmacológico das folhas e caules da *Marlierea tomentosa* Camb.** 2005. 62f. Dissertação (Mestrado) em Ciências Farmacêuticas, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2005.
- MONTEIRO, F. X. **O acesso e a utilização da biodiversidade brasileira e dos conhecimentos tradicionais Associados como instrumento de viabilização do desenvolvimento sustentável.** 2014. 108f. Dissertação (mestrado)- Pós-Graduação em Direito, Escola superior dom Helder Câmara, Belo Horizonte, 2014.
- MORESCO, H. H. **Estudo fitoquímico e biológico de quatro espécies da família myrtaceae.** 2014. 190 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- MOTA, J.A. **O valor da natureza: economia e política dos recursos ambientais.** Rio de Janeiro: Garamond, 2006.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature.** v.403, p. 853-858, 2000.
- NAVARRO, M.A.; QUADROS, J. Impacto de um desastre natural sobre o habitat e a ocorrência de *Lontra longicaudis* (Mustelidae, Carnivora) na Serra da Prata, Paraná, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, [s.l.], v. 107, p.1-8, 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4766e2017039>.
- PEREIRA, A.M. **Condicionantes institucionais para bioprospecção no Brasil.** Dissertação(mestrado)- Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia. Campinas-SP, 2009.
- PONTALTI, S. **Insustentável sustentabilidade.** 2013. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Direito, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2013.
- PORTO-GONÇALVES, C. W. P. **A globalização da natureza e a natureza da globalização.** 4. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2012.

ROSÁRIO, A. S. **O gênero marlierea cambess. (myrtaceae) na amazônia brasileira.** 2004. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Botânica, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2004.

SACHS, I. **Espaços, tempos e estratégias do desenvolvimento.** São Paulo: Vértice, 1981.

SACHS, I. **A Terceira Margem. Em Busca do Ecodesenvolvimento.** São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

SACCARO JUNIOR, N. L. **Desafios da bioprospecção no Brasil, Texto para Discussão.** No. 1569, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília. (2011).

SANTILLI, J. **Conhecimentos Tradicionais Associados à Biodiversidade: Elementos para a Construção de um Regime Jurídico Sui Generis de Proteção.** In: VARELLA, Marcelo Dias & BARROS-PLATIAU, Ana Flávia (Org.). Diversidade Biológica e Conhecimentos Tradicionais (Coleção Direito Ambiental, 2). Ed. Del Rey: Belo Horizonte, 2004.

SANTOS, B. C. B. **Fitoquímica e ensaios biológicos de óleos essenciais de *Pimenta pseudocaryophyllus* e *Hedychium coronarium* da Mata Atlântica do Estado de São Paulo.** Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, 2010.

SANTOS, P.A. QUADROS, J. **Atores sociais e conflitos socioambientais: Uma caracterização da localidade do Parati, Guaratuba, litoral do Paraná.** In: REIS, R.A. Litoral do Paraná: território e perspectivas volume 1 sociedade, ambiente e gestão. Curitiba, PR. Brazil Publishing, 2016.

SILVA, M.G.V. **Óleos essenciais: composição química, biossíntese, técnicas de extração, atividades farmacológicas e importância econômica.** Em: MORAIS, S.M., BRAZ-FILHO, R. Produtos naturais: estudos químicos e biológicos. Fortaleza: EdUECE, 2007. 238p.

SILVA, F.; FERREIRA, S.; QUEIROZ, J.A.; DOMINGUES, F.C. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: its antibacterial activity and mode of action evaluated by flow cytometry. **Journal of Medical Microbiology**, ago. 2011.

SILVA, L. E.; AMARAL, W.; ALBUQUERQUE, U.P.; Uso sustentável da biodiversidade e conservação de recursos naturais. **Guaju**, Matinhos, v.3, n.1, p. 2-10, 2017.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento.** 5ª edição. Editora da UFSC, 2003.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R.(Orgs). **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento.** Porto Alegre: Artmed. 486p. 2017.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F.; LUCAS, E. Myrtaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015 Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB10589>>.

SOLÓRZANO-SANTOS, F.; MIRANDA-NOVALES, M.G. Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. **Current Opinion in Biotechnology**, v.23, p.1-6, 2011.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Portal SOS Mata Atlântica, 2019**. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br>> Acesso em: 25 abr. de 2019.

SCOTT, P. **Bioprospecting as a conservation tool: history and background**. Crossing Boundaries in Park Management: Proceedings of the 11th Conference on Research and Resource Management in Parks and on Public Lands, edited by David Harmon. The George Wright Society, 2001.

SCHWIRKOWSKI, Paulo. **Marlierea eugeniopsoides (D. Legrand & Kausel) D. Legrand**. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/florasbs/myrtaceae/guamirim-ferro>>. Acesso em 10 mar. 2019

STROHL, W.R. The role of natural products in a modern drug **Discovery program**. "Drug Discov. Today" 5(2): 39-41, 2000.

TIEPOLO, L.M. A inquietude da mata atlântica: reflexões sobre a política do abandono em uma terra cobiçada. **Guaju**, v.1, n.2, p. 96-109, 2015

VARJABEDIAN, R. **Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. Estudos avançados**. vol.24, n.68, pp.147-160. ISSN 0103-4014, 2010.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 3º edição, 2008.

VIANA, D. B. **Vulnerabilidade de Biomas às mudanças climáticas: o caso da Mata Atlântica no litoral do Paraná**. 2015. 358 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

VIEGAS JUNIOR, C.; BOLZANI, V.S.; BERREIRO, E.J. Os produtos naturais e a química medicinal moderna. **Quim. Nova**, Vol. 29, No. 2, 326-337, 2006.

VIDO, D. L. R. **Comparação da composição química e das atividades biológicas dos óleos essenciais de folhas de populações de *Hedyosmum brasiliense* Mart. exMiq. provenientes da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira (Mata Atlântica)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente). Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. 2009.

### 3 CAPÍTULO II: TEOR E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE DUAS ESPÉCIES DE MYRTACEAE

#### 3.1 INTRODUÇÃO

A natureza é produtora da maioria das substâncias orgânicas conhecidas. Sendo o reino vegetal o que mais contribui para o fornecimento de componentes, muitos destes compostos podem ser empregados em indústrias como a química, farmacêutica, cosmética, alimentos, dentre outras mais.

As plantas produzem uma quantidade extremamente grande de compostos, muitos destes, com estruturas químicas muito complexas e que não apresentam uma função bem definida para os organismos produtores, por não possuírem um determinado papel no metabolismo dos mesmos. A estes metabólitos chamamos de especiais ou metabólitos secundários que podem apresentar imensa relevância terapêutica (KREIS et al. 2017).

Estes metabólitos secundários diferem-se dos primários pelo fato de não fazerem parte do crescimento e desenvolvimento da planta, tendo como funções a defesa da planta e atração de polinizadores. Todas as plantas são capazes de sintetizar metabólitos secundários, porém é nas plantas selvagens que os mesmos são comumente encontrados, devido ao fato que ao longo de seu ciclo evolutivo criaram mecanismos de adaptação para competir com outras, assim, assegurando sua sobrevivência (VIZZOTTO et al. 2010).

Para Branquinho (2015, p.23) é fato que metabólitos secundários representam a interface química entre as plantas e o ambiente:

“Os estímulos decorrentes do ambiente, no qual a planta se encontra, podem redirecionar a rota metabólica, ocasionando a biossíntese de diferentes compostos. Dentre estes fatores, podem-se ressaltar as interações planta/microrganismos, planta/insetos e planta/planta; idade e estágio de desenvolvimento, fatores abióticos como luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta, bem como técnicas de colheita e pós – colheita. É válido ressaltar que estes fatores podem apresentar correlações entre si, não atuando isoladamente, podendo exercer influência conjunta no metabolismo secundário” (BRANQUINHO, 2015, p.23).

Os óleos essenciais são encontrados nos órgãos das plantas e estão relacionados com várias funções referente à sobrevivência do vegetal em seu ecossistema. As bolsas secretoras encontram-se, com frequência, nas folhas, nas

raízes, caules e casca. Os constituintes químicos encontrados no reino vegetal são sintetizados e degradados por inúmeras reações anabólicas e catabólicas, que compõem o metabolismo das plantas (STEFFENS, 2012).

O termo óleo essencial é usado para designar líquidos oleosos e voláteis que tem como característica marcante o aroma forte, estes são extraídos principalmente de plantas. Tendo como técnicas mais empregadas para sua extração o arraste a vapor e a hidrodestilação, no entanto podem ser obtidos através de outros mais processos. Estes óleos são produtos obtidos de partes de plantas, sendo seu uso milenar, datando de muitos anos antes de cristo (SILVA, 2007).

Os óleos essenciais apresentam composição química bastante variável e seu rendimento é pequeno quando comparado a massa inicial úmida, contudo, apresentam uma ampla diversidade de constituintes. Nas amostras de óleo essencial, geralmente são identificados mais de 60 compostos distintos, sendo que as classes mais encontradas são os fenilpropanóides, terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos) e seus derivados oxigenados (BRANQUINHO, 2015).

Ainda, para Branquinho (2015, p.22), os terpenóides, entendidos como os terpenos e seus análogos oxigenados, representam uma classe variada e extensa de compostos:

“Eles são formados por várias unidades de isoprenos (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) unidas. Esses compostos são subdivididos de acordo com o número de unidades de isopreno existentes. Os monoterpenos, espécie mais comum nos óleos essenciais, são isômeros compostos por duas unidades de isopreno, isto é, possuem 10 átomos de carbono. Os sesquiterpenos, por sua vez, são formados por três unidades, ou seja, 15 carbonos, enquanto, os diterpenos, os triterpenos e os tetraterpenos (carotenoides) são formados, respectivamente, por quatro, seis e oito unidades” (BRANQUINHO, 2015, p.22).

Diante do exposto, este capítulo tem o objetivo de analisar a composição química das espécies *Myrcia spectabilis* DC. e *Marlierea eugeniopsoides* (D. Legrand & Kausel) D. Legrand. em quatro estações do ano distintas. Ainda, verificar o rendimento do óleo essencial das folhas frescas das duas espécies, também realizado nas quatro estações do ano e assim, apurar o efeito que a sazonalidade tem perante o óleo essencial.

## 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

A coleta das folhas da espécie foi realizada no Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange no litoral sul do Estado do Paraná, nas quatro estações do ano (**QUADRO 2**), a fim de verificar a influência da sazonalidade na produção do óleo essencial. O material foi coletado sob autorização do ICMBio número 49770-2 e encaminhado para o Laboratório de Pré-análise Química e Biologia da Universidade Federal do Paraná, Setor Litoral, onde foi realizada a extração do óleo essencial.

**QUADRO 2.** DATAS DA COLETA DOS MATERIAIS E O PERÍODO DE COLETA.

Estação	Data da coleta	Período
Primavera	24/11/2017	Manhã
Inverno	10/07/2017	Manhã
Outono	19/06/2018	Manhã
Verão	10/03/2018	Manhã

Fonte: a autora (2019).

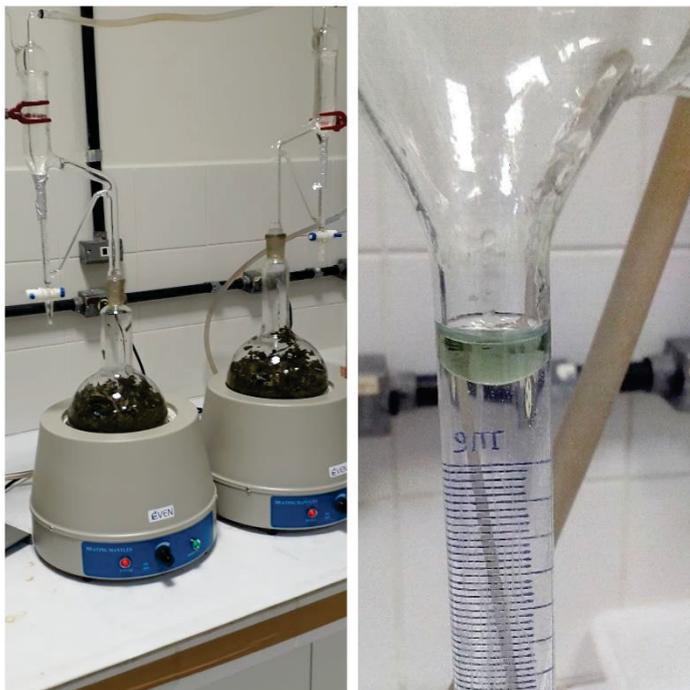
### 3.2.2 EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais foram extraídos das folhas frescas (100 g), por meio do método de hidrodestilação, utilizando-se um aparelho tipo Clevenger modificado conectado a um balão de fundo redondo com capacidade de 2 litros. O processo de extração foi realizado por um período de 4 horas, mantendo-se a mistura em ebulição (AMARAL, 2015). Os hidrolatos obtidos foram coletados e centrifugados. Com o auxílio de uma pipeta, o óleo essencial foi retirado e acondicionado em eppendorf, mantido a baixa temperatura. O processo de hidrodestilação e o óleo pronto para a retirada e armazenamento podem ser visualizados na **FIGURA 4**.

Foram calculados também, os rendimentos da massa seca, do material utilizado para extração, onde são pesadas 10 g do material fresco e acondicionado

em estufa a 45° C por 24 horas. Após esse tempo calcula-se o peso da massa seca do material (AMARAL, 2015).

**FIGURA 4.** MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL POR HIDRODESTILAÇÃO EM APARELHO CLEVENGER E ÓLEO ESSENCIAL PRONTO PARA SER RETIRADO APÓS QUATRO HORAS DE EXTRAÇÃO.



Fonte: a autora (2019).

### 3.2.3 RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL

A biomassa foi obtida, nas estações de inverno, primavera, verão e outono, a partir de cortes das partes aéreas das plantas. Toda a matéria verde obtida foi pesada em triplicatas de 10g para realização do cálculo da massa seca e em triplicatas de 100 gramas para realização da extração. Os parâmetros de avaliação foram o teor de umidade da biomassa e o rendimento de extração em base livre de umidade. O rendimento do óleo essencial, extraído de biomassa aérea, foi calculado com base na matéria seca ou base livre de umidade. No cálculo, utilizou-se a equação adaptada de Girard et al. (2007):

$$TO = \frac{VO}{MS} \times 100$$

Onde: TO = teor de óleo em % ou ml de óleo essencial em 100 g de biomassa; VO = volume de óleo obtido; MS= quantidade de biomassa seca, isenta de água ou livre de umidade; e 100 = fator de conversão para percentagem.

#### 3.2.4 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

As amostras de óleos foram encaminhadas ao Laboratório de Produtos Naturais e Ecologia Química do Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná. Antes da injeção cada amostra foi diluída para 1% com diclorometano (99,9%). A análise de cromatografia em fase gasosa foi realizada em cromatógrafo da marca Shimadzu GCMS-TQ8040, split 90 acoplado a espectrômetro de massas. As medidas GC-MS foram realizadas usando uma coluna capilar não polar Rtx-5MS (5% difenil + dimetil polissiloxano a 95%, 30 m × 0,25 mm i.d. × 0,25 µm espessura do filme), operado sob condições de temperatura programada de 60 ° C a 250 ° C a 3 ° C por minuto. O gás portador era hélio com um vazão de 1,02 mL min<sup>-1</sup> e velocidade linear de 36,8 cm s<sup>-1</sup> e a pressão da cabeça da coluna era constante a 59 kPa. A porta de injeção foi fixado em 250 ° C, com um volume de injeção de 1,0 µL no modo dividido (proporção 1:10) (SANTOS et al. 2014).

Após o procedimento de cromatografia foram realizadas as análises dos cromatogramas em um programa denominado GCMS Postrum Analysis, do qual obteve-se a identificação dos componentes presentes nas amostras de óleo essencial. Os dados encontrados foram comparados com os resultados da bibliografia específica (ADAMS, 2017).

#### 3.2.5 ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram desenvolvidas utilizando-se os softwares Past® e Microsoft Excel® 2016. Com o software Past® realizou-se análises de agrupamento – Cluster, utilizado visando a formação de grupos com base na distância euclidiana. Permitindo assim, uma apreciação da qualidade da determinação das variáveis e das similaridades dos constituintes químicos encontrados nas amostras do óleo essencial coletado das duas espécies em períodos sazonais. Para as análises dos componentes principais (ACP) também utilizou-se o software Past®. A análise dos componentes principais do óleo essencial proporciona uma inter-relação entre os compostos químicos encontrados no óleo essencial das espécies do estudo.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos para conhecimento das espécies nativas com potencial terapêutico ganham grande relevância. Conhecer a composição química e possíveis atividades biológicas relacionadas com os óleos essenciais advindo de recursos naturais nativos amplia a possibilidade de criação de protocolos de uso sustentável da biodiversidade.

A seguir, observa-se os resultados de composição química e rendimento das duas espécies de Myrtaceae do litoral paranaense. Inicia-se, portanto, com a **TABELA 1**, onde estão dispostos os rendimentos do óleo essencial de ambas as espécies.

**TABELA 1.** RESULTADOS DO RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Myrcia spectabilis* DC. E *Marlierea eugeniopsoides* (D. LEGRAND&KAUSEL) D. LEGRAND.

<i>Marlierea eugeniopsoides</i>	
Estação	Rendimento %
Primavera	0,29
Verão	0,17
Outono	0,45
Inverno	0,32
<i>Myrcia spectabilis</i>	
Estação	Rendimento %
Primavera	0,02
Verão	0,15
Outono	0,04
Inverno	0,02

Fonte: a autora (2019).

Com base nos resultados do rendimento do óleo essencial pode-se observar que a espécie que obteve o maior rendimento foi a *Marlierea*, com pico máximo de rendimento na estação do inverno com 0,45%. Por outro lado, a espécie *Myrcia spectabilis* teve baixo rendimento, sendo que seu maior rendimento foi no verão com 0,15%, ainda, a estação da primavera foi aonde as duas espécies tiveram seu mais baixo rendimento.

Gobbo-Neto e Lopes (2007), em seu trabalho, demonstram alguns fatores que podem influenciar no rendimento e também na composição química dos óleos essenciais. Segundo eles, a época em que ocorre a coleta do material é um dos

fatores de maior importância, visto que a quantidade de planta coletada e até mesmo a natureza dos constituintes ativos não é constante durante o ano todo. Além disso, o horário da coleta e as condições em que a planta está inserida também alteram o rendimento do óleo.

Os metabólitos secundários que são os compostos de interesse nos óleos essenciais e que são responsáveis pelos efeitos terapêuticos e biológicos, tem a sua concentração e produção influenciada diretamente pelos fatores ambientais e fisiológicos, apresentando-se como um dos principais obstáculos ao processamento do óleo essencial no setor industrial (SOUZA et al. 2011).

De fato, os metabólitos secundários representam uma interface química entre o ambiente e a planta, portanto, sua síntese é frequentemente afetada por condições ambientais. Variações temporais, espaciais e as proporções relativas de metabólitos secundários em plantas ocorrem em diferentes níveis e, apesar da existência de um controle genético, a expressão pode sofrer modificações resultantes da interação de processos bioquímicos, fisiológicos, ecológicos e evolutivos (SOUZA et al., 2011).

Para Chaves (2012), estudos sobre os fatores que influenciam no rendimento e composição química do óleo, ainda são escassos e os que são realizados, restringem-se a um determinado grupo de espécies comercialmente importantes, que podem ter sofrido pressões seletivas por humanos, visando características específicas. Portanto, o comportamento dessas plantas pode não ser representativos de plantas nativas selvagens ou de outros habitats. Ainda, SOUZA et al. (2011, p.10) afirma que:

“Na dinâmica de crescimento, desenvolvimento e estádios fenológicos das espécies vegetais, há alterações bioquímicas e fisiológicas capazes de modificar a elaboração de substâncias biologicamente ativas, nos aspectos qualitativos e quantitativos, influenciando diretamente no teor e na qualidade dos óleos essenciais” (SOUZA et al, 2011, p.10).

Como a espécie *Myrcia spectabilis* apresentou um baixo rendimento em todas as estações do ano, realizou-se um estudo complementar, a fim de verificar se em processos de secagem e moagem das folhas a planta apresentaria maior rendimento do óleo. Utilizou-se o método de granulometria para realizar os ensaios. A coleta do material foi realizada no Parque Saint-Hilaire/Lange no dia 10/ 06/2019.

Na **TABELA 2** constam os tamanhos das folhas utilizadas para a extração do óleo essencial, juntamente com os pesos das amostras para realização do cálculo para verificação da perda de umidade.

**TABELA 2.** TIPO DE AMOSTRAS UTILIZADAS NO ENSAIO DE GRANULOMETRIA DA ESPÉCIE *Myrcia spectabilis*, JUNTAMENTE COM AS AMOSTRAS DE 5g DE MATERIAL VEGETAL PARA REALIZAR O CÁLCULO DE MASSA SECA DAS AMOSTRAS.

Folhas	Peso	Quantidade
Folhas frescas inteiras	100g	3
Folhas inteiras secas	50g	3
Folhas secas rasuradas (18,85 mm)	50 g	3
Folhas secas pó (1,7 mm)	50g	3
Folhas frescas inteiras	5g	3
Folhas inteiras secas	5g	3
Folhas secas rasuradas (18,85 mm)	5g	3
Folhas secas pó (1,7 mm)	5g	3

Fonte: a autora (2019).

As folhas que foram submetidas à secagem, ficaram na estufa de circulação de ar por um período de 24 horas com temperatura de 45 °C. Utilizou-se um moinho da marca Arbel para triturar as amostras em dois tipos de partículas, após este processo o pó foi passado em peneiras de 1,7 mm e as folhas rasuradas passaram por peneiras de 18,85 mm. Após a pesagem das 100 gramas para as folhas frescas e 50 gramas para folhas secas, o material foi submetido à hidrodestilação para extração do óleo essencial. Na **TABELA 3** encontra-se o resultado do rendimento do óleo essencial da espécie *Myrcia spectabilis* depois de realizados os procedimentos acima descritos.

**TABELA 3.** RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *Myrcia spectabilis*, coletadas no dia 10/06/2019.

Folhas	%
Folhas frescas inteiras	0,07
Folhas inteiras secas	0,15
Folhas secas rasuradas (18,85 mm)	0,22

---

Folhas secas pó (1,7 mm)	0,29
--------------------------	------

---

Fonte: a autora (2019).

Pode-se verificar que o maior rendimento do óleo da espécie deu-se com as folhas secas e em pó com 0,29 % de rendimento do óleo. Ainda, com as folhas secas e rasuradas a porcentagem do óleo também teve aumento, chegando a 0,22%. Neste sentido, o estudo conduzido demonstrou que o processo de secagem e moagem das folhas de *Myrcia spectabilis* são mais efetivos para o aumento do rendimento do óleo essencial.

No manuseio de ensaios com óleos essenciais, faz-se necessária uma série de cuidados em meio aos processos, dentre os quais incluem-se a secagem, o tipo a fragmentação da amostra e as condições de armazenamento. Sendo a secagem realizada após a colheita, ocorre a minimização de perdas de substâncias biologicamente ativas que decorrem da degradação enzimática associada à presença de água (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Costa et al. (2005, p.956):

“A secagem das plantas aromáticas e medicinais visa minimizar a perda de princípios ativos e retardar a sua deterioração em decorrência da redução da atividade enzimática, permitindo a conservação das plantas por um período maior para a sua posterior comercialização e uso. Além disso, os processos de secagem afetam sobremaneira o rendimento e a composição química das espécies, especialmente as aromáticas por possuírem substâncias muito voláteis” (COSTA et al. 2005, p. 956).

A fragmentação da matéria vegetal também possui importância, pois quanto menor a partícula, mais expostos estarão os princípios ativos. Como os óleos essenciais localizam-se em estruturas diversas, a fragmentação do material vegetal pode influenciar diretamente no rendimento extrativo (COSTA et al. 2005). Ainda, no estudo realizado por Costa et al. (2005), com a espécie *Cymbopogon citratus*, verificou que o rendimento de óleo variou em função dos diferentes tamanhos de fragmentos da matéria seca, onde a mesma, reduzida a pó proporcionou maior rendimento de óleo do que os fragmentos com 1 e 20 cm de comprimento.

Braga (2002), verificou que a secagem de folhas de *Eucalyptus citriodora* em leito fixo aumentou 2.5 vezes o rendimento em óleo essencial sem alterar o teor de seu componente principal citronelal. Com isso, podemos verificar que na espécie

*Myrcia spectabilis* o maior rendimento do óleo essencial dá-se pela moagem e secagem das folhas.

### 3.3.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ESPÉCIES

A família Myrtaceae é uma das mais características da flora brasileira, apresentando potencial e significativo interesse econômico para o Brasil. Entre suas espécies são encontradas plantas medicinais, ornamentais, produtores de madeiras e de frutos comestíveis, usada na fabricação de papel, carvão vegetal e madeira. Estão distribuídas principalmente em regiões tropicais e subtropicais do mundo (WILSON et al. 2011).

Em levantamento bibliográfico referente às espécies *Marlierea eugeniopsoides* e *Myrcia spectabilis*, não se obteve dados sobre estudo do seu óleo essencial, composição química ou rendimento. Os trabalhos encontrados referiam-se apenas à composição florística da mesma, não abrangendo estudos mais aprofundados na questão fitoquímica.

Segundo Heinzmann, Spitzer e Simões (2017, p.167),

O número de componentes de um óleo volátil costuma variar de 20 a 200, sendo chamados, de acordo com a concentração na mistura, de constituintes majoritários (de 20 a 95%), constituintes secundários (1 a 20%) e componentes-traço (abaixo de 1%) (HEINZMANN, SPITZER e SIMÕES, 2017, p. 167).

Toda a diversidade funcional dos metabólitos secundários deriva de três rotas metabólicas principais: a via do metileritritol, originando os monoterpenos (C10) e os diterpenos (C20), a origem dos sesquiterpenos (C15) dá-se pela via do mevalonato, já a do chiquimato origina os fenilpropenos (C6-C3). A série terpênica é o grupo químico de maior ocorrência e com maior variabilidade estrutural presente em óleos essenciais (HENRIQUES et al. 2009).

Torna-se de imensa importância realizar estudos com o intuito de verificar os quimiotipos presentes no óleo essencial a fim de garantir a qualidade deste óleo e propiciar a inclusão desta planta no mercado de fitomedicamentos.

Com o intuito de melhor visualização dos compostos químicos e suas respectivas estruturas, consta no **ANEXO 1** os cromatogramas da composição química e do composto majoritário e no **ANEXO 2** constam as imagens dos compostos

majoritários e suas respectivas estruturas químicas encontradas no óleo essencial das duas espécies. Ainda, no **ANEXO 3**, é possível verificar o gráfico com todos os compostos químicos por estação do ano de ambas as espécies.

Para o estudo dos componentes voláteis do óleo considerou-se apenas os compostos que estavam presentes em um percentual igual ou superior a 1%. Após a análise do óleo essencial oriundo das folhas de *Myrcia spectabilis*, foram identificados 11 compostos no inverno, 14 na primavera, 10 no verão e 13 no outono, os demais são inferiores ao valor estabelecido ( $\geq 1\%$ ). Já os resultados do óleo essencial para a espécie *Marlierea eugeniopsoides* foi de 7 compostos no inverno, 7 na primavera, 10 no verão e 9 no outono. Na **TABELA 4**, constam os compostos químicos encontrados na espécie *Myrcia spectabilis* em todas as estações do ano.

**TABELA 4.** CONSTITUÍNTES QUÍMICOS ENCONTRADOS NO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE *Myrcia spectabilis* EM TODAS AS ESTAÇÕES DO ANO.

Compostos químicos	Inverno	Verão	Primavera	Outono
	%	%	%	%
Germacreno D	8,41	17,98	23,34	11,9
Biciclogermacreno	9,87	25,96	16,18	9,7
$\delta$ -cadineno	4,07	5,69	5,76	4,02
Germacreno B	13,28	7,27	0	19,94
Espatuleno	4,73	0	0	0
Cubeban-11-ol	2,22	0	0	6,64
Rosifoliol	2,38	0	0	2,09
epi- $\alpha$ -Muurolol	7,24	9,04	2,87	6,52
$\alpha$ -Muurolol	2,18	0	0	0
$\alpha$ -Cadinol	8,73	9,66	6,68	8,94
$\alpha$ -Muuroleno	1,33	0	1,29	0
trans-Cadina-1,4-diene	0	0	1,19	0
$\alpha$ -Guaieno	0	0	6,19	0
$\gamma$ -Muuroleno	0	0	1,55	0
Viridifloreno	0	0	3,24	0
$\gamma$ -cadineno	0	0	1,48	0
cis-Muurool-5-en-4-a-ol	0	0	13,69	0
Viridiflorol	0	0	6,53	0
cis-Cadin-4-en-7-ol	0	6,07	3,83	7,86
$\gamma$ -Elemeno	0	2,17	0	0
Globulol	0	13,25	0	0
epi- $\alpha$ -Cadinol	0	2,63	0	0
$\alpha$ -Macrocarpeno	0	0	0	1,8
trans-Cadina-1(6),4-diene	0	0	0	1,32

$\delta$ -Selineno	0	0	0	1,21
Guaiol	0	0	0	3,9

Fonte: a autora (2019).

Com base nos resultados obtidos na amostra do inverno, nota-se que o composto majoritário do óleo essencial é o Germacreno B (13,28%). Ainda, destacam-se mais quatro compostos, o Bicyclgermacreno com 9,87% seguido do  $\alpha$ -Cadinol (8,73%) e Germacreno D com 8,41%. Por último e não menos importante, está o Epi- $\alpha$ -Muurolol apresentando 7,24% da amostra total.

O Germacreno D é o principal constituinte do óleo extraído na primavera de 2017, com uma concentração média de 23,34%. O próximo componente mais abundante foi o Bicyclgermacreno com a concentração de 16,18%. Óleo essencial advindo das folhas ainda indicou a presença de cis-Muurolol-5-en-4- $\alpha$ -ol (13,69%) e  $\alpha$ -Cadinol (6,68%) como principais componentes. O Viridiflorol surge na sequência com 6,53%.

Na estação do verão, os compostos Germacreno D, Bicyclgermacreno, epi- $\alpha$ -Muurolol,  $\alpha$ -Cadinol e Globulol parecem como majoritários nesse período. Dentre eles, com 25,96% o Bicyclgermacreno. O composto Germacreno D encontra-se em 17,98% da amostra. Em terceiro lugar o Globulol também se encontra em destaque com 13,25%. Por último aparecem os compostos epi- $\alpha$ -Muurolol e  $\alpha$ -Cadinol apresentando uma concentração bem parecida, com 9,04% e 9,66% respectivamente.

Durante o período do outono o composto químico Germacreno B surge como majoritário, superando o percentual dos demais. Em seguida, o Germacreno D com 11,90%, em terceiro o Bicyclgermacreno (9,70%) também apresenta um percentual considerável na amostra, tendo ainda o  $\alpha$ -Cadinol com 8,94%, surgindo como o quarto composto predominante nesta amostra. Por fim, o cis-Cadin-4-en-7-ol apresenta-se em um teor mais baixo com 7,96 % do total identificado, conforme

Após as análises realizadas, verifica-se a ausência de compostos monoterpenos e monoterpenos oxigenados. Foram encontrados somente sesquiterpenos e sesquiterpenos oxigenados nas amostras de todas as estações do ano, algumas possuem os mesmos compostos, outras, possuem compostos bem específicos. Ao todo foram encontrados 25 compostos, sendo que 52% da amostra

total equivale a sesquiterpenos e o restante (48%), são compostos de sesquiterpenos oxigenados.

Os compostos Germacreno B, Germacreno D e Bicyclgermacreno, são os compostos majoritários de quase todas as estações, somente na estação da primavera é que o Germacreno B não aparece como majoritário, ao contrário dos outros dois, que aparecem em todas as estações em destaque.

Na primavera há dois compostos que ganham destaque, justamente por não aparecerem em nenhuma outra estação do ano, são eles o sesquiterpeno Viridifloreno com 3,24% e o sesquiterpeno oxigenado Viridiflorol com 6,53% da amostra. Outro composto que ganha destaque por estar presente somente na primavera é o cis-Muurool-5-en-4- $\alpha$ -ol, além de estar presente somente em uma estação ele ainda possui significativa parcela dentre os outros compostos, totalizando 13,69%.

Considera-se que fatores como quimiotipos, interferência do ciclo vegetativo, fatores ambientais e genéticos podem ter influenciado na composição dos óleos essenciais nesta espécie, ainda, espécies da família Myrtaceae tem maior ocorrência de sesquiterpenos e sesquiterpenos oxigenados (AMARAL, 2015).

As plantas produzem grandes quantidades de compostos com estruturas químicas altamente complexas, podendo apresentar relevância na terapêutica (KREIS et al. 2017). Seguindo com os resultados, apresenta-se agora os dados fitoquímicos da espécie *Marlierea eugeniopsoides*, tendo suas respectivas coletas realizadas nas quatro estações do ano. Na **TABELA 5** constam os resultados da composição química do óleo essencial da espécie, coletado em todas as estações do ano.

**TABELA 5.** CONSTITUINTES QUÍMICOS ENCONTRADOS NO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE *Marlierea eugeniopsoides* COLETADO EM TODAS AS ESTAÇÕES DO ANO.

Compostos químicos	Inverno	Verão	Primavera	Outono
	%	%	%	%
$\alpha$ -Pineno	41,97	42,75	54,85	32,61
$\beta$ -Pineno	22,2	25,24	32,44	28,6
Mirceno	3,15	1,27	1,96	10,46
Silvestreno	2,25	1,52	1,39	2,46
E- $\beta$ -Ocimeno	4,96	5,9	2,08	6,37
Bicyclgermacreno	8,33	11,06	5,96	10,66
Globulol	1,88	5,77	1,66	2,67
cis-Cadin-4-en-7-ol	0	3,42	0	1,18
Cubeban-11-ol	0	1,51	0	0

Rosifoliol	0	1,56	0	0
2-epi- $\alpha$ -cedren-3-one	0	0	0	4,99

Fonte: a autora (2019).

No inverno, os compostos Bicyclgermacreno,  $\alpha$ -Pineno,  $\beta$ -Pineno E *E*- $\beta$ -Ocimeno parecem como majoritários nesse período. Dentre eles, totalizando quase metade da amostra total, com 41,97% está o  $\alpha$ -Pineno. O composto  $\beta$ -Pineno encontra-se em 22,20% da amostra. Em terceiro lugar o Bicyclgermacreno também se encontra em destaque com 8,33%. Por último aparece o composto *E*- $\beta$ -Ocimeno apresentando uma concentração mais baixa, com 4,96%.

Na estação da primavera, os resultados assemelham-se aos encontrados no inverno no quesito compostos. Contudo, a quantidade em que esses compostos estão dispostos difere, sendo os da primavera com maior diferença de valores entre eles. O composto majoritário  $\alpha$ -Pineno, totalizou sozinho mais da metade da amostra, com 54,85%, em seguida o  $\beta$ -Pineno com 32,44%. Houve uma significativa queda nos valores encontrados para Bicyclgermacreno e *E*- $\beta$ -Ocimeno, onde os mesmos ficaram com 5,62% e 2,08% respectivamente.

Com base no exposto na **TABELA 5**, nota-se uma configuração parecida com as demais estações. Onde os compostos  $\alpha$ -Pineno e  $\beta$ -Pineno continuam sendo os majoritários, com 42,75% e 25,24%, respectivamente. Compostos como Bicyclgermacreno (11,06%) e *E*- $\beta$ -Ocimeno (5,90%) aumentaram suas concentrações. Em comparação com o resultado das estações anteriores, a estação do verão apresentou o composto Globulol com uma alta significativa em sua concentração, ficando com 5,77%. Ainda, houve a ocorrência de um composto que até o momento não tinha aparecido, o *cis*-Cadin-4-en-7-ol (3,42%).

Na estação do outono, os compostos  $\alpha$ -Pineno,  $\beta$ -Pineno, Mirceno, *E*- $\beta$ -Ocimeno, Bicyclgermacreno e 2-epi- $\alpha$ -cedren-3-one parecem como majoritários nesse período. Dentre eles, com 32,61% o  $\alpha$ -Pineno. O composto  $\beta$ -Pineno encontra-se em 28,60% da amostra. Em terceiro lugar o Bicyclgermacreno também se encontra em destaque com 10,66%. Por último aparecem os compostos Mirceno (10,46%), *E*- $\beta$ -Ocimeno (6,37%) e 2-epi- $\alpha$ -cedren-3-one (4,99%). O composto Bicyclgermacreno e o Mirceno, apresentam uma concentração muito semelhante, além do mais, o Mirceno ainda não tinha aparecido em nenhuma das estações anteriores com um resultado tão significativo, apresentando uma alta concentração na amostra com mais

de 10%. O composto 2-epi- $\alpha$ -cedren-3-one, ainda não tinha aparecido em nenhuma outra estação, também se apresenta com uma concentração significativa 4,99%.

Foram identificados 11 compostos diferentes com concentrações acima de 1% nas amostras do óleo essencial das folhas de *Marlierea eugeniopsoides*. Na composição química da espécie observa-se a presença de monoterpenos, sesquiterpenos e sesquiterpenos oxigenados. Destes, os monoterpenos somam 45,45% da amostra, juntamente com os sesquiterpenos oxigenados com 45,45%, já os sesquiterpenos ficam somente com o composto Bicyclogermacreno, totalizando 9,09% da amostra total.

Com base nos compostos encontrados nas duas espécies da família Myrtaceae, nota-se uma predominância de sesquiterpenos e sesquiterpenos oxigenados. Para Gonçalves (2015), a produção de óleos essenciais muitas vezes tem influência de fatores internos e externos à planta que condicionam não só o tipo de compostos que são produzidos, mas também as quantidades em que estes se encontram, resultando uma grande variabilidade química dentro da mesma espécie. Ainda, segundo o mesmo autor, outros trabalhos afirmaram que a constituição genética das plantas influencia na produção dos metabólitos, e que as plantas podem conter diferentes teores de óleo essencial, variando de espécie para espécie, pois cada uma delas tem um ciclo de vida específico.

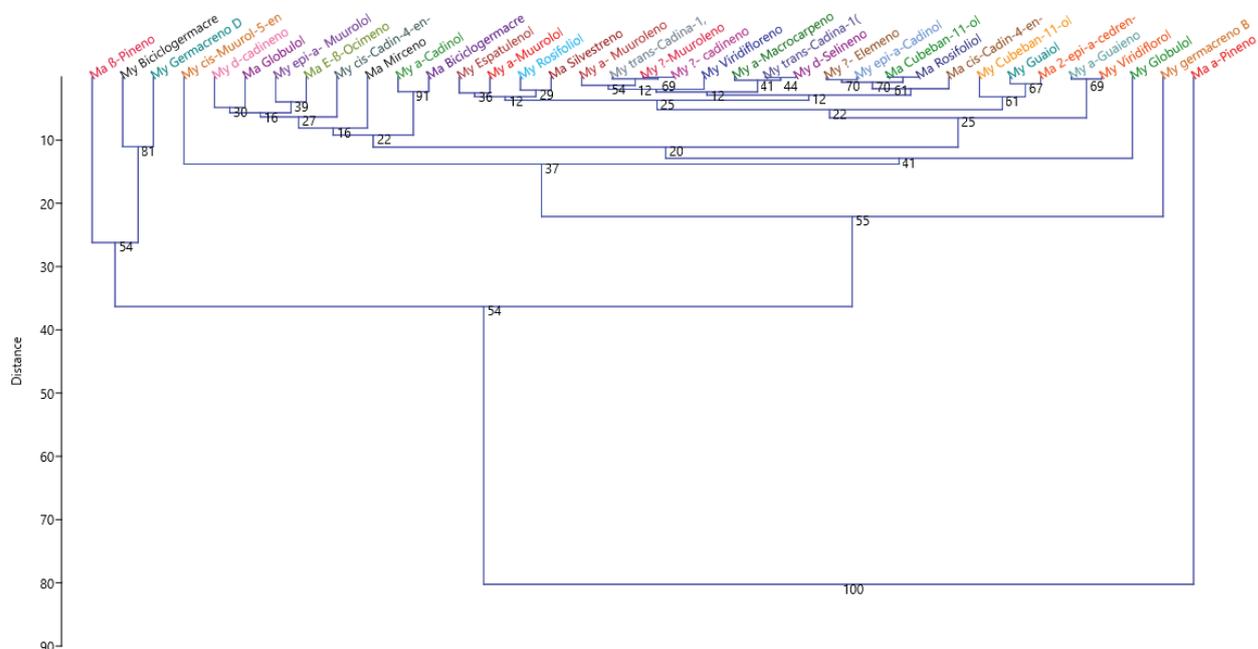
Assim, também os óleos essenciais produzidos variam em quantidade durante o ano e em certas plantas a composição dos óleos essenciais variam, também durante o dia, onde por exemplo o seu teor é maior nas primeiras horas da manhã (GONÇALVES, 2015). Nesta pesquisa, o período de coleta foi realizado pela manhã e foram estudadas todas as estações do ano afim de verificar como a sazonalidade influencia na composição e rendimento das amostras de óleo essencial.

### 3.3.2 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

Os constituintes comuns nas amostras de óleo essencial foram utilizados para determinar a similaridade entre as espécies com uma análise realizada com o software Past<sup>®</sup>. O método de agrupamento hierárquico em algoritmo (UPGMA) foi usado para agrupar os grupos com base na distância euclidiana, revelando as inter-relações entre as duas espécies de Myrtaceae, com base nos constituintes comuns do óleo essencial das mesmas.

O dendrograma UPGMA (**FIGURA 5**) representa graficamente a semelhança entre as espécies estudadas neste trabalho, demonstrando a formação de seis grupos distintos de acordo com a distância euclidiana. Isso pode, eventualmente, ser explicada por diferenças genéticas entre e dentro das próprias espécies coletadas.

**FIGURA 5.** DENDROGRAMA DA ANÁLISE HIERÁRQUICA DE AGRUPAMENTOS DE 37 ÓLEOS ESSENCIAIS ENCONTRADOS NAS DUAS ESPÉCIES DE MYRTACEAES. MOSTRA A LIGAÇÃO MÉDIA (ENTRE GRUPOS) E AS DISTÂNCIAS EUCLIDIANAS REDIMENSIONADAS A UMA ESCALA ARBITRÁRIA MOSTRANDO OS NÍVEIS DE SIMILARIDADE RELATIVA EM QUE OS CLUSTERS SE JUNTAM.



\*MY- *Myrcia spectabilis*

\*MA- *Marlierea eugeniopsoides*

FONTE: A autora (2019).

Pôde-se primeiramente constatar grupos distintos que se agregaram analogicamente em função de suas correspondências. Iniciando a partir dos agrupamentos dissimilares, foi observado o composto  $\alpha$ -Pineno. Fato este que chama a atenção pela heterogeneidade do mesmo para com o conjunto dos demais. A totalidade dos grupos pode ser visualizada em dois blocos, o bloco da direita, possui dois compostos químicos em menor número de combinações, e o da esquerda, nota-se que o composto  $\beta$ - Pineno encontrado na espécie *Marlierea eugeniopsoides* e os compostos encontrados na *Myrcia spectabilis*, Biciclogermacreno e Germacreno D,

apresentam-se mais distantes que os demais onde pode-se notar a intensa combinação entre os compostos das duas amostras.

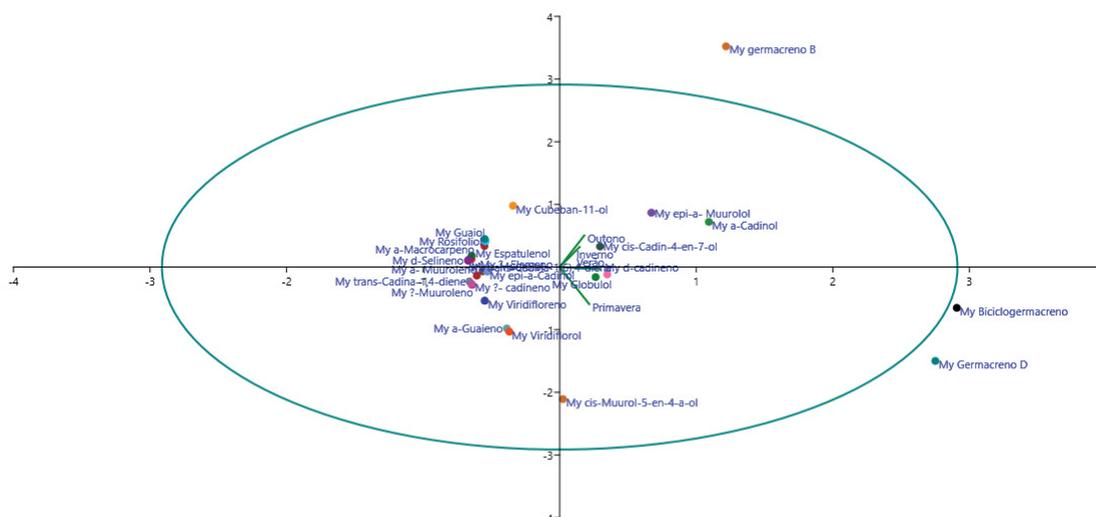
Pôde-se perceber também que, além de possuir maior número de similaridade entre compostos, o grande grupo da esquerda apresentou distâncias significativamente mais estreitas quando comparadas ao grupo da direita. Inicia-se a descrição dos resultados apresentados por este cluster pelos grupos da direita. Pode-se observar o *outgroup* do composto  $\alpha$ -Pineno, que é formado devido a variável possuir pouca similaridade em relação às outras. Germacreno B que é um composto encontrado no óleo da espécie *Myrcia spectabilis*, apresentam-se com uma distância mais significativa dos outros grupos formados. De modo a finalizar a análise dos resultados do lado direito do dendrograma, estes grupos descritos se distinguem pelas distâncias estabelecidas entre as variáveis envolvidas.

Quanto ao lado esquerdo, teve-se também amostras um pouco mais isoladas pelas significativas menores distâncias medidas entre os demais conglomerados. O ponto isolado Cis-muurool-5-en-4-a-ol se une aos demais aglomerados de compostos o qual recebe o grupo isolado do composto Globulol que, por sua vez, integra a amostra isolada relacionada aos outros 30 compostos de ambas as amostras. Logo, pôde-se notar que a maior representação no cluster ficou a cargo de outros 30 compostos similares entre si, formados pelas amostras do óleo essencial das duas espécies.

Para determinar o grau de variações fitoquímicas, uma análise de componentes principais (ACP) foi realizada utilizando uma matriz de correlação de dos compostos químicos de cada uma das amostras do óleo essencial de cada espécie. Os resultados obtidos por meio da ACP com base em 11 compostos químicos da espécie *Marlierea eugeniopsoides* estão representados graficamente (**FIGURA 6**).

**FIGURA 6.** ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACPS) PARA A ESPÉCIE *Marlierea eugeniopsoides* BASEADO EM COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE AMOSTRAS FRESCAS EM TODAS AS ESTAÇÕES DO ANO.





Fonte: a autora (2019).

Na análise dos principais componentes da espécie *Myrcia spectabilis*, podemos verificar uma tendência bem maior de agrupamento de compostos. Ainda, os compostos que estão fora do círculo são os que se encontram em maiores concentrações na amostra e que possuem maior similaridade, estando separados dos demais. Os compostos epi- $\alpha$ -Muurolol,  $\alpha$ -Cadinol e cis-Cadin-4-en-7-ol estão mais agrupados do lado direito, distanciando-se um pouco do grupo maior e apresentam-se todas as estações do ano, com uma distribuição um pouco mais baixa na amostra.

O grupo maior da esquerda é formado por 14 compostos, os mesmos apresentam-se em pouca distribuição nas amostras do óleo, muitas vezes aparecendo em somente uma estação do ano. O que como relatado por Gobbo-Neto e Lopes (2007), alguns fatores podem influenciar na síntese de metabólitos secundários das espécies, o que pode ter ocorrido com o óleo da *Myrcia spectabilis*, uma vez que alguns compostos aparecem somente em uma estação do ano.

### 3.3.3 DISCUSSÃO SOBRE ESTUDOS SIMILARES

Em estudo realizado por Amaral (2015) com 10 espécies da família Myrtaceae, da Floresta Atlântica dos Campos Gerais do Paraná, menciona que as espécies desta família são muito utilizadas pela população com finalidades medicinais, onde as

espécies são empregadas em diversas patologias, principalmente distúrbios gastrointestinais e estados infecciosos. Ainda em sua pesquisa, teve como resultados de rendimento variando de 0,02% até 1,59% do óleo essencial das folhas frescas e secas.

Para as 10 espécies o autor identificou 101 compostos, apresentaram em média 18,3% e 15,0% de monoterpenos hidrocarboneto, 2,2% e 3,1% monoterpenos oxigenados, 17,2% e 15,0% de sesquiterpenos hidrocarboneto, 42,0% e 40,8% de sesquiterpenos oxigenados nas amostras do óleo essencial das plantas frescas e secas respectivamente, dados semelhantes aos da concentração de sesquiterpenos deste estudo. Ainda, os compostos que mais destacaram-se entre as espécies foi o Globulol, o  $\alpha$ - pineno e o  $\beta$ -pineno (AMARAL, 2015).

Em um estudo realizado por Gubert (2011) no litoral paranaense com espécies nativas, avaliou o teor e composição de inúmeras espécies, entre elas 8 eram da família Myrtaceae, encontrando óleos essenciais constituídos basicamente de mono e sesquiterpenos. Para a espécie *Marlierea obscura* foram identificados alfa-Pineno, beta-Pineno e Espatulenol como componentes majoritários do óleo essencial, sendo o alfa-pineno presente em maior proporção com 36,2 %.

Os estímulos decorrentes do ambiente em que as plantas se encontram, podem redirecionar a via metabólica das mesmas, causando uma biossíntese de diferentes compostos. Entre esses fatores, podemos destacar fatores abióticos como brilho, temperatura, precipitação, nutrição, tempo. Ainda, torna-se válido notar que esses fatores podem apresentar correlações entre si e não agir isoladamente. Eles podem exercer influência conjunta no metabolismo secundário, o que provoca uma variação no rendimento e composição química dos óleos essenciais analisados (MOURA, 2015).

Atividades biológicas diversas foram evidenciadas com estudos referentes aos óleos essenciais de espécies da família Myrtaceae, sendo estas, antibacteriana, antifúngica, bactericida e citotóxica (CERQUEIRA, 2002). O entendimento das configurações dos compostos presentes nos óleos essenciais de espécies nativas é de grande importância para muitos ramos da indústria, considerando que regularmente as atividades biológicas encontradas nos mesmos deriva dos compostos que estão presentes nestes óleos (HENRIQUES et al. 2009).

De maneira geral, compostos com estruturas fenólicas apresentam-se com excelentes atividades bactericidas e bacteriostáticas. Para os terpenóides alifáticos o

agrupamento éster aumenta a atividade antibacteriana dos compostos, ainda, a isomeria das substâncias torna-se um fator importante na determinação da bioatividade, pode-se notar que  $\alpha$ -Pinoeno é pouco ativo em comparação com  $\beta$ -Pinoeno. Álcoois e alguns aldeídos também são conhecidos por apresentarem atividades antibacterianas. De fato, com o aumento da resistência bacteriana aos fármacos atuais, torna-se de extrema importância os estudos a cerca desse tema, para compreender melhor os mecanismos de ação dos óleos essenciais e sobretudo dos componentes que esse óleo possui (HENRIQUES et al. 2009).

Com o intuito de verificar se o clima altera a composição do óleo essencial Cerqueira (2009) estudou a composição química da espécie *Myrcia salzmannii* da família Myrtaceae, no início do verão em outubro e fevereiro no final do verão. Para verificação da hipótese testou ainda o óleo de março a dezembro, obtendo como resultados que o composto  $\alpha$ -pinoeno se apresentou em maiores concentrações de abril a dezembro, estando ausente em fevereiro. O  $\beta$ -Cariofileno foi sempre o componente em maior concentração apresentando concentração máxima em fevereiro, outro componente marcante nos OE foi o  $\alpha$ -Humuleno.

Em relação à concentração dos componentes majoritários, excetuando-se o OE de fevereiro de 2001 e o OE das flores, a concentração do  $\beta$ -Cariofileno foi sempre de duas a três vezes a concentração do  $\alpha$ -Humuleno. Houve uma predominância de sesquiterpenos em todas as amostras. É possível, portanto, inferir que o regime de chuvas pode influir na concentração de alguns componentes e não na de outros. No entanto, as variações observadas nos resultados obtidos para cada amostra são indicativos de que uma rede complexa de fatores e/ou condições ambientais, tais como temperatura, umidade, duração e intensidade das irradiações solares, interações com polinizadores e predadores, estão influenciando a composição do óleo e não apenas do regime de chuvas (CERQUEIRA, 2009).

Silva et al. (2012), afirma que em plantas, os pinenos apresentam atividade fungicida e são utilizados há séculos para produzir sabores e fragrâncias. Várias atividades biológicas estão associadas aos pinenos, incluindo o uso como inseticida natural. Afirma ainda, que esses compostos são considerados como bons agentes antibacterianos.

### 3.4 CONCLUSÕES

É nítida a ocorrência de alterações no rendimento do óleo, onde cada estação correspondeu a uma quantia diferente. Ainda, com relação à composição química da espécie *Marlierea eugeniopsoides*, nota-se que em sua maioria os compostos são similares em todas as estações, salvo alguns que surgiram em somente uma estação, o que pode acontecer devido a alguma função que a planta esteja exercendo naquele período específico. A espécie apresentou como compostos majoritários o  $\alpha$ -Pineno e  $\beta$ -Pineno, na estação do outono o composto que teve maior variação foi o Mirceno.

Os compostos da *Myrcia spectabilis* apresentaram uma maior variação, sendo que em estações como a primavera teve muitos compostos diferentes dos encontrados nas demais estações do ano. Os compostos majoritários da espécie foram Germacreno D, Germacreno B e Bicclogermacreno em todas as estações do ano. A espécie possui um baixo rendimento de óleo, com o estudo complementar realizado, notou-se que o método de secagem e moagem das folhas aumentou o rendimento do óleo essencial da espécie.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**, ed. 4.1, Allured Pub. Corp. 2017.
- AMARAL, W. **Prospecção de espécies aromáticas silvestres dos Campos Gerais da Mata Atlântica do Paraná**. (2015). Tese (Doutorado) do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Produção Vegetal. 137 f. Curitiba, 2015.
- BRAGA, N.P. **Influência da secagem no rendimento e na composição do óleo essencial das folhas de *Eucalyptus citriodora***. 181 f. Dissertação (mestrado) - universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, 2002.
- BRANQUINHO, N. A. A. **Avaliação de teor e composição química dos óleos essenciais de três espécies de hyptis, submetidas a diferentes velocidades e temperaturas de secagem**. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Agroquímica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2015.
- CERQUEIRA, M.D. **Estudo fitoquímico de *Myrcia rotundifolia* (Berg.) Legrand (Myrtaceae)**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002.
- CERQUEIRA, M.D. MARQUES, E. J.; MARTINS, D.; ROQUE, N.F.; CRUZ, F.G.; GUEDES, M.L.S. Variação sazonal da composição do óleo essencial de *Myrcia salzmannii* Berg. (Myrtaceae). **Química Nova**, v. 32, p. 1544-1548, 2009.
- COSTA, L.C.B.; CORRÊA, R.M.; CARDOSO, J.C.W.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V.; FERRI, P.H. Secagem e fragmentação da matéria seca no rendimento e composição do óleo essencial de capim-limão. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v.23, n.4, p.956-959, 2005.
- CHAVES, T. P. **Variação sazonal na produção de metabólitos e na atividade antibacteriana de espécies do semiárido brasileiro**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.
- GIRARD, E. A.; KOEHLER, H. S; NETTO, S.P. Volume, biomassa e rendimento de óleos essenciais do craveiro (*pimenta pseudocaryophyllus* (gomes) landrum). **Rev. Acad.**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 147-165, abr./jun. 2007.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas Medicinais: Fatores de Influência no Conteúdo de Metabólitos Secundários. **Química Nova**, v.30, n.2, p.374-381, 2007.
- GONÇALVES, J. M. **Atividades biológicas e composição química dos óleos essenciais de *achyrocline satureoides* (lam) dc. e *ageratum conyzoides* l. encontradas no semiárido baiano**. 2015. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

GUBERT, C. **Prospecção e propagação vegetativa de espécies aromáticas da floresta ombrófila densa na região litorânea do paraná.** 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2011.

HEINZMANN, B. M.; SPITZER, V.; SIMÕES, M. O. **Óleos Voláteis.** In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R (Orgs). *Farmacognosia: do produto natural ao medicamento.* Artmed. Porto Alegre, 2017. 486 p.

HENRIQUES, A.T.; SIMÕES-PIRES, C.A.; APEL, M.A. Óleos essenciais: importância e perspectivas terapêuticas. In: YUNES, R.A.; CECHIMEL FILHO, V. (orgs.). **Química de produtos naturais, novos fármacos e a moderna farmacognosia.** 2.ed. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2009. p.219-256.

JOLY, C. A. HADDAD, C.; VERDADE, L.; OLIVEIRA, M.; BOLZANI, V.; BERLINCK, R. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Revista USP**, p. 114, 2011.

KREIS, W.; MUNKERT, J.; PÁDUA, R.M. **Biossíntese de metabólitos primários e secundários.** In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R.(Orgs). **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento.** Porto Alegre: Artmed. 486p. 2017.

MOURA, L. B. **Estudo do crescimento bacteriano na presença de óleos essenciais de *Dysphania ambrosioides* L. e *Ocimum campechianum* mill. para avaliar seus potenciais como antissépticos bucais.** 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Belém, 2015. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia.

OLIVEIRA, M.T.R. **Secagem e qualidade do óleo essencial de *Pectis brevipedunculata* (Gardner) Sch. Bip.** 174 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, T.G.; FUKUDA, K.; KATO, M.J.; SARTORATO, A.; DUARTE, M.C.T.; RUIZ, A.L.T.G.; CARVALHO, J.E.; DE, AUGUSTO F.; MARQUES, F.A.; MAIA, B.H.L.N.S. Characterization of the essential oils of two species of Piperaceae by one- and two-dimensional chromatographic techniques with quadrupole mass spectrometric detection. **Microchem. J.** 115, 113–120, 2014.

SILVA, M.G.V. **Óleos essenciais: composição química, biossíntese, técnicas de extração, atividades farmacológicas e importância econômica.** In: MORAIS, S.M.; BRAZ-FILHO, R. *Produtos naturais: estudos químicos e biológicos.* Fortaleza: EdUECE, 2007. 238p.

SILVA, A. C. R.; LOPES, P.M.; AZEVEDO, M.M.B.; COSTA, D.C.M.; ALVIANO, C.S.; ALVIANO, D.S. Biological Activities of  $\alpha$ -Pinene and  $\beta$ -Pinene Enantiomers.

**Molecules**, [s.l.], v. 17, n. 6, p.6305-6316, 25 maio 2012. MDPI AG.  
<http://dx.doi.org/10.3390/molecules17066305>

SOUZA, M. F.; MANGANOTTI, S.A.; SOUZA, P.N.S.; MEIRA, M.R.; MATOS, C.C.; MARTINS, E.R. Influência do horário de coleta, orientação geográfica e dossel na produção de óleo essencial de *Cordia verbenacea*. **Biotemas**, [s.l.], v. 24, n. 1, p.9-14, 21 fev. 2011. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2011v24n1p9>.

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

STEHMANN, J.R.; SOBRAL, M. **Biodiversidade no Brasil**. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R.(Orgs). **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed. 486p. 2017.

VIZZOTO, M.; KROLOW, A.C.R.; WEBER, G.E.B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2010. 16 p.

WILSON, C. A. Subgeneric classification in *Iris* re-examined using chloroplast sequence data. **Taxon**, 60(1), 27-35, 2011.

## 4 CAPÍTULO III: ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DAS DUAS ESPÉCIES DE MYRTACEAES COLETADAS NO LITORAL DO PARANÁ

### 4.1 INTRODUÇÃO

A biodiversidade do Brasil é de extrema importância e inúmeras plantas dos biomas espalhados pelo país apresentam características medicinais e são utilizadas nas medicinas tradicionais. Diante disso fica claro que os estudos para evidenciar atividades biológicas de plantas, principalmente espécies nativas é cada vez mais importante, devido ao fato de que muitas plantas apresentam potencial e ação tóxicos, sendo muitas vezes utilizadas de maneira incorreta por não possuírem uma descrição de efeitos e indicações.

Para Gonçalves (2014, p. 19), há a necessidade de alternativas terapêuticas viáveis e para isso a:

“ciência deve buscar unir o progresso com os recursos oferecidos pela natureza, respeitando a cultura e a tradição popular em relação ao uso da diversidade vegetal frente à cura e prevenção dos males. Na medicina moderna, as plantas medicinais alcançaram grande relevância por possibilitarem a elaboração de fármacos que dificilmente seriam sintetizados quimicamente, por fornecerem compostos passíveis de modificações apresentando maior eficiência e menor toxicidade, por servirem de protótipos na obtenção de fármacos com atividades terapêuticas semelhantes a dos compostos originais, e por atuarem diretamente frente à atenção primária à saúde” (GONÇALVES, 2014. p. 19).

É notável a crescente busca por substâncias bioativas, capazes de atuar frente a diversas doenças, ou até mesmo em sinergismo com medicamentos já existentes, com o intuito de potencializar sua ação e dentre as pesquisas acabam se destacando os ensaios antimicrobianos. Estes que atualmente são desafiadores para a medicina por estarem cada vez mais aparentes em buscas por substâncias mais ativas contra os diversos microrganismos, que se tornam resistentes a inúmeros antimicrobianos já existente no mercado.

A intensa resistência de microrganismos patogênicos aos fármacos que atualmente estão no mercado farmacêutico, é cada vez maior e assim, cresce as pesquisas em torno da busca por substâncias ativas capazes de auxiliar no tratamento de doenças causadas por tais agentes patogênicos. Com isso, a caracterização

química, isolamento e ensaios de atividades biológicas de produtos naturais tornam-se o ponto de partida na busca por novas substâncias bioativas (ANDRADE et al. 2012).

Devido às grandes demandas, o uso de fármacos de origem sintética acaba sendo limitado em função de fatores como alta toxicidade, danos ao meio ambiente, resistência, efeitos cancerígenos, dentre muitos outros (SWAMY et al. 2016).

Dentre os muitos usos de produtos naturais e plantas medicinais, o óleo essencial é um dos mais utilizados. Este que é característico de plantas aromáticas, possuindo odor forte e característico e proveniente do metabolismo secundário das plantas. Dotado de inúmeros compostos químicos que atuam sozinhos ou em sinergismo para conferir ao óleo atividades como, antibacteriana, antioxidante, anti-inflamatória, analgésicas e dentre muitas mais. Características estas que geralmente provêm dos terpenóides presentes no óleo (GUIMARÃES et al. 2012).

Geralmente, a caracterização química de óleos essenciais, mostra uma presença pequena de compostos principais, porém com altas concentrações nas amostras. Os compostos químicos encontrados nas plantas, diferem-se entre espécies e essa diferença tem extrema ligação com as atividades biológicas que os óleos podem exercer sobre diversos microrganismos e essas atividades são base para várias receitas inovadoras em setores como o farmacêutico (SWAMY et al. 2016).

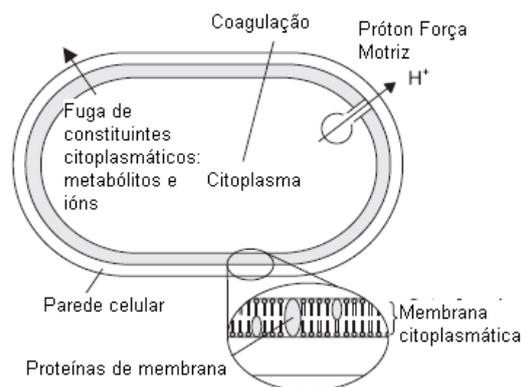
Para Swamy et al. (2016), o efeito da atividade antibacteriana dos óleos essenciais pode inibir o crescimento de bactérias (bacteriostático) ou destruir células bacterianas (bactericidas), no entanto, é difícil distinguir essas ações.

De acordo com Leal et al. (2019), as infecções bacterianas estão entre as principais causas de morte, sendo que 25% das mortes mundiais são causadas por infecções bacterianas, fato esse confirmado pelos dados da Organização Mundial de Saúde. Muito disso, ocorre devido à dificuldade na identificação do agente patogênico para posterior tratamento correto, configurando com isso a resistência bacteriana como sendo um fenômeno natural e conferindo às bactérias uma capacidade genética imensa de adaptação.

Em muitos casos, os terpenos encontrados nos óleos essenciais, devido ao fato de ser hidrossolúvel, tem maior poder antibacteriano que outros. Os mecanismos de ação dos óleos essenciais se dão através das estruturas ou locais da célula

bacteriana, que são considerados sítios de ação (**FIGURA 8**). Estes mecanismos geralmente incluem a desintegração da membrana citoplasmática, fluxo de elétrons, transporte ativo e coagulação do conteúdo celular. No entanto, nem todos os mecanismos agem em alvos específicos (SILVA, 2010).

**FIGURA 8. MECANISMOS DE AÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS.**



Fonte: (SILVA, 2010).

Diante de tais constatações, fica evidente a importância dos estudos que visam buscar substâncias bioativas de produtos advindos da biodiversidade afim de verificar as possíveis ações biológicas, incluindo as ações antibacterianas que esses produtos possam desencadear. Por isso, o estudo de caráter experimental visa verificar se o óleo essencial de espécies nativas da flora aromática do litoral paranaense possui potencial antibacteriano perante a cepas diferentes de microrganismos patogênicos.

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.2.1 OBTENÇÃO DAS FOLHAS

O material foi coletado no Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, para tanto, necessita de autorização para coleta (ICMBio número 49770-2). Após a coleta encaminhou-se a matéria vegetal para o Laboratório de Pré-análise Química e Biologia da Universidade Federal do Paraná, Setor Litoral, onde foi realizada a extração do óleo essencial.

#### 4.2.2 EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais foram extraídos das folhas frescas (100 g), por meio do método de hidrodestilação, utilizando-se um aparelho tipo Clevenger modificado conectado a um balão de fundo redondo com capacidade de 2 litros. O processo de extração foi realizado por um período de 4 horas, mantendo-se a mistura em ebulição (AMARAL, 2015). Os hidrolatos obtidos foram coletados e centrifugados. Com o auxílio de uma pipeta, o óleo essencial foi retirado e acondicionado em tubo eppendorf, mantido a baixa temperatura, para posterior uso em ensaios biológicos e caracterização química, como pode ser visto na **FIGURA 9**.

**FIGURA 9.** ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE *Marlierea eugeniopsoides*, PRONTO PARA SER ARMAZENADO.



Fonte: a autora (2019).

#### 4.2.3 MICRORGANISMOS UTILIZADOS

Os ensaios de atividade antibacteriana são realizados no laboratório da Universidade federal do Paraná- Setor Litoral. As cepas bacterianas utilizadas neste trabalho foram, *Escherichia coli* NCM 3722, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Bacillus cereus* ATCC 11778 e *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.

A bactéria *Escherichia coli* é um microrganismo que comumente habita o intestino de animais de sangue quente, no entanto, é apontada como sendo uma das principais responsáveis por casos de diarreias em humanos e animais. Uma grande

parte dos sorogrupos de *E. coli* não apresentam grande virulência, contudo, devido ao processo evolutivo muitas estirpes adquiriram diferentes combinações de genes conferindo a esta espécie, a capacidade de promover enfermidades (ALMEIDA, 2013).

Trata-se de uma bactéria Gram negativa, pertencente à família *Enterobacteriaceae*, não esporulada, anaeróbica facultativa, fermentativa, em sua maioria móveis e pertence a microbiota entérica de mamíferos e aves. Crescem e desenvolvem-se em temperaturas de 18 a 44°C tendo como temperatura ideal, 37°C (ALMEIDA, 2013). Muitos trabalhos evidenciam que há o predomínio de *Escherichia coli* nas infecções urinárias, sendo mais de 85% em infecções comunitárias e 50% nas hospitalares (LOPES et al. 2012).

Diferentemente da *E. coli*, a bactéria *Staphylococcus aureus* é comumente encontrada na cavidade nasal e na pele de humanos. Mesmo fazendo parte naturalmente do ser humano, em muitos casos o *S. aureus* acaba tornando-se patogênico. Geralmente as infecções causadas por esse microrganismo acometem a pele e subcutâneo e estão ligados a aparelhos implantados em pacientes que, devido à baixa imunidade e o organismo debilitado acabam contraindo infecções mais graves (SALES e SILVA, 2012).

Muitas destas infecções apresentam caráter agudo, podendo gerar focos metastáticos, ainda, pode ocasionar infecções “mais graves como bacteremia, pneumonia, osteomielite, endocardite, miocardite, pericardite, meningite, abscessos musculares e cerebrais.” Vale ressaltar que cepas isoladas de *S. aureus* apresentaram resistência a antibióticos betalactâmicos, como penicilina, oxacilina, dentre outros (SALES e SILVA, 2012).

Infecções alimentares, em sua maioria, são desencadeadas por microrganismos patogênicos, como é o caso das bactérias *Listeria monocytogenes* e *Bacillus cereus*. A *L. monocytogenes* é,

“O agente etiológico da listeriose, uma infecção grave, veiculada principalmente por alimentos, que ocasiona encefalites, septicemias, meningites e abortos. Pertence ao gênero *Listeria*, composto por seis espécies que se apresentam amplamente distribuídas no ambiente, devido às suas características fisiológicas peculiares, que as capacitam a sobreviver e a se multiplicar sob condições adversas a muitos outros microrganismos. *L. monocytogenes* é a principal espécie envolvida em doenças em humanos. Um importante aspecto a ser considerado nas indústrias de alimentos é o fato de existirem cepas de *L. monocytogenes* persistentes, as quais são capazes de permanecer meses, ou até anos, no ambiente de processamento, podendo assim provocar contaminações recorrentes no produto final. A dificuldade em eliminar esse microrganismo das indústrias é potencializada pelas condições de umidade, temperatura e presença de matéria orgânica nas plantas de processamento, que aliadas à habilidade do patógeno em produzir biofilmes, podem desencadear a colonização de superfícies de equipamentos e utensílios.” (NALÉRIO et al. 2009, p. 626).

Em infecções alimentares causadas por bactérias, ocorre a ingestão de toxinas liberadas pelas mesmas durante o crescimento e desenvolvimento das colônias em alimentos. Algumas das toxinas acabam resistindo aos processos de cozimento dos alimentos o que resulta em infecções, muitas vezes graves, para seres humanos (BATISTA et al. 2018).

Praticamente todas as bactérias do gênero *Bacillus* são patogênicas. O *Bacillus cereus* é conhecido por causar surtos de enfermidades em decorrência de alimentos. É uma bactéria que se apresenta,

“Em forma de bastão, Gram-positiva, aeróbica facultativa, móvel e é caracterizada pela sua capacidade de formação de esporos esféricos na presença de oxigênio. Apresenta um ótimo crescimento em temperatura entre 28 e 35°C, o tempo de geração no organismo humano varia de 18 a 27 min., tolera uma ampla faixa de pH que vai de 4,9 a 9,3 e cresce em concentrações salinas de até 7,5% e em alimentos com atividade de. São transmitidos através de alimentos contaminados sendo seus esporos bacterianos entidades dormentes e altamente resistentes ao calor, a radiação ultravioleta (UV), a dessecação, a valores de pH altos ou baixos, a produtos químicos tóxicos e outras tensões ambientais desafiadoras.” (BATISTA et al. 2018, p. 32).

#### 4.2.4 ENSAIO ANTIBACTERIANO

Os ensaios de atividade antibacteriana foram realizados no laboratório de microbiologia da Universidade Federal do Paraná-Setor Litoral. A verificação da atividade antimicrobiana constituiu-se em um ensaio *in vitro* realizado por meio de difusão, que consiste em depositar a amostra em reservatórios em contato com o meio inoculado e após a incubação ocorre a medição das zonas de inibição (OSTROSKY, 2008). Colônias isoladas foram cultivadas em meio Luria Bertani para a *Escherichia*

*coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes* incubadas com um agitador rotativo a 37 ° C, durante 24 horas.

Após este período, realizou-se uma diluição em meio Luria bertani, de 1: 5 para obter uma suspensão contendo cerca de  $2 \cdot 10^8$  células/mL, ajustando a turbidez da suspensão bacteriana a 0,5 da escala McFarland. Uma alíquota de 100µL da diluição foi pipetada e distribuída sobre a superfície do meio sólido (Agar Triptona Soja (TSA) para as bactérias gram-positivas e Luria Bertani Agar (LA) para *E. coli*) em placas de petri para formar o tapete de células sobre o gel de ágar. Depois da secagem da amostra bacteriana sobre a placa, poços de 6 mm de diâmetro foram perfurados com um perfurador estéril, neste caso usou-se uma pipeta pasteur de vidro. Foram perfurados três poços, um para o óleo essencial, o outro para o controle positivo e um para o controle negativo. As cavidades receberam 100µL do óleo essencial, o óleo mineral foi utilizado como um controle negativo e 100µL de Tetraciclina como um controle positivo.

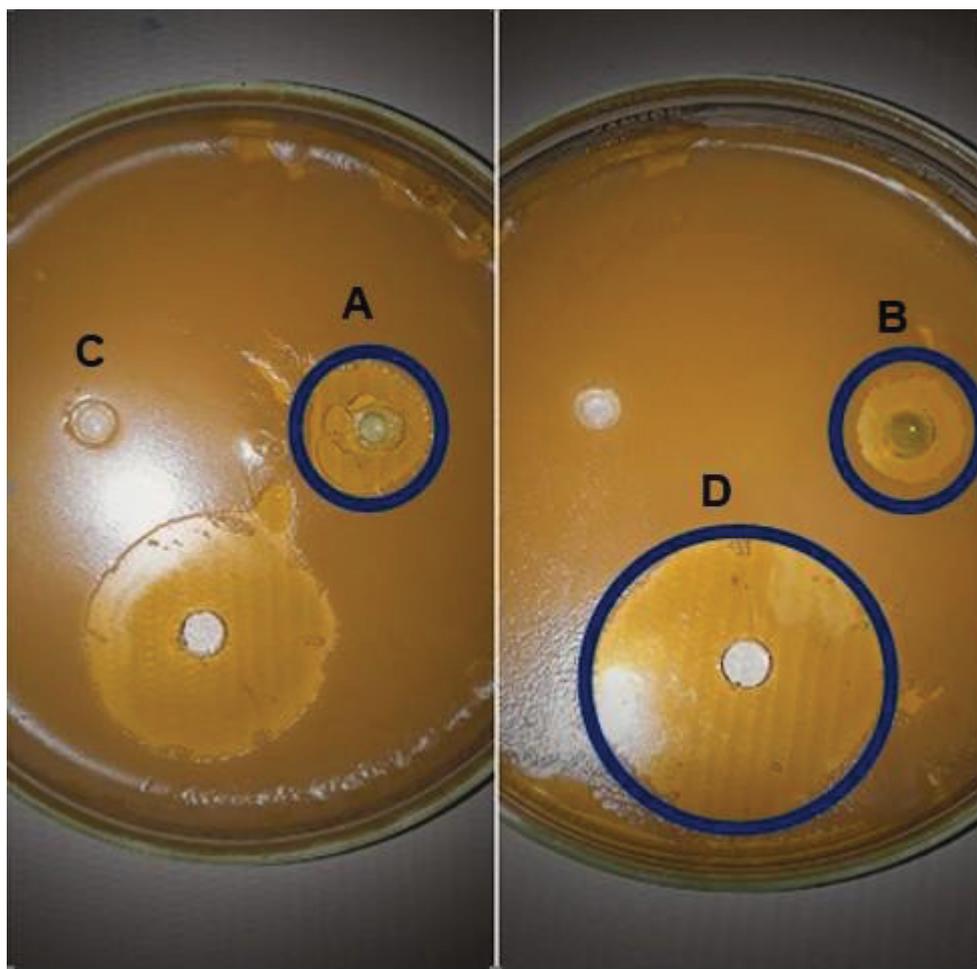
O ensaio foi realizado em triplicata e as placas foram incubadas à 37 ° C e após 24 horas, a atividade antibacteriana foi avaliada medindo o halo da zona de inibição de crescimento microbiano (**FIGURA 10**) em torno dos poços (SILVA et al. 2018), os resultados foram analisados pelo teste ANOVA-fator único.

Para uso do antibiótico Tetraciclina, foi realizada uma diluição conforme equação a seguir: Concentração inicial(CI): 10mg/mL. Volume inicial(VI): 20µL. Volume final(VF): 1000µL. Concentração final.

$$\text{Equação: } CF = \frac{CI \times VI}{VF} : CF = \frac{10\text{mg/ml} \times 20\mu\text{L}}{1000\mu\text{L}} : CF = \frac{200\text{mg/ml}}{1000}$$

$$CF = 0.2\text{mg/mL} \times 1000$$

$$CF = 200 \text{ mg/mL.}$$

**FIGURA 10.** HALO DE INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO MICROBIANO

Legenda: A- Halo de inibição do óleo da espécie *Marlierea eugeniopsoides*. B-- Halo de inibição do óleo da espécie *Myrcia spectabilis*. C- Controle negativo. D- Halo de inibição do controle positivo.

Fonte: a autora (2019).

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento do uso indiscriminado de antibióticos no tratamento bacteriano tem se tornado cada vez mais preocupante. Isto se deve ao fato de que muitas bactérias se tornaram resistentes aos fármacos convencionais pelo uso indiscriminado dos mesmos (ANDRADE, 2013).

Nos resultados de inibição bacteriana são considerados como sensíveis os óleos essenciais capazes de gerar um halo de inibição de no mínimo de 8 a 10 mm (RABÊLO, 2010). O estudo da atividade antibacteriana do óleo essencial de *Marlierea eugeniopsoides* frente às cepas bacterianas resultou em halos de inibição considerados sensíveis, (TABELA 6) os resultados são exibidos com a média dos

halos do óleo essencial frente às bactérias e as médias do halo gerado pelo controle positivo, com seus respectivos desvios padrões.

**TABELA 6.** ENSAIO ANTIBACTERIANO FRENTE À *L. monocytogenes*, *B. cereus*, *S. aureus* e *E.coli* COM O ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE *Marlierea eugeniopsoides*.

<b>Anova: fator único</b>			
<b><i>Escherichia coli</i></b>	<b>Contagem</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Variância</b>
Óleo verão	3	13	2,33
Óleo inverno	3	12	0,33
Óleo primavera	3	12	1
Óleo outono	3	11	0,33
Tetraciclina verão	3	27	0,33
Tetraciclina inverno	3	28	1
Tetraciclina primavera	3	26	0,33
Tetraciclina outono	3	28	0
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	<b>Contagem</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Variância</b>
Óleo verão	3	24	1,33
Óleo inverno	3	23	0
Óleo primavera	3	21	1,33
Óleo outono	3	15	1,33
Tetraciclina verão	3	27	0,33
Tetraciclina inverno	3	28	1
Tetraciclina primavera	3	26	0,33
Tetraciclina outono	3	28	0
<b><i>Bacillus cereus</i></b>	<b>Contagem</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Variância</b>
Óleo verão	3	18	0,33
Óleo inverno	3	23	1,33
Óleo primavera	3	19	0,33
Óleo outono	3	20	0
Tetraciclina verão	3	27	0,33
Tetraciclina inverno	3	28	1
Tetraciclina primavera	3	26	0,33
Tetraciclina outono	3	28	0
<b><i>Listeria monocytogenes</i></b>	<b>Contagem</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Variância</b>
Óleo verão	3	17	0
Óleo inverno	3	17	0,33
Óleo primavera	3	15	0,33
Óleo outono	3	17	0

Tetraciclina verão	3	27	0,33
Tetraciclina inverno	3	28	1
Tetraciclina primavera	3	26	0,33
Tetraciclina outono	3	28	0

Fonte: a autora (2019).

Com relação ao óleo essencial da espécie *Myrcia spectabilis*, o rendimento do óleo foi extremamente baixo. Somente com o óleo da estação da primavera é que foi possível realizar o ensaio antibacteriano, devido ao fato que se obteve óleo suficiente para tal, os resultados do teste antibacteriano do óleo essencial frente às quatro bactérias estão exibidos na **TABELA 7**.

**TABELA 7.** ENSAIO ANTIBACTERIANO FRENTE À *L. monocytogenes*, *B. cereus*, *S. aureus* e *E.coli*, COM O ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE *Myrcia spectabilis*.

**Anova: fator único**

Bactérias e Antibiótico	Contagem	Média	Variância
<i>E. coli</i> (1)	3	0	0
<i>S. aureus</i> (2)	3	10	0,33
<i>B. cereus</i> (3)	3	13	0
<i>L. monocytogenes</i> (4)	3	14	1,3
Tetraciclina (1)	3	27	0,33
Tetraciclina (2)	3	28	1
Tetraciclina (3)	3	26	0,33
Tetraciclina (4)	3	28	0

Fonte: a autora (2019).

Nota-se com base nos resultados obtidos, que o óleo essencial da espécie *Marlierea eugeniopsoides* foi ativo para todas as bactérias testadas. Sendo que, com a bactéria gram-negativa *E. coli* os halos de inibição foram menores que os halos encontrados do óleo essencial frente às bactérias gram-positivas. *Staphylococcus aureus* teve um halo de inibição maior com o óleo do verão (24mm), já o óleo do outono foi o que teve menor interação com a bactéria testada, resultando em um halo de 15 mm.

*E. coli* obteve o semelhante resultado ao *S. aureus*, onde o óleo do verão obteve um melhor desempenho, atingindo um valor de halo de 13mm e seu ponto mais baixo com o óleo do outono, que resultou em 11mm de halo de inibição do crescimento bacteriano. Já para a espécie *Bacillus cereus*, teve seu menor halo com o óleo essencial coletado no verão (18mm), contudo o óleo do inverno apresentou melhor desempenho, resultando em um halo de 23 mm.

Diferentemente das outras três bactérias, *L. monocytogenes* apresentou resultados semelhantes em três estações do ano. O óleo essencial coletado no verão, inverno e outono teve um resultado de 17 mm de halo de inibição, já o óleo da primavera teve seu ponto mais baixo, resultando em 15 mm de halo. Para todos os óleos testados o controle positivo, tetraciclina, apresentou uma média dos halos de inibição que variou entre 26 mm à 28 mm frente às bactérias testadas.

Conforme relatado, realizou-se somente um ensaio antibacteriano com o óleo de *Myrcia spectabilis*, devido ao seu baixo rendimento. Diferente dos resultados encontrados na espécie anterior, os halos de inibição foram bem menores, sendo que, para *E. coli* por exemplo, o resultado foi negativo, não havendo inibição de crescimento da bactéria gram-negativa.

Os outros microrganismos apresentaram-se sensíveis ao óleo testado, ainda que com resultados menores dos encontrados no óleo da outra espécie, a *Myrcia spectabilis* conseguiu inibir *S. aureus* (10mm) e as bactérias *Bacillus cereus* e *Listeria monocytogenes* que são as principais responsáveis pelas intoxicações e infecções alimentares foram sensíveis ao óleo, sendo 13 mm para *B. cereus* e 14 mm para *L. monocytogenes*. O halo de inibição do antibiótico continuou variando entre 26 mm e 28 mm.

Nas últimas décadas vem ganhando espaço as pesquisas relacionadas com as atividades antibacterianas de óleos essenciais. Investigações à cerca da ação dos terpenóides frente à membrana bacteriana, sugerem que tal atividade se dá pelo fato de que a membrana possui propriedades lipofílicas, portanto o local de ação dos óleos essenciais está relacionado com a bicamada fosfolipídica, encontrada em algumas bactérias, como as gram-negativas (HENRIQUES et al. 2009).

Cimanga et al. (2002) classifica os óleos essenciais quanto ao seu poder de inibição. Sendo que os óleos capazes de inibir menos de 10 mm são considerados como inativos os que inibem até 15 mm ativos e mais de 15 mm muito ativos. Diante disso, podemos considerar o óleo essencial das duas espécies como ativos frente às

cepas bacterianas utilizadas no estudo, com exceção do resultado encontrado para *E. coli* com o óleo de *Mycia spectabilis*. A ação conjunta dos compostos existentes no óleo essencial torna o mesmo como promissor para uso como antibacteriano.

De acordo com Alzoreky e Nakahara (2003), não podem ser classificados como agentes antibacterianos compostos que apresentem um halo da zona de inibição inferior a 12mm. Contudo, devido ao fato de que a zona de inibição de crescimento é grandemente influenciada pela velocidade de difusão das substâncias no ágar, sendo este de natureza hidrófila, e o óleo essencial viscoso e de baixa polaridade, acaba dificultando a difusão do óleo neste meio, então qualquer valor do halo obtido, por menor que seja, dá suporte para classificar tal óleo como um agente antibacteriano (RABÊLO, 2010).

Quanto ao mecanismo de ação dos óleos essenciais frente a bactérias, não se sabe ao certo, porém algumas pesquisas apontam como sendo a membrana celular o primeiro ponto a ser atacado pelos óleos essenciais fato esse, que se deve aos componentes lipofílicos e voláteis (STAMMATI et al. 1999). Segundo Burt (2004) a atividade antimicrobiana dos óleos essenciais pode estar relacionada a um efeito sinérgico de todos os seus constituintes presentes no óleo, o que pode ter ocorrido com o óleo das folhas da espécie no presente estudo.

A atividade positiva encontrada frente às bactérias utilizadas pode estar associada à presença de hidrocarbonetos sesquiterpenos. Os mesmos possuem uma baixa solubilidade em água com isso teriam maior dificuldade de fazer ligações de hidrogênio com os microrganismos relacionados. Essa atividade também está ligada à natureza lipofílica dos óleos essenciais, que lhes permite atravessar a parede celular e a membrana plasmática, rompendo a estruturada parede tornando-as permeáveis. Em bactérias, essa permeabilidade está associada à perda de íons e do potencial de membrana, colapso da bomba de potássio e do pool de ATP, os danos à parede celular e à membrana plasmática podem levar ao extravasamento de moléculas e lise da célula (LOPES, 2008).

As bactérias caracterizadas como gram negativas, possuem uma parede celular composta por uma camada de peptidoglicanos, lipoproteínas, membrana externa e lipopolissacarídeos. Sendo os peptidoglicanos responsáveis pela formação da célula e proteção do citoplasma frente à diferentes pressões osmóticas, desta forma, conferem rigidez a membrana. De maneira geral, as bactérias gram positivas

apresentam mais sensibilidade aos efeitos dos óleos essenciais, quando comparadas as gram negativas (LUCHESE, 2017).

Não foram encontrados trabalhos anteriores com o óleo essencial das espécies *Myrcia spectabilis* e *Marlierea eugeniopsoides* em testes antibacterianos. Silva (2010), utilizando óleo essencial coletado das folhas de Pitanga (*Eugenia uniflora* L.), também espécie que pertence à família Myrtaceae, verificou resultados positivos para a bactéria gram-positiva *S. aureus*, já para *E. coli* os resultados não foram satisfatórios.

A composição química dos óleos essenciais pode interferir diretamente em seu potencial antimicrobiano, estando ligada com os constituintes terpenóides presentes no óleo. De acordo com os resultados obtidos na análise química do óleo essencial das duas espécies utilizados neste estudo, nota-se que em sua grande maioria os principais compostos isolados são terpenos ou derivados dos mesmos.

Em estudo realizado por Probst (2012), também com o óleo de *Eugenia uniflora* L., testou sua efetividade perante cepas bacterianas de *Staphylococcus aureus* (16 meticilina resistentes (MRSA), 15 meticilina sensíveis (MSSA) e ATCC Sa 25923), *Escherichia coli* (15 linhagens e ATCC Ec 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (15 linhagens e ATCC 27853) e *Salmonella Typhimurium* (15 clínicos e ATCC 14028), onde o óleo testado demonstrou ação antimicrobiana, evidenciando assim o potencial do uso dessa planta como agente antibacteriano.

Savagnini et al., (2008) verificaram o efeito do óleo essencial e extrato de *Myrtus communis* L. também da família Myrtaceae, conhecida popularmente como “mirta” e de acordo com os resultados obtidos pelo ensaio de difusão em disco o extrato mostrou que *E. coli* e *Bacillus subtilis* apresentaram resistência e ainda, o óleo essencial também não mostrou-se positivo para *E. coli*. Na técnica de difusão em disco os resultados do óleo em relação ao extrato foram 1,3 a 1,4 vezes maiores tanto para *S. aureus*, como para *B. subtilis*, apresentando ainda halos de inibição menores que o controle positivo ampicilina. No mesmo estudo empregaram ainda, a técnica de template, sendo que os resultados evidenciaram que o óleo essencial apresentou atividade antibacteriana com inibição de 63,5% para *B. subtilis* a 95,2% frente a *S. aureus* pela técnica template.

Um ponto importante a ser considerado quando falamos em bioatividade das substâncias é a isomeria das mesmas. Onde estudos evidenciaram que  $\alpha$ -isômeros são menos ativos. Como por exemplo o  $\alpha$ -pineno é menos ativo, ao contrário do  $\beta$ -pineno. Outros terpenóides também apresentam atividades como é o caso do mirceno

e do  $\beta$ - Ocimeno (HENRIQUES et al. 2009), compostos estes que se encontraram na composição química do óleo essencial de *Marlierea eugeniopsoides*, corroborando com os resultados positivos encontrados nos ensaios antibacterianos para tal espécie.

Inúmeros são os trabalhos referentes a óleos essenciais ricos em sesquiterpenos apresentando, inclusive, (E)-Cariofileno como principal componente, exibindo atividade antimicrobiana e antifúngica. Ademais, óleos ricos em (E)-Cariofileno/Biciclogermacreno ou (E)-Cariofileno/Germacreno D, também demonstraram-se potentes em relação a atividades antimicrobianas (MAIA, 2010), que também constituem o óleo essencial das espécies aqui estudadas.

No trabalho realizado por Lopes (2008, p.43), com duas espécies da família Myrtaceae, *Eugenia uniflora* e *Myrciaria glazioviana*, demonstrou que os óleos essenciais apresentaram atividade moderada contra *E. coli* (gram-negativa) e *B. cereus* (gram-positiva), e não foram ativos contra *S. aureus* (gram-positiva). Ainda, em relação à comparação dos resultados com os controles positivos,

“O óleo essencial das folhas de *E. uniflora* apresentou atividade equivalente à de eritromicina e superior à de penicilina e ampicilina contra *B. cereus*. Contra *E. coli*, apresentou atividade equivalente à de vancomicina e superior à de eritromicina e penicilina. O óleo essencial de *M. glazioviana* apresentou atividade equivalente à de vancomicina e amoxicilina e superior à de penicilina para *B. cereus*. Para *E. coli*, ele mostrou atividade equivalente à de vancomicina e superior à de penicilina e eritromicina.” (LOPES, 2008, p. 43).

Microrganismos têm apresentado resistências aos antibióticos mais comuns, revelando um problema crescente em nível mundial (LOPES, 2008). Devido à sua atividade contra bactérias gram-positivas e gram-negativas, os óleos essenciais das espécies nativas *Marlierea eugeniopsoides* e *Myrcia spectabilis* podem ser utilizadas como uma alternativa no combate de doenças causadas por microrganismos patogênicos que estão cada vez mais resistentes à antibióticos, visto que foi observado halo de inibição nos testes realizados.

#### 4.4 CONCLUSÃO

Diante do aumento da ocorrência de microrganismos resistentes aos fármacos atualmente disponíveis no mercado, surge a necessidade de buscar novas fontes de substâncias que possam agir perante estes microrganismos patogênicos.

Os resultados apresentados neste capítulo evidenciam que os óleos essenciais das duas espécies podem ser considerados como possíveis agentes antibacterianos, devido à positividade encontrada nos mesmos. A espécie *Marlierea eugeniopsoides* apresentou halos de inibição bem significativos principalmente para as bactérias gram-positivas, onde seu halo maior foi de 24 mm com o óleo do verão e 23mm com o óleo do inverno, ambos para *S. aureus*.

O óleo essencial da espécie *Myrcia spectabilis*, coletado na primavera, não teve nenhum resultado positivo contra a bactéria gram-negativa, contudo, com a bactéria *L. monocytogenes*, apresentou halo de inibição do crescimento bacteriano com média de 14mm.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. M. S. **Características biológicas e antigênicas de Escherichia coli com ênfase aos genes de virulência**. 2013. 30 f. Monografia (Especialização) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- ALZOREKY, N. S.; NAKAHARA, K. Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. *Inter. J. Food Microbiology*, v. 80, n. 3, p. 223, 2003.
- ANDRADE, C.A.; DIAS, J.F. G; MIGUEL, M.D.; OTUKI, M.; MIGUEL, O.G.; WUNDER, P.R.; PONTAROLO, R.; ZANIN, S.M.W.; FURTADO, S.K. **Ensaio biológicos utilizados na pesquisa com produtos naturais**. In: SOUZA, G.H.B.; MELLO, J.C.P.; LOPES, N.P. (orgs.). *Farmacognosia coletânea científica*. UFOP, Ouro Preto, 2012.
- BATISTA, R. D. PEREIRA, C.F.; OLIVEIRA, A.I.T.; SILVA, J.F.M. Contaminação por bacillus cereus e os riscos de intoxicação alimentar. **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, [s.l.], v. 5, n. 2, p.30-40, 30 jun. 2018. <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2018vol5n2p30>.
- CIMANGA, K.; KAMBU, K.; TONA, L.; APERS, S.; DE BRUYNE, T.; HERMANS, N.; TOTTÉ, J.; PIETERS, L.; VLIETINCK, A.J. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *J. Ethno-pharmacology*, v. 79, n. 2, p. 213, 2002.
- GONÇALVES, C. L. **Bacteriostasia, citotoxicidade, atividade antioxidante e sinergismo com antibacterianos comerciais de plantas bioativas com indicativo medicinal**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Veterinária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.
- GUIMARÃES, A.G.; OLIVEIRA, A.P.; RIBEIRO, E.A.N.; CLAUDINO, F.S.; ALMEIDA, J.R.G.S.; LIMA, J.T...NUNES, X.P. **Atividade farmacológica de monoterpenos**. In: SOUZA, G.H.B.; MELLO, J.C.P.; LOPES, N.P. (orgs.). *Farmacognosia coletânea científica*. UFOP, Ouro Preto, 2012.
- HENRIQUES, A.T.; SIMÕES-PIRES, C.A.; APEL, M.A. Óleos essenciais: importância e perspectivas terapêuticas. In: YUNES, R.A.; CECHIMEL FILHO, V. (orgs.). **Química de produtos naturais, novos fármacos e a moderna farmacognosia**. 2.ed. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2009. p.219-256.
- LEAL, A. L. A. B.; MACHADO, A.J.T.; BEZERRA, C.F.; INACIO, C.E.S.; ROCHA, J.E.; SALES, D.L.; FREITAS, T.S.; ALMEIDA, W.O... COUTINHO, H.D.M. Chemical identification and antimicrobial potential of essential oil of Piper rivinoides kunth (BETIS-WHITE). **Food And Chemical Toxicology**, [s.l.], v. 131, p.1-5, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2019.06.006>.

LOPES, P.M.; QUEIROZ, T.F.F.; RODRIGUES, F.C.; CASTRO, A.S.B. Escherichia coli as the etiological agent of urinary tract infections in patients the municipality in Viçosa-MG. **Rev. Bras. Farm.** 93 (1): 43-47, 2012.

LOPES, M. M. **Composição química, atividade antibacteriana e alelopática dos óleos essenciais de eugenia uniflora l. e myrciaria glazioviana (kiaersk) g. m. barroso & sobral (myrtaceae).** 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de do Programa de Pós-graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

LUCHESI, L.A. **Atividade antibacteriana, antifúngica e antioxidante de óleos essenciais.** (2017). Dissertação (mestrado) em Agroecossistemas, do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

NALÉRIO, E.S.; ARAÚJO, M.R.; MENDONÇA, K.S.; BASSANI, M.T.; SILVA, W.P. Listeria monocytogenes: assessing this microbiological hazard in a poultry productive chain in southern Rio Grande do Sul. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 29(3): 626-630, jul.-set. 2009.

OLIVEIRA, R. R. Mata Atlântica, paleoterritórios e história ambiental. **Ambiente & Sociedade**, [s.l.], v. 10, n. 2, p.11-23, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-753x2007000200002>.

OSTROSKY, E. A.; MIZUMOTO, M.K.; LIMA, M.E.L.; KANEKO, T.M.; NISHIKAWA, S.O.; FREITAS, B.R. Métodos para Avaliação da Atividade Antimicrobiana e Determinação da Concentração Mínima Inibitória (CMI) de Plantas Medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 18:301-07, 2008.

PROBST, I. S. **Atividade antibacteriana de óleos essenciais e avaliação de potencial sinérgico.** 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Geral e Aplicada, Unesp, Botucatu, 2012.

RABÊLO, W.F. **Caracterização química, Toxicidade e avaliação da atividade antibacteriana do óleo essencial do cravo da índia (Syzygium aromaticum).** 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Maranhão, 2010.

SALES, L.M.; SILVA, T.M. Staphylococcus aureus meticilina resistente: um desafio para a saúde pública. **Acta Biomedica Brasiliensis** / Volume 3/ nº 1/ Junho de 2012.

SALVAGNINI, L.E.; OLIVEIRA, J.R.S.; DOS SANTOS, L.E.; MOREIRA, R.R.D.; PIETRO, R.C.L.R. Avaliação da Atividade Antibacteriana de folhas de Myrtus communis L. (Myrtaceae). **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, 18(2): 241-244, 2008.

SILVA, N. C. C. **Estudo comparativo da ação antibacteriana de extratos e óleos essenciais de plantas medicinais e sinergismo com drogas antimicrobianas.** 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Biologia Geral e Aplicada, Unesp, Botucatu, 2010.

SILVA, L.E.; GONÇALVES, M.V.S.; DO AMARAL, W.; DE QUADROS, D.A.; REIS, R.A.; DO AMARAL, L.D.P.; HUERGO, L.F.; GRACIA, B. Chemical composition and antibacterial activity of *Cymbopogon citratus* and *Cymbopogon flexuosus* essential oils. **Ciência e Natura**, Santa Maria v.40, e2, 2018.

STAMMATI, A. L.; BONSI, P.; ZUCCO, F.; MOEZELAAR, R.; ALAKOMI, H.L.; VON WRIGHT, A. Toxicity of selected plant volatiles in microbial and mammalian short-term assays. **Food chem. Toxicol.**, v. 37, p. 813, 1999.

SWAMY, M. K.; AKHTAR, M.S.; SINNIHAH, U.R. Antimicrobial Properties of Plant Essential Oils against Human Pathogens and Their Mode of Action: An Updated Review. **Evidence-based Complementary And Alternative Medicine**, [s.l.], v. 2016, p.1-21, 2016. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3012462>.

## **5 CAPÍTULO IV: ATIVIDADE ENZIMÁTICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DAS DUAS ESPÉCIES DE MYRTACEAE COLETADAS NO LITORAL DO PARANÁ**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

Desde os tempos mais antigos, as plantas são usadas para fins terapêuticos e medicinais, constituindo com isso, um arsenal de grande valia para restauro da saúde. Em países considerados desenvolvidos, a prática do uso de plantas para fins medicinais perdeu-se, dando espaço para medicamentos sintéticos e semissintéticos. Diante de muitos fatores associados e contra indicações, tais drogas acabam sendo prejudiciais em muitos casos ou até mesmo ineficientes, abrindo espaço para uma crescente busca por plantas medicinais (PEDRO, 2008).

Diante disso, cresce o interesse de pesquisadores juntamente com o avanço da tecnologia a fim de estudar e investigar cientificamente as plantas e a biodiversidade, buscando também, atrelar estas descobertas ao uso de forma correta da diversidade ecológica encontrada em todos os continentes. Estudos estes, visam a descoberta de novos princípios ativos advindos da natureza, que são responsáveis pelas propriedades terapêuticas encontradas nas plantas medicinais e também em plantas nativas que ainda não foram estudadas (PEDRO, 2008).

Sem os conhecimentos passados de geração para geração, sobre o uso de plantas medicinais visando tratamentos de doenças, certamente não teríamos atingido o grau de desenvolvimento atual acerca das substâncias bioativas encontradas em plantas, estas que possuem uma ampla variedade de compostos de interesse, tornando as pesquisas voltadas para a busca de substâncias advindas de fontes naturais, as principais fontes de moléculas terapêuticas e comercialmente úteis (SOUZA, 2011).

Conforme dados da Organização Mundial da Saúde, os medicamentos de origem tradicional, representam cerca de 60% do uso pela população mundial para o sistema de cuidados primários de saúde, sendo que, plantas com compostos bioativos e que desempenham atividades biológicas, permanecem inexploradas. Sendo assim, a biodiversidade representa uma fonte de novos constituintes químicos com grande potencialidade para se tornarem possíveis fármacos (LOPES, 2015).

Tais entidades químicas são comumente metabólitos secundários. Estes, são sintetizados pelas plantas e são essenciais para a sobrevivência e adaptação das

espécies e possuem alguns princípios como, a defesa contra herbívoros e atração de agentes polinizadores (LOPES, 2015). Para Gobbo-Neto e Lopes (2007), os metabólitos secundários representam uma interface entre a planta e o meio ambiente, podendo haver modificações em suas estruturas de acordo com as diversas condições ambientais.

O grande desenvolvimento no uso de plantas para fins medicinais tem provocado um novo interesse pelo conhecimento das características das suas ações de caráter terapêutico, como a composição química juntamente com as propriedades farmacológicas, principalmente no que refere às plantas brasileiras, considerando a extensa e diversificada flora do país (SILVA, 2013).

Uma das maneiras de estudar e fazer uso de plantas medicinais é com os óleos essenciais. Estes, constituem-se fontes significativas de estudos visando identificar atividades biológicas. São provenientes de plantas e os principais métodos de extração são as técnicas de arraste a vapor e hidrodestilação. São constituídos quimicamente principalmente de mono e sesquiterpenos e fenilpropanóides, metabólitos estes que proporcionam a estes óleos as suas características terapêuticas (SILVA, 2013).

A acumulação dos óleos essenciais depende muito do estágio de desenvolvimento da planta atrelado também a outros fatores extrínsecos. São encontrados em sua maioria em plantas aromáticas, associadas a estruturas secretoras especializadas internas, como ductos e bolsas. Para além do facto de indivíduos de uma espécie. A produção de tais constituintes depende do estado metabólico e de diferenciação da planta, assim como da ação de fatores externos como clima, temperatura, humidade, luminosidade, dentre outras (VIDEIRA, 2015).

Muitos são os estudos em torno dos óleos essenciais e suas aplicações, um destes que ganha grande destaque são as pesquisas visando o potencial dos óleos essenciais com ações enzimáticas. As enzimas são proteínas que regulam reações químicas que ocorrem nos organismos vivos. Atuando como catalisadores, ou seja, promovem o aumento da velocidade das reações químicas. Em nível estrutural quase todas as enzimas são proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária. A nível molecular, a enzima estabelece a ligação com o substrato para formar um complexo denominado enzima-substrato (LOPES, 2015).

São muitas as enzimas envolvidas em diversos processos metabólitos no organismo. Para Oliveira e Mantovani (2009, p. 742):

“Enzimas são conjuntos de proteínas que catalisam a química da vida. As transformações químicas que ocorrem nos sistemas vivos são promovidas por centenas de milhares de enzimas que atuam catalisando a conversão de um conjunto de substratos em produtos específicos. Catalisando a química das sinalizações de macromoléculas e moléculas pequenas, e provavelmente devido a sua forma de ação tão peculiar, as enzimas tornaram-se grandes fontes de inspiração para atuarem em subáreas como a síntese orgânica e a química inorgânica “(OLIVEIRA E MANTOVANI, 2009, p. 742).

A biodiversidade é uma fonte de imensurável riqueza para novos medicamentos. A avaliação biológica tornou-se uma das mais importantes e valiosas mudanças na área de produtos naturais. A compreensão dos mecanismos das diversas doenças, juntamente com testes realizados com receptores e enzimas disponíveis, permitiram o aprimoramento de sistemas eficientes e rápidos de bioensaios. Os incrementos biotecnológicos com ensaios, permitiu a utilização de enzimas, receptores, entre outros alvos, para avaliação rápida de um número grande de amostras. Dentre os bioensaios rápidos e sensíveis, a utilização da enzima  $\alpha$ -glucosidase e da acetilcolinesterase é uma alternativa para a detecção e seleção de amostras com ação anticolinesterásica e anti- $\alpha$ -glucosidase (TREVISAN e MACEDO, 2003). Nesse sentido, esse trabalho buscou verificar o potencial que os óleos essenciais das espécies *Marlierea eugeniopsoides* e *Myrcia spectabilis* tem como inibidores enzimáticos, para tanto utilizou-se ensaios com as enzimas  $\alpha$ -glucosidase e acetilcolinesterase.

#### 5.1.1 ENZIMA ACETILCOLINESTERASE (AChE)

A acetilcolinesterase (AChE) é a enzima responsável por hidrolisar o neurotransmissor acetilcolina (ACh) nas sinapses colinérgicas. Atua na transmissão de mensagens de um neurônio para outro. As sinapses colinérgicas ocorrem largamente no sistema nervoso central (SNC) e periférico (SNP), com grande relevância na manutenção de inúmeras funções fisiológicas humanas. Os fármacos que possuem como capacidade de ação a inibição da AChE são chamados de anticolinesterásicos. A enzima acetilcolinesterase quando bloqueada não realiza a hidrólise da acetilcolina e assim, permite que o neurotransmissor permaneça ativo por um período maior na fenda sináptica, fato que incrementa a transmissão colinérgica (ARAUJO et al, 2016).

Os inibidores da enzima acetilcolinesterase demonstram a maior capacidade em tratamentos clínicos da doença de Alzheimer. Alguns fármacos oriundos de produtos naturais, especialmente de plantas, são ativos no tratamento de várias doenças, como exemplo, a doença de Alzheimer (DA). “O alcaloide isolado de *Eucharis grandiflora* (Amaryllidaceae), a sanguinina (9-O-desmetilgalantamina), mostrou-se 10 vezes mais ativo que a própria galantamina em ensaios *in vitro*” (MORAES et al. 2013, p.576).

A Doença de Alzheimer foi descrita inicialmente pelo médico alemão Alois Alzheimer no ano de 1906, que definiu a mesma como uma patologia neurológica. Destacando que a doença tem como principais causas a demência, as alterações de comportamento e a perda progressiva da memória. A predisposição para a DA deriva de múltiplos determinantes, no entanto o fator de risco principal para o desenvolvimento da doença é a idade, sendo que a doença atinge de 8-15% da população com mais de 65 anos e o risco duplica a cada cinco anos (ARRUDA, 2010).

Atualmente não há cura e o tratamento fornece apenas alívio temporário dos sintomas em alguns pacientes. O papel principal da acetilcolinesterase (AChE) é terminar a transmissão do impulso nervoso nas sinapses colinérgicas por hidrólise rápida da acetilcolina. A justificativa para a atual abordagem terapêutica ao tratamento da DA é direcionada para a inibição da AChE, com base na hipótese de que essa doença resulta de um déficit da função colinérgica no cérebro (LIMA et al, 2012).

A atividade psicoativa associada ao uso de plantas é usada pela humanidade a milhares de anos. Estes, atuam sobre o nível de consciência, cognição e sobre aspectos emocionais, sendo usados com vários fins na terapêutica (SOUZA et al. 2012). Com a imensa biodiversidade existente, é primordial aprofundar os estudos com os óleos essenciais de espécies nativas a fim de verificar o potencial que tais plantas têm na inibição das enzimas de interesse.

### 5.1.2 ENZIMA $\alpha$ - GLUCOSIDASE

Alvos moleculares como enzimas e receptores vem sendo cada vez mais estudados com a finalidade de buscar novas opções de medicamentos baseados no mecanismo de inibição enzimática que acarreta alterações benéficas no metabolismo e o uso no tratamento de doenças. As enzimas chamadas glicosidases são

responsáveis pelo processamento de carboidratos provenientes da dieta, agindo na quebra do amido e auxiliando em uma maior absorção de monossacarídeos pelos enterócitos. Deste modo, inibidores dessas enzimas, presentes em plantas, oferecem uma estratégia promissora para o controle da hiperglicemia associada ao diabetes tipo 2, através da redução da quebra do amido e da absorção da glicose no intestino (PEREIRA et al. 2011).

Uma das abordagens terapêuticas para atenuar ou tratar a diabetes é reduzir a hiperglicemia pós-prandial, retardando a absorção da glicose inibindo a hidrólise dos carboidratos (ARAUJO, 2015). Inibidores de enzimas  $\alpha$ -glicosidases exercem seus efeitos antidiabéticos através desaceleração e da redução da taxa de absorção de glicose mediada pela inibição da degradação de carboidratos complexos no trato gastrointestinal (CONCEIÇÃO et al. 2017).

As glicosidases realizam uma clivagem hidrolítica unindo dois açúcares simples através de um átomo de oxigênio. Tendo em vista o papel das  $\alpha$ -glicosidases na digestão de açúcares, os inibidores destas enzimas são atualmente empregados no tratamento do diabetes mellitus tipo II, proporcionando um controle da hiperglicemia, através da modulação da taxa de digestão do amido e outros carboidratos complexos (CONCEIÇÃO et al. 2017).

Conforme relatado por Pereira (2018, p. 2):

“Vários inibidores de alfa-glicosidase, tais como acarbose e voglibose obtidos de fontes naturais, podem efetivamente controlar a concentração de glicose no sangue após as refeições e têm sido usados clinicamente no tratamento de diabetes mellitus tipo II. Há poucos inibidores de glicosidase disponíveis comercialmente, e todos contêm derivados de açúcar em sua estrutura, são de difícil síntese química e clinicamente associados com sérios efeitos colaterais gastrointestinais” (PEREIRA, 2018, p. 2).

A natureza pode contribuir enormemente na busca de novas estratégias para combater tais doenças. Assim, a descoberta de inibidores de  $\alpha$ -glicosidases a partir de fontes naturais tem recebido notável atenção devido à ampla gama de compostos na natureza e de suas promissoras atividades biológicas.

## 5.2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.2.1 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE INIBIDORA DA $\alpha$ -GLUCOSIDASE

Os ensaios de inibição enzimática são realizados em parceria com o Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais, localizado no campus 3, no Departamento de Ciências Farmacêuticas da FURB, na cidade de Blumenau-Sc.

O ensaio de inibição da  $\alpha$ -glucosidase é realizado conforme descrito por Kim et al. (2004). São preparadas soluções das amostras em metanol, na concentração de 1 mg mL<sup>-1</sup>. Na hora do teste, cada solução é diluída com tampão fosfato de potássio (pH 6,8) para 500 µg mL<sup>-1</sup>. Uma alíquota de 50 µL de solução de alfa-glucosidase (1 U mL<sup>-1</sup>) foi pré-misturada com 20 µL das soluções da amostra, e foram adicionados 570 µL de tampão fosfato de potássio (pH 6,8) (0,1 mol L<sup>-1</sup>). Todos os tubos foram agitados em vortex e incubados em banho-maria a 37,5 °C por 20 minutos. Após, 100 µL de p-nitrofenil-a-D-glicopiranosídeo (pNPG, 1 mmol L<sup>-1</sup>) é adicionado como substrato e a reação terá início. Os tubos são novamente agitados e a mistura é incubada durante 30 min em banho-maria a 37,5 °C, seguida da adição de 650 µL de solução de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 M para o término da reação. A quantidade de p-nitro-fenol formada é medida em espectrofotômetro em comprimento de onda de 410 nm, para a estimativa da atividade enzimática. Como padrão é utilizado uma solução de acarbose a 50 ug mL<sup>-1</sup>. Um controle negativo utilizando apenas solvente, no lugar da amostra, é o utilizado. Para cada amostra realiza-se um teste em branco, onde adiciona-se 20 µL da solução da amostra (500 ug mL<sup>-1</sup>) em 570 µL de tampão fosfato de potássio (pH 6,8) (0,1 mol L<sup>-1</sup>). A atividade inibitória da enzima alfa-glucosidase é calculada através da equação:

Atividade Inibitória (%) =

$$\frac{\text{Abs C. Neg.} - (\text{Abs Amostra} - \text{Abs Branco})}{\text{Abs C. Neg.}} * 100$$

Abs C. Neg

### 5.2.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTICOLINESTERÁSICA

A atividade anticolinesterásica foi determinada utilizando o método in vitro espectroscópico de Ellman, segundo Mata et al. (2007). As amostras foram diluídas em metanol na concentração de 1 mg mL<sup>-1</sup>. Em cada tubo de ensaio foram adicionados tampão Tris-HCl 325µL para manter o pH do meio 8. A uma alíquota de 100µL de amostra, 20µL de solução de enzima acetilcolinesterase diluída em tampão Tris-HCl contendo 0,1% de Albumina de Soro Bovino (0,25 U mL<sup>-1</sup>) foi adicionado. Esta mistura foi incubada à temperatura ambiente durante 15 minutos. Em seguida, foram adicionados 70µL de solução de iodeto de acetilcolina (0,021 mg mL<sup>-1</sup>) e 470µL de Reagente de Ellman (5,5-ditiobis (ácido 2-nitrobenzóico) preparado em Tris HCl adicionado NaCl 0,1M e MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 0,02M). Após a homogeneização, os tubos de ensaio foram incubados longe da luz por 25 minutos. Em seguida, 1000 ul de solução tampão Tris-HCl foram adicionados e a absorbância da solução foi medida em um espectrofotômetro em um comprimento de onda de 405 nm.

Como controle positivo, foi utilizada solução de cloridrato de aneostigmina (100 µg ml<sup>-1</sup>); e como controle negativo, as amostras foram substituídas apenas pelo solvente utilizado para a diluição. A atividade inibitória da acetilcolinesterase da enzima foi calculada pela equação:

Atividade Inibitória (%) =

$$\frac{100 - (\text{Abs Amostra} - \text{Abs Branco}) * 100}{\text{Média das Abs do C. Negativo}}$$

Onde Abs Neg é a absorbância do controle negativo, Abs amostra é a absorbância da amostra / controle positivo e Abs em branco é a absorbância da solução em branco.

A IC<sub>50</sub> foi definida como a concentração necessária para inibir 50 % da atividade enzimática nas condições do ensaio.

### 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Muitos alvos moleculares como as enzimas vem sendo estudadas com a finalidade de encontrar medicamentos e fitoterápicos com mecanismos de inibição enzimática, para o uso benéfico pelo organismo e cura de enfermidades relacionadas a estas. Segundo Monteiro (2018), “considera-se promissora a amostra capaz de inibir no mínimo 50% da atividade enzimática, na concentração testada”.

Na **TABELA 8** pode ser verificado os resultados encontrados para as duas espécies de Myrtaceae. A espécie *Myrcia spectabilis*, em resultado do baixo rendimento do óleo essencial, pôde-se realizar os ensaios somente com o óleo da primavera, onde a coleta do material foi maior e obteve-se óleo suficiente para os ensaios, já a *Marlierea eugeniopsoides*, devido ao seu bom rendimento foi possível realizar os ensaios em todas as estações do ano.

**TABELA 8.** RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ACETILCOLINESTERASE E  $\alpha$ -GLUCOSIDASE DO ÓLEO DAS ESPÉCIES *Marlierea eugeniopsoides* e *Myrcia spectabilis*.

ATIVIDADE INIBITÓRIA DA ACETILCOLINESTERASE		
<i>Marlierea eugeniopsoides</i>	<b>M %</b>	<b>DP</b>
Inverno	88,75	± 1,28
Verão	94,3	± 0,25
Primavera	78,5	± 1,32
Outono	93,56	± 0,21
<i>Myrcia spectabilis</i>	<b>M %</b>	<b>DP</b>
Primavera	79,75	± 0,96
ATIVIDADE INIBITÓRIA DA ALFA-GLUCOSIDASE		
<i>Marlierea eugeniopsoides</i>	<b>M %</b>	<b>DP</b>
Inverno	15,03	± 6,66
Verão	8,08	± 0,76
Primavera	96,61	± 0,00
Outono	100	± 0,00
<i>Myrcia spectabilis</i>	<b>M%</b>	<b>DP</b>

Primavera	77,12	± 1,20
-----------	-------	--------

LEGENDA: **M**= Média; **DP**= Desvio Padrão.

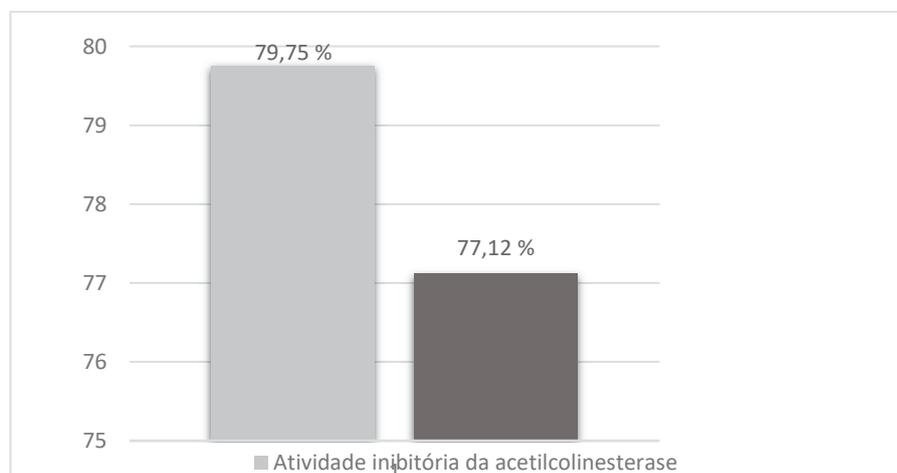
Fonte: a autora (2019).

Estudos que visam encontrar em compostos advindos de plantas nativas, atividades e potenciais de inibição de enzimas-chave são um grande diferencial no ramo dos estudos com óleos essenciais. Tendo destaque as pesquisas relacionadas com a inibição da enzima acetilcolinesterase, esta que é relacionada amplamente com a Doença de Alzheimer, sendo considerada uma das únicas estratégias farmacológicas atualmente disponível que visa retardar os danos cognitivos associados à DA. Óleos que apresentam monoterpenos como compostos predominantes tem um maior potencial inibitório frente à acetilcolinesterase, possuem maior facilidade de penetrar a barreira hematoencefálica e inibir a enzima, resultando assim, efeitos positivos sobre a memória, no entanto ainda existem poucos estudos com tal visão (HENRIQUES et al. 2009).

Com base nos resultados encontrados podemos considerar ambas as amostras promissoras com relação aos ensaios enzimáticos, já que basicamente em todas as estações do ano o óleo essencial das espécies apresentou potencial de inibição acima de 50%.

O ensaio realizado com o óleo essencial da primavera para a espécie *Myrcia spectabilis*, apresentou resultados bem próximos frente às duas enzimas testadas, como pode ser melhor visualizado no **GRÁFICO 1**.

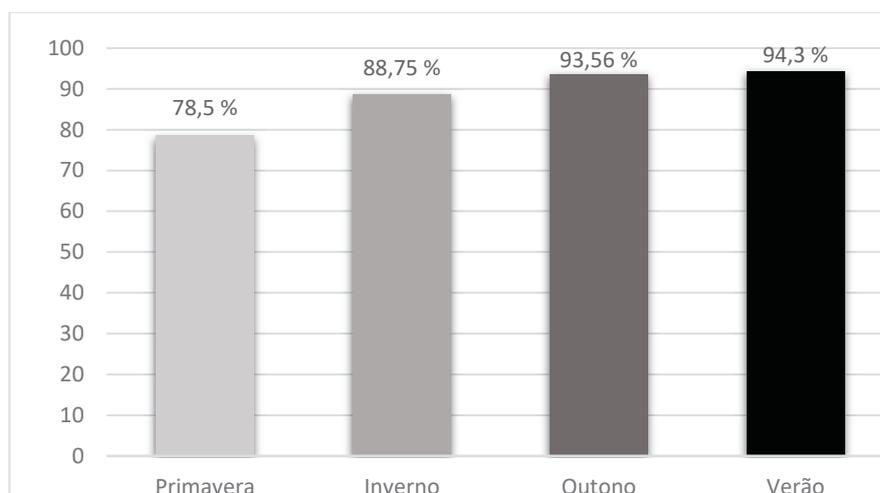
**GRÁFICO 1.** RESULTADOS DO ENSAIO ENZIMÁTICO DO ÓLEO ESSENCIAL DA PRIMAVERA PARA A ESPÉCIE *Myrcia spectabilis*.



Fonte: a autora (2019).

Para melhor elucidar os resultados da espécie *Marlierea eugeniopsoides*, os **GRÁFICOS 2 e 3** mostram os valores encontrados para a enzima acetilcolinesterase e  $\alpha$ -glucosidase em todas as estações do ano.

**GRÁFICO 2.** RESULTADOS DO ENSAIO ENZIMÁTICO PARA ACETILCOLINESTERASE DO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE *Marlierea eugeniopsoides*.



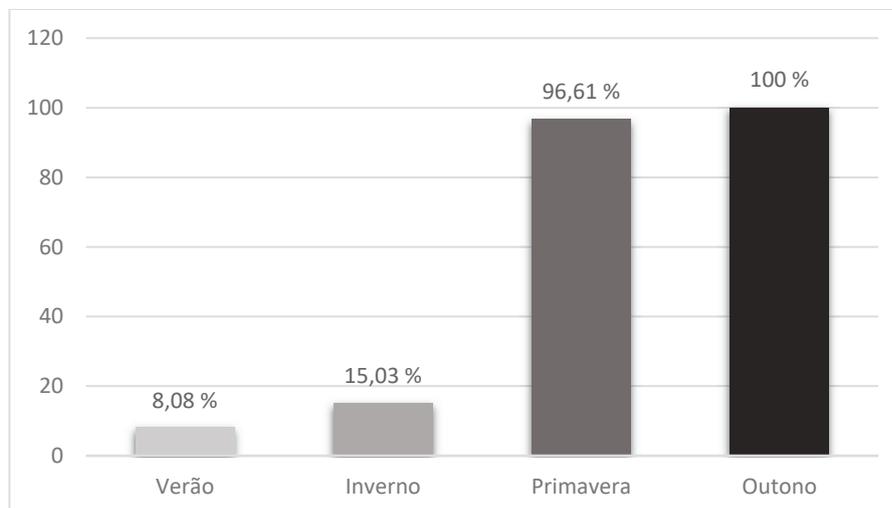
Fonte: a autora (2019).

Com base no exposto no **GRÁFICO 2** nota-se que a estação da primavera foi a que teve um menor desempenho na ação anticolinesterásica, do contrário a estação do verão teve melhor ação no ensaio realizado contabilizando 94,3% de ação sobre a enzima acetilcolinesterase, seguida de perto pelo óleo essencial do outono que apresentou 93,56% de atividade.

Visto que neste óleo os monoterpenos  $\alpha$ - e  $\beta$ -pineno são os compostos majoritários em todas as estações do ano e que o óleo apresentou baixo teor em sesquiterpenos, foi possível associar esta propriedade aos seus constituintes majoritários monoterpênicos. A afirmativa baseia-se no fato de que o composto  $\alpha$ -pineno foi descrito em estudos anteriores como inibidor da acetilcolinesterase (ALCÂNTARA et al. 2010).

Os resultados de inibição enzimática do óleo essencial de *Marlierea eugeniopsoides* para  $\alpha$ -Glucosidase apresentaram variâncias significativas nos valores encontrados para as quatro estações do ano, como pode ser visualizado no **GRÁFICO 3**.

**GRÁFICO 3.** RESULTADOS DO ENSAIO ENZIMÁTICO PARA  $\alpha$ - GLUCOSIDASE DO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE *Marlierea eugeniopsoides*.



Fonte: a autora (2019).

Os resultados de inibição enzimática para  $\alpha$ - Glucosidase evidenciam que o óleo essencial da espécie *Marlierea eugeniopsoides* não teve resultados satisfatórios nas estações do verão e inverno, ficando muito abaixo do aceitável para evidenciar a eficácia do óleo. Em contrapartida o óleo do outono e da primavera atingiram resultados extremamente satisfatórios com 100% e 96,61 de eficácia na inibição enzimática.

A primavera teve a maior concentração de compostos monoterpenos em sua amostra, totalizando 54,85% de  $\alpha$ - Pineno e 32,44% de  $\beta$ -Pineno, o que pode ter contribuído para o melhor desempenho do óleo para tal estação do ano. A composição do outono teve bastante variação de compostos e alguns que apareciam em menor quantidade nas outras estações, dobrou sua porcentagem no outono, como é o caso do monoterpeno Mirceno que apresentou 10,46% na constituição química para a estação.

Como relatado por Gobbo-Neto e Lopes (2007), a mudança nas atividades biológicas e composição química das plantas pode ser resultado de pressões ou atividades que a planta está vivenciando em dado momento, o que pode contribuir para os resultados encontrados nos ensaios enzimáticos realizados com as duas espécies.

Arruda (2010) em seu estudo com extratos *Hedychium gardnerianum*, que também possui como um dos compostos principais o  $\alpha$ - Pineno, verificou a alta capacidade de inibição da enzima AChE. Souza (2011) trabalhou com extratos de 14 espécies distintas, nativas do Bioma Cerrado, dentre estas estava a *Eugenia dysenterica* que pertence à família Myrtaceae, verificando o potencial de inibição dos mesmos. Neste estudo pode constatar que a espécie em questão teve um ótimo desempenho na inibição da  $\alpha$ -glucosidase, o que não ocorreu com a AChE que não obteve resultado positivo.

Pereira (2018), realizou a caracterização de frutos de araçá (*Psidium cattleianum*), também pertencente à família Myrtaceae, verificando a composição fenólica, atividade antioxidante e inibição de  $\alpha$ -amilase e  $\alpha$ -glicosidase. Os extratos fenólicos de araçá inibiram  $\alpha$ -amilase e  $\alpha$ -glicosidase; os genótipos e a parte da fruta não influenciaram a inibição destas enzimas; os compostos presentes no extrato não fracionado resultaram em maior inibição das enzimas estudadas.

Os ensaios de inibição enzimática, realizados por Monteiro (2018) com espécies nativas do Bioma Mata Atlântica, foram conduzidos com enzimas comerciais empregando métodos espectrofotométricos. Verificou-se que para a enzima  $\alpha$ -glucosidase nenhuma das amostras testadas apresentou atividade inibitória significativa. Dentre as amostras testadas para a acetilcolinesterase, o óleo das cascas de *Drymis angustifolia*, rico nos monoterpenos  $\alpha$ -pineno e  $\beta$ -pineno, apresentou-se como o mais ativo na inibição da acetilcolinesterase resultando em uma inibição de 73%.

Outro estudo realizado com a espécie *Eugenia involucrata*, conhecida popularmente como “cerejeira-do-rio-grande” ou “cerejeira-do-mato”, pertencente à família Myrtaceae, demonstrou que os extratos hidroalcoólico, fração insolúvel, acetato de etila e butanol, apresentaram foram capazes de inibir a atividade da enzima  $\alpha$ -glucosidase, sendo o extrato hidroalcoólico a amostra mais ativa (CIPRIANI, 2016).

Estudos com a espécies nativas estão cada vez mais ganhando espaço das pesquisas de fitoterápicos provenientes de plantas devido aos seus constituintes químicos variados e suas atividades biológicas diversas.

#### 5.4 CONCLUSÕES

Os óleos essenciais têm vindo a ser utilizados em terapêutica com uma vasta aplicação clínica. Neste capítulo pôde-se demonstrar que os óleos essenciais das duas espécies da família Myrtaceae foram satisfatórios para a inibição das enzimas  $\alpha$ -glucosidase e acetilcolinesterase. O óleo da espécie *Myrcia spectabilis* inibiu satisfatoriamente as duas enzimas, no entanto, o óleo da espécie *Marlierea eugeniopsoides* nos testes realizados com o óleo do verão e inverno frente à enzima  $\alpha$ -glucosidase ficou bem abaixo do considerado satisfatório, que seria 50% de inibição, já frente à AChE o óleo foi efetivo em todas as estações do ano.

## REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, J.M.; YAMAGUCHI, K.K. L.; SILVA, J.R.A.; VEIGA JUNIOR, V.F. Composição química e atividade biológica dos óleos essenciais das folhas e caules de *Rhodostemonodaphne parvifolia* Madriñán (Lauraceae). *Acta Amazonica*, VOL. 40(3) 2010: 567 – 572, 2010.
- ARAÚJO, R.L. **Efeito dos compostos fenólicos de *Eugenia dysenterica* DC sobre a glicemia pós-prandial de indivíduos com síndrome metabólica e disglícemia**. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- ARAÚJO, C.R.M.; SANTOS, V. L. A.; GONSALVES, A. A. Acetylcholinesterase - AChE: A Pharmacological Interesting Enzyme. **Revista Virtual de Química**, [s.l.], v. 8, n. 6, p.1818-1834, 2016. Sociedade Brasileira de Química (SBQ).  
<http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20160122>.
- ARRUDA, M.A.T.F.S. **Pesquisa de inibidores da acetilcolinesterase em *Hedychium gradnerianum* dos açores**. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas)- Departamento de ciências tecnológicas e desenvolvimento, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 2010.
- CIPRIANI, A. **Investigação fitoquímica e avaliação da atividade hipoglicemiante, antioxidante, anticolinesterásica e antimicrobiana das folhas de *Eugenia involucrata* (MYRTACEAE)**. 133 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2016.
- CONCEIÇÃO, A.R.; NOGUEIRA DA SILVA, P.; BARBOSA, M. L. C. Fármacos para o Tratamento do Diabetes Tipo II: Uma Visita ao Passado e um Olhar para o Futuro. **Rev. Virtual Quim.**, 9 (2), 2017.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas Medicinais: Fatores de Influência no Conteúdo de Metabólitos Secundários. **Química. Nova**, v.30, n.2, p.374-381, 2007.
- HENRIQUES, A.T.; SIMÕES-PIRES, C.A.; APEL, M.A. Óleos essenciais: importância e perspectivas terapêuticas. In: YUNES, R.A.; CECHIMEL FILHO, V. (orgs.). **Química de produtos naturais, novos fármacos e a moderna farmacognosia**. 2.ed. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2009. p.219-256.
- LIMA, B.G.; TIETBOHL, L.A.; FERNANDES, C.; CRUZ, R.A.S et al. Chemical Composition of Essential Oils and Anticholinesterasic Activity of *Eugenia sulcata* Spring ex Mart. **Latin American Journal of Pharmacy**. 31. 152-155, 2012.
- LOPES, A.A.S. **Inibidores de tirosinase e novas técnicas laboratoriais de separação de produtos naturais bioativos**. 45 f. Dissertação (Mestrado Ciências Farmacêuticas) -Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas, Universidade Lusófona Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2015.
- MORAIS, S.M.; LIMA, K.S.B.; SIQUEIRA, S.M.C.; CAVALCANTI, E.S.B.; SOUZA, M.S.T.; MENEZES, J.E.S.A.; TREVISAN, M.T.S. Correlação entre as atividades

antirradical, antiacetilcolinesterase e teor de fenóis totais de extratos de plantas medicinais de farmácias vivas. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.15, n.4, 575-582, 2013.

MONTEIRO, J.S.M. **Valorização de plantas aromáticas catarinenses – estudo químico-biológico dos óleos essenciais de *Piper mikanianum* (KUNTH) STEUDEL e *Drimys angustifolia* MIERS.** 91f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2018.

OLIVEIRA, L.G.; MANTOVANI, S.M. Transformações biológicas: contribuições e perspectivas. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 3, 742-756, 2009.

PEDRO, M.M. **Pesquisa de actividade inibitória da enzima acetilcolinesterase em extractos aquosos de várias plantas usadas como infusões. Identificação de compostos com maior actividade inibitória.** Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Faculdade de Ciências, Departamento de Química e Bioquímica, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2008.

PEREIRA, C.A.; PEREIRA, L.L.S.; CORREA, A.D.; CHAGAS, P.M.B.; DE SOUZA, S.P.; DOS SANTOS, C.D. Inibição de enzimas digestivas por extratos de pó comercial de *Hoodia gordonii* utilizado no tratamento da obesidade. **R. bras. Bioci.**, v. 9, n. 3, 265-269, 2011.

PEREIRA, E.S. **Caracterização de frutos de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine): composição fenólica, atividade antioxidante e inibição de alfa-amilase e alfa-glicosidase.** 85 f. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

SILVA, N.N.S. **Atividade anticolinesterásica dos óleos essenciais e componentes majoritários de *Piper spp* e *Aniba canelilla* e docagem molecular do 1-nitro-2-feniletano.** 70 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Farmácia, Belém, 2013.

SOUZA, P.M. **Atividade de inibição enzimática por espécies vegetais do Bioma Cerrado.** 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde), Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SOUZA, S.P.; VALVERDE, S.S.; DA SILVA, R.L.N.R.; LIMA, K.S.C.; LIMA, A.L.S. Essential oils as acetylcholinesterase inhibitors. **Revista Fitos**, Vol. 7, n 04, 259-267, 2012.

TREVISAN, M.T.S.; MACEDO, F.V.V. Seleção de plantas com atividade anticolinesterase para tratamento da doença de Alzheimer. **Quim. Nova**, Vol. 26, No. 3, 301-304, 2003.

VIDEIRA, R.M.A.S. **Pesquisa de Inibidores Enzimáticos em Óleos Essenciais Estudo da Actividade em BACE-1, uma Protease Aspártica Envolvida na**

**Doença de Alzheimer.** 204 f. Tese (doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Farmácia, Universidade de Coimbra, 2015.

## 6. CONCLUSÕES GERAIS

Passamos por tempos em que a defesa do meio ambiente e o uso sustentável e racional da biodiversidade anda extremamente delicado. Abordagens para tornar esse desenvolvimento sustentável cada vez mais viável tornam-se cada vez mais importantes e o uso de recursos naturais de forma sensata tanto para geração de novos produtos quanto para uma possível geração de renda. A bioprospecção entra com o papel de estudar, pesquisar e analisar recursos que podem ser implantados para esses fins.

É notória a importância dos estudos com óleos essenciais de espécies nativas para a descoberta e desenvolvimento de novos fármacos de origem vegetal. Os efeitos que os óleos essenciais e seus constituintes tem, sendo eles isoladamente ou em sinergismo é de grande valia para a indústria farmacêutica, na busca por substâncias que auxiliem no tratamento de diversas enfermidades.

A técnica de hidrodestilação foi eficiente na extração dos óleos essenciais das duas espécies. A constituição química das duas espécies mostrou constituintes distintos entre elas. Quanto o rendimento do óleo, a espécie *Marlierea eugeniopsoides* obteve seus rendimentos mais significativos que a *Mycia spectabilis*. esta, apresentou um baixo rendimento de óleo, para tanto, realizou-se um estudo complementar objetivando verificar se as técnicas de moagem e secagem das folhas influenciaria no rendimento, obtendo-se como resultados positivos para o rendimento com as folhas secas e em pó.

Na espécie *Myrcia spectabilis* os constituintes majoritários do óleo essencial foram o Germacreno B, o Germacreno D e Biciclogermacreno. No óleo da *Marlierea eugeniopsoides* os compostos que mais se destacaram foram os monoterpenos  $\alpha$ -Pino e  $\beta$ -Pino e na estação do outono o Mirceno. Os ensaios antibacterianos demonstraram que a espécie *Marlierea eugeniopsoides* apresentou valores de halos muito ativos perante às quatro cepas bacterianas testadas. Já a espécie *Mycia spectabilis*, foi ativa somente para as bactérias gram-positivas.

Os ensaios de inibição enzimática demonstraram um grande potencial do óleo essencial das duas espécies na inibição das enzimas  $\alpha$ - Glucosidase e Acetilcolinesterase.

Com este trabalho, valorizamos a flora aromática encontrada no Bioma Mata Atlântica do litoral do Paraná, juntamente com os estudos de bioprospecção, a fim de

demonstrar o potencial contido na biodiversidade litorânea paranaense e seus potenciais como possíveis agentes fitoterápicos.

## REFERÊNCIAS

- BADKE, M.R.; BUDÓ, L.M.D.; ALVIM, N.A.T.A.; ZANETTI, G.D.; HEISLER, E.V. Popular knowledge and practices regarding healthcare using medicinal plants. **Texas Board of Nursing**, v. 21, n. 2, p. 363-370, 2012.
- BANDONI, A. L.; CZEPACK, M. P. **Os recursos vegetais aromáticos no Brasil**. Vitória: Edufes, 624p. 2008.
- BERNARDES, J.A. FERREIRA, F.P.M. **Sociedade e Natureza**. In: CUNHA, S.B. GUERRA, A.J.T. A questão ambiental: diferentes abordagens. 2º edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 248 p.
- BERNARDES, L.S.C.; LANG, K. L.; PETROVICK, P. R.; SCHENKEL, E. P. Produtos naturais e o desenvolvimento de fármacos. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R.(Orgs). **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed. 486p. 2017.
- BUZZATO, A. C. **As comunidades locais e os conflitos de uso dos recursos naturais no litoral sul do Estado Do Paraná**. 2009. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2009.
- CAVALCANTI, C. V.; FURTADO, A.; STAHEL, A.; RIBEIRO, A.; MENDES, A.; SEKIGUCHI, C.; CAVALCANTI, C.; MAIMON, D.; POSEY, D.; PIRES, E... MAGALHÃES, A.R. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. Cortez Editora; Fundação Joaquim Nabuco, 4º edição, 2003.
- DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira**. 1ªed. São Paulo: Ed.Companhia das letras, 484p., 1996.
- FERRO, A.F. P.; BONACELLI, M. B.M.; ASSAD, A.L.D. Oportunidades tecnológicas e estratégias concorrenciais de gestão ambiental: o uso sustentável da biodiversidade brasileira. **Gestão & Produção**. v.13, n.3, p.489-501, 2006.
- FRANZ, C. M. Essential oil research: past, present and future. **Flavour Fragrance Journal**, v. 25, p. 112-113. ISSN 1099-1026, 2010.
- HENRIQUES, A.T.; SIMÕES-PIRES, C.A.; APEL, M.A. Óleos essenciais: importância e perspectivas terapêuticas. In: YUNES, R.A.; CECHIMEL FILHO, V. (orgs.). **Química de produtos naturais, novos fármacos e a moderna farmacognosia**. 2.ed. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2009. p.219-256.
- JOLY, C. A. HADDAD, C.; VERDADE, L.; OLIVEIRA, M.; BOLZANI, V.; BERLINCK, R. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Revista USP**, p. 114, 2011.
- LINO. C. F.; SIMOES. L. L. **Sustentavel Mata Atlantica - A Exploração de seus recursos florestais**, Senac Editoras, ed. 1ª, 2004.

MONTEIRO, F. X. **O acesso e a utilização da biodiversidade brasileira e dos conhecimentos tradicionais Associados como instrumento de viabilização do desenvolvimento sustentável.** 2014. 108f. Dissertação (mestrado)- Pós-Graduação em Direito, Escola superior dom Helder Câmara, Belo Horizonte, 2014.

MOTA, J. A. (2011). Métodos econômicos para a valoração de danos ambientais. **MPMG Jurídico, Belo Horizonte**, MG: Ministério Público do Estado de Minas Gerais, p.18-23, edição especial Meio Ambiente.

MUKHERJEE, P.K.; VENKATESH, M.; GANTAIT, A. **Ayurveda em Medicina Moderna: Desenvolvimento e modificação da bioatividade.** In: Mander LN,; Liu HW. Editores. Química abrangente do produto natural-II. 1st Ed. Países Baixos: Elsevier Publications; 2010.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. v.403, p. 853-858, 2000.

REGINATTO, F.H. Introdução à análise fitoquímica. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento.** Porto Alegre: Artmed. 486p, 2017.

REZENDE, C.L.; SCARANO, F.R.; ASSAD, E.D.; JOLY, C.A.; METZGER, J.P.; STRASSBURG, B.B.N.; TABARELLI, M.; FONSECA, G.A.; MITTERMEIER, R.A. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, V. 16, n.4, 208-214, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>.

SACCARO JUNIOR, N. L. A regulação do acesso a recursos genéticos no Brasil: sugestões para um novo cenário. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, 4: 194-214, 2013.

SANTOS, B. C. B. **Fitoquímica e ensaios biológicos de óleos essenciais de *Pimenta pseudocaryophyllus* e *Hedychium coronarium* da Mata Atlântica do Estado de São Paulo.** Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, 2010.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento.** 5ª edição. Editora da UFSC, 2003.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Portal SOS Mata Atlântica, 2019.** Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br>> Acesso em: 25 abr. de 2019.

SPARTACO A. F.; SILVA, C.; BIGI, M.F. Bioprospecção e biotecnologia. **Parc. Estrat.** Brasília-DF. v. 19, n. 38, p. 45-80, jan-jun 2014.

STEHMANN, J.R.; SOBRAL, M. Biodiversidade no Brasil. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento.** Porto Alegre: Artmed. 486p, 2017.

TREVISAN, M.T.S.; MACEDO, F.V.V.; VAN DE MEENT, M.; RHEE, IN K.; VERPOORTE, R. Seleção de Plantas com Atividade Anticolinesterase para Tratamento da Doença de Alzheimer. **Química Nova**, v. 26, p. 301-304, 2003.

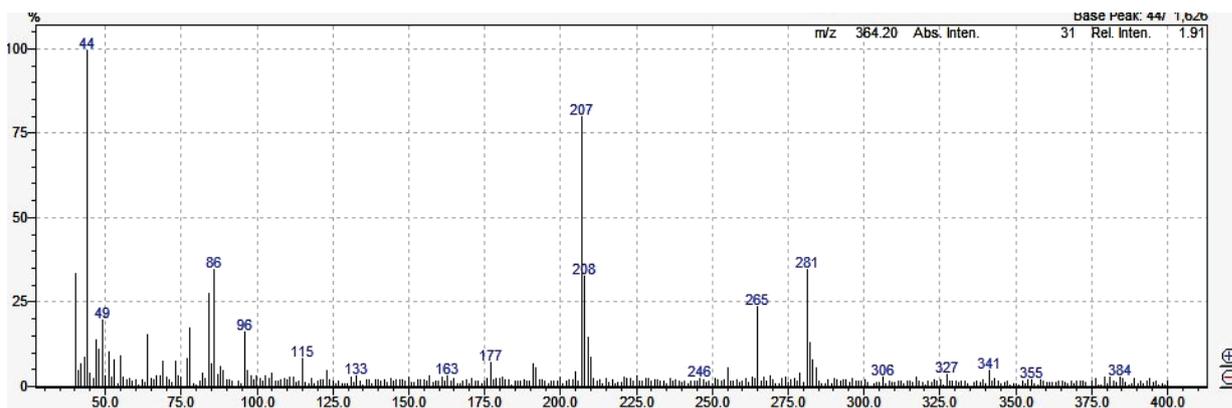
VARJABEDIAN, R. **Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. Estudos avançados**. vol.24, n.68, pp.147-160. ISSN 0103-4014, 2010.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 3º edição, 2008.

VIEIRA, P. F.; WEBER, J. **Gestão de recursos naturais renováveis de desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental**. Editora Cortez, 3º edição, 2002.

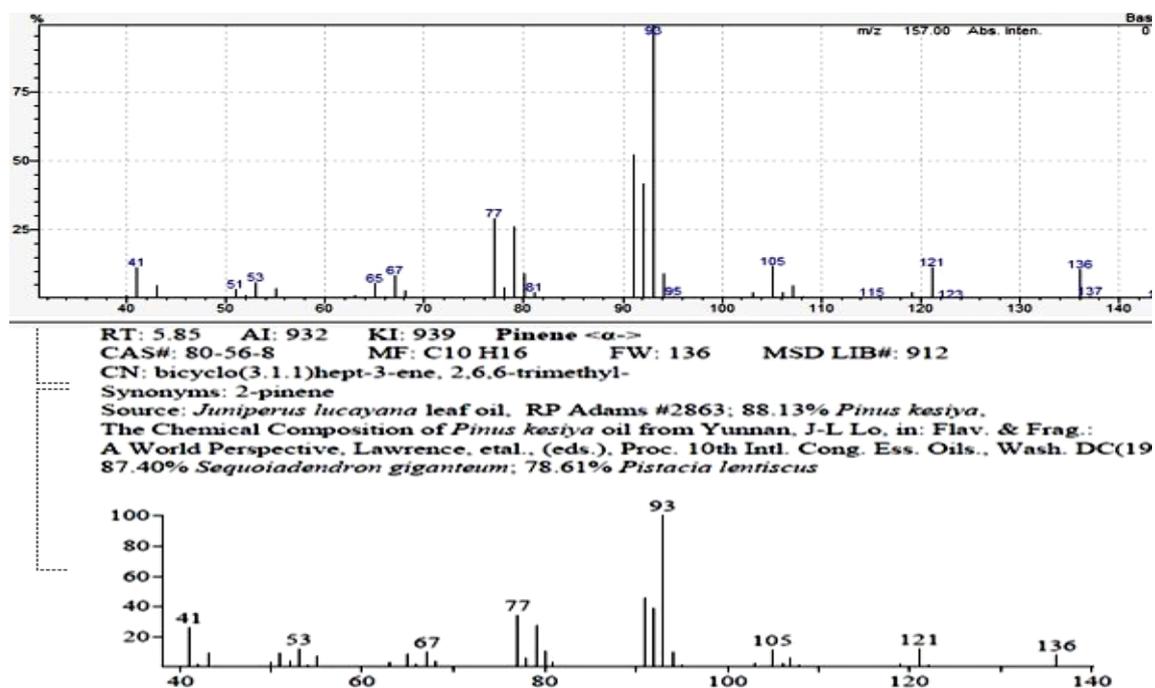
## ANEXO 1- CROMATOGRAMAS DOS COMPOSTOS MAJORITÁRIOS DO ÓLEO ESSENCIAL DAS DUAS ESPÉCIES, JUNTAMENTE COM OS DADOS DA LITERATURA.

### CROMATOGRAMA INICIAL DEMONSTRANDO TODOS OS PICOS DOS COMPOSTOS DO ÓLEO ESSENCIAL



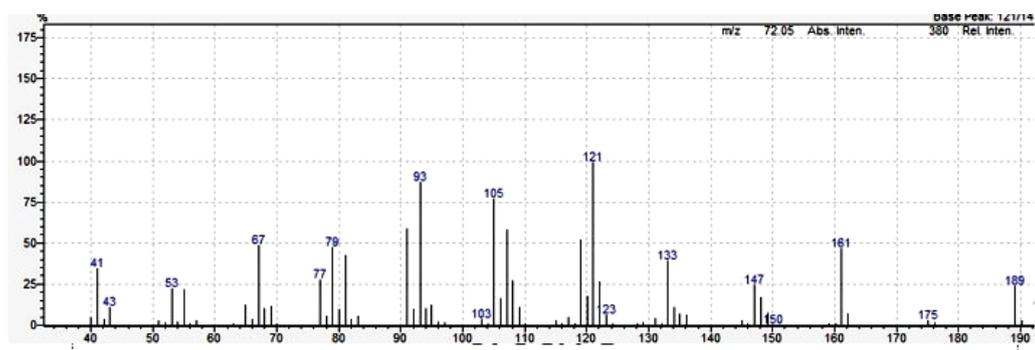
Fonte: a autora (2019).

### CROMATOGRAMA DO COMPOSTO $\alpha$ - PINENO E COMPARAÇÃO COM A LITERATURA

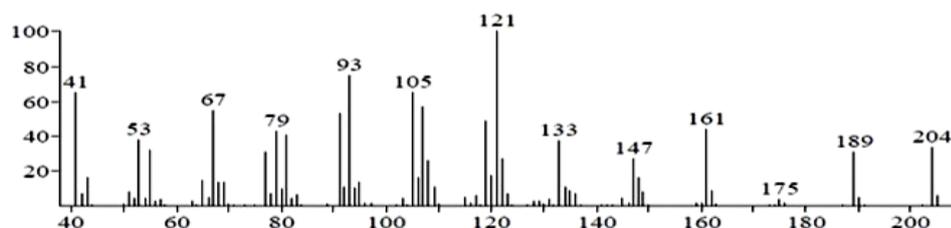


Fonte: a autora (2019).

## CROMATOGRAMA DO COMPOSTO GERMACRENO B E COMPARAÇÃO COM A LITERATURA



RT: 31.24 AI: 1559 KI: 1561 **Germacrene B**  
 CAS#: 15423-57-1 MF: C<sub>15</sub>H<sub>24</sub> FW: 204 MSD LIB#: 743  
 CN: 1,5-cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8-(1-methylethylidene)-, (E,E)-  
 Synonyms: germacra-1(10),4,7(11)-triene  
 Source: *Carum carvi* hydrocarbons ex E. Stahl-Biskup; 30.00% *Carum carvi* (root),  
 FFJ 2:83(1987); 13.24% *Eupatorium maximillanti*; 8.53% *Eugenia uniflora* (leaf)



Fonte: a autora (2019).

**ANEXO 2- COMPOSTOS MAJORITÁRIOS PRESENTES NO ÓLEO ESSENCIAL DAS DUAS ESPÉCIES DE MYRTACEAES E RESPECTIVAS ESTRUTURAS QUÍMICAS.**



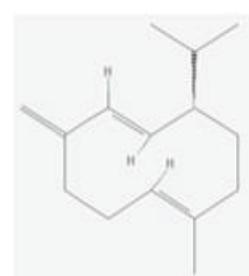
$\alpha$ -PINENO



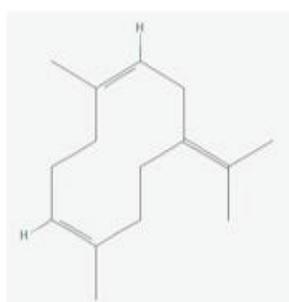
$\beta$ -PINENO



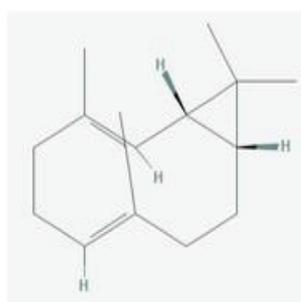
MIRCENO



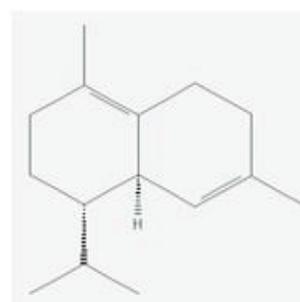
GERMACRENO D



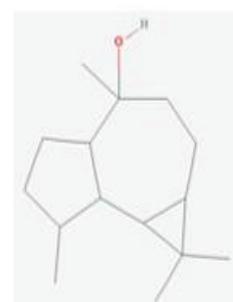
GERMACRENO B



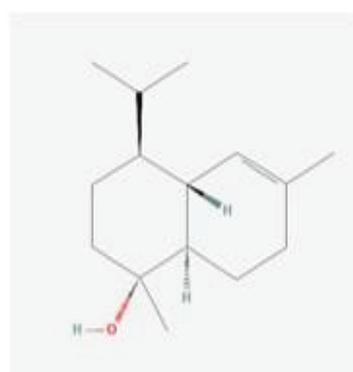
BICICLOGERMACRENO



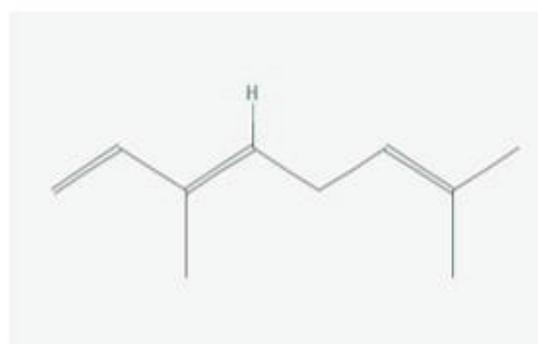
$\delta$ -CADINENO



GLOBULOL

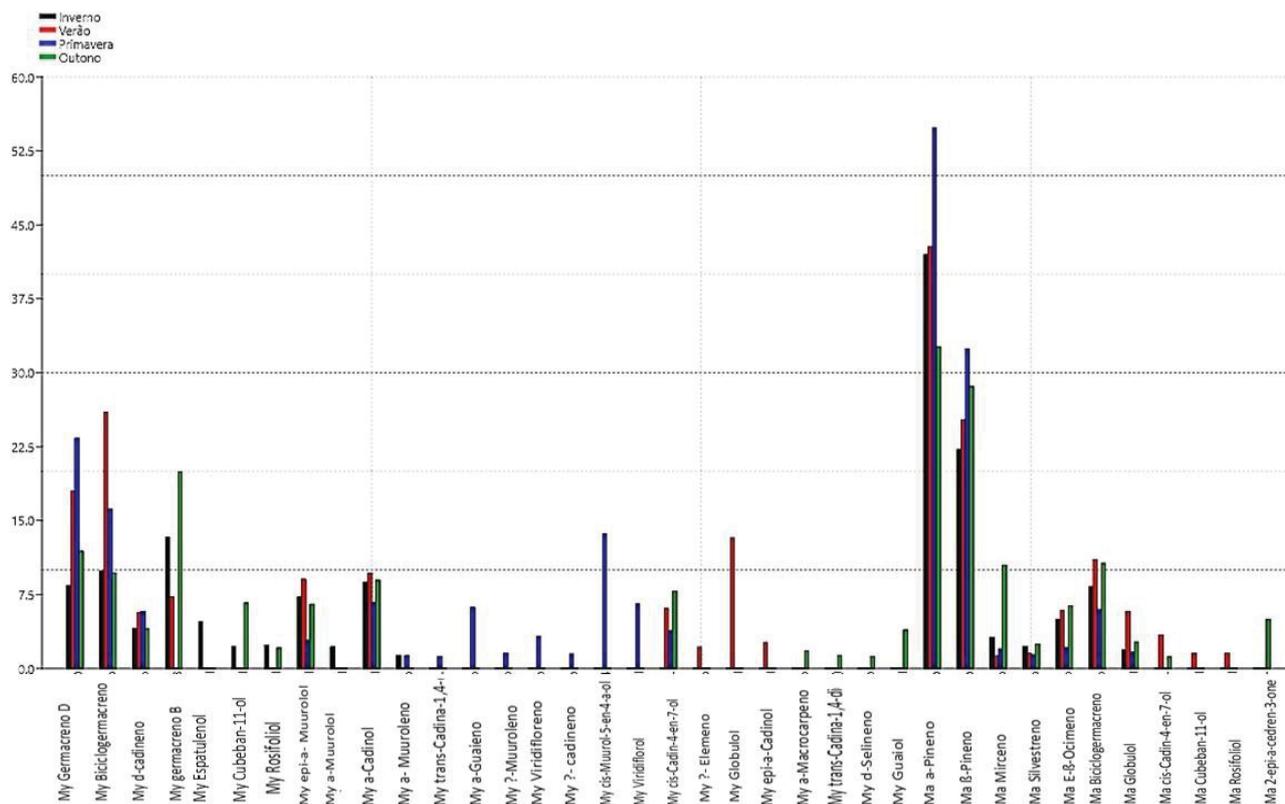


$\alpha$ -CADINOL



(E)- $\beta$ -OCIMENO

**ANEXO 3- GRÁFICO DEMONSTRANDO OS COMPOSTOS QUÍMICOS PRESENTES NAS DUAS ESPÉCIES, SEPARADOS POR ESTAÇÃO DO ANO.**



Fonte: a autora (2019).