**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

ULYSSES HARLEY GUEDES

Identificação e caracterização das propriedades da madeira de espécies
brasileiras visando à produção de lamelas de madeira para churrasco (*grilling
planks*)

**SÃO CARLOS
2019**

ULYSSES HARLEY GUEDES

**Identificação e caracterização das propriedades da madeira de espécies
brasileiras visando à produção de lamelas de madeira para churrasco
(*grilling planks*)**

Versão Corrigida

Dissertação de Mestrado apresentada
ao programa de Pós-Graduação em
Ciência e Engenharia de Materiais da
Universidade de São Paulo, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências.

Área de concentração: Desenvolvimento,
Caracterização e Aplicação de Materiais.

Orientador: Francisco A. Rocco Lahr

**São Carlos
2019**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

GG924i Guedes, Ulysses Harley
Identificação e caracterização das propriedades da madeira de espécies brasileiras visando à produção de lamelas de madeira para churrasco (grilling planks) / Ulysses Harley Guedes; orientador Francisco Antonio Rocco Lahr. São Carlos, 2019.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais e Área de Concentração em Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2019.

1. grilling planks. 2. Amburana cearensis. 3. Cedrela fissilis. 4. Myrocarpus frondosus. 5. Ocotea porosa. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **ULYSSES HARLEY GUEDES.**

Título da dissertação: "Identificação e caracterização das propriedades da madeira de espécies brasileiras visando a produção de lamelas de madeiras para churrasco (grilling planks)".

Data da defesa: 10/05/2019.

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Titular **Francisco Antonio Rocco Lahr**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Dr. **Moacir Rossi Forim**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Prof. Associado **Juliano Fiorelli**
(Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/FZEA-USP)

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais:
Prof. Associado **Rafael Salomão**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

À minha família e amigos dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Francisco A. Rocco Lahr, que, desde o primeiro contato, confiou e acreditou neste trabalho, ainda que outros não houvessem confiado. Foi um grande orientador tanto quanto foi amigo durante todo esse período, mesmo diante das surpresas e dificuldades que a vida apresentou tanto na minha vida quanto na dele. Agradeço pelas longas tardes de conversas, risadas e conselhos.

Ao Programa de Pós Graduação da Universidade de São Paulo, especialmente ao Programa de Pós Graduação em Ciências e Engenharia dos Materiais. À todo pessoal da Coordenação, em especial o Victor.

À CNPq, pelo apoio financeiro, fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e para a minha sobrevivência neste período.

Ao LAMEM e todos os seus servidores, que me ajudaram da melhor forma possível a alcançar este objetivo.

Aos amigos do LAMEM Vitor, Isa, entre outros e, especialmente, ao Tiagão, que me auxiliou e me deu muitas dicas durante todo esse período.

À Dra. Barbara e ao Prof. Dr. Aprígio, que forneceram suporte laboratorial para parte das minhas análises químicas no IQSC.

À Flávia Aquino, mestranda do laboratório PN-UFSCAR, que, com a orientação do professor Dr. Moacir Forim, me deu todo o suporte para a realização das análises de cromatografia gasosa presentes neste trabalho. À Prof^a Dr^a Maria de Fátima F. Silva, que me indicou e apresentou ao professor Moacir.

À Prof^a Dr^a Débora Gonçalves, que me instruiu e esteve sempre preocupada comigo e com os avanços deste trabalho.

À Prof^a Dr^a Débora Balogh, que me instruiu e auxiliou em parte das análises.

Ao pessoal dos transportes da Universidade de São Paulo em São Carlos, que me ajudou na busca de materiais.

À minha família, especialmente a minha mãe, Jocelina Santos. Somente quem a conhece sabe o quanto ela me apoiou e apoia em todas as minhas decisões, principalmente na de fazer mestrado. Eu mesmo, muitas vezes, deixei de acreditar, mas ela estava lá, ao meu lado, pronta para me apoiar. Ao meu pai, Francisco, que, com seu jeito mais simples e carinhoso, sempre esteve ao meu lado, dizendo que, se eu precisasse de algo, ele estaria ali ou que "já deu certo esse mestrado aí". À minha irmã Nayara e meu cunhado Jeferson, que me apoiaram e me ajudaram quando precisei. Ao meu irmão Junior e minha cunhada Eila, que me deram forças também. Aos meus sobrinhos Giovanna, Gustavo, Laura, Yasmin e Yuri, que são e sempre serão motivo de inspiração e força para o tio.

À minha nova família, minha namorada Elene Wicher, que me aguentou no começo do namoro, quando eu viajava toda semana pra São Carlos e Rio Preto, e que, mesmo com pouco tempo pra ficar comigo, esteve ao meu lado em todos os momentos de conquistas e dificuldades. Obrigado por ter me auxiliado na revisão do texto e passado madrugadas infinitas ao meu lado. Aos pais dela Paulo e Izabel, que sempre me trataram como um filho.

À Chico Lopes, que, mais uma vez, fez parte da minha história em São Carlos, fazendo com que eu me sentisse em casa. Obrigado pela amizade, pelas conversas, brigas e festas.

Aos amigos de São Carlos, parceiros para todos os momentos.

Aos amigos de Rio Preto que, mesmo revoltados com a minha ausência, sempre me apoiaram em fazer este trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Muito obrigado a todos.

*"A mudança não virá se esperarmos por outra pessoa ou outros tempos.
Nós somos aqueles por quem estávamos esperando.
Nós somos a mudança que procuramos."
Barack Obama*

RESUMO

GUEDES, U. H. **Identificação e caracterização das propriedades da madeira de espécies brasileiras visando à produção de lamelas de madeira para churrasco (*grilling planks*)**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

No mercado alimentício, a busca de inovações objetiva mais que tornar um alimento mais saboroso. Aspectos como aroma, cor, facilidade de preparo e aceitação do consumidor são decisivos para seu sucesso. Atualmente, na América do Norte e na Europa, um produto denominado *grilling plank* vem se destacando na defumação de peixes e carnes. Embora no Brasil o churrasco seja prato típico, esse produto, obtido por meio da industrialização da madeira, ainda é pouco conhecido no país. Historiadores relatam que sua origem remonta aos nativos da costa americana do Pacífico, que utilizavam a madeira de árvores de *Thuja plicata*, espécie encontrada na região, para preparar peixes, o que lhes conferia sabor suave e maciez. A ideia difundiu-se e, atualmente, outras espécies como *Prunus avium* e *Alnus glutinosa* também são utilizadas. Considerando-se a biodiversidade de espécies de árvores existente no país, pode-se afirmar que o Brasil apresenta significativo potencial para que sejam encontradas espécies com as propriedades e características necessárias para a industrialização de *grilling planks*. O presente trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar a madeira de espécies nativas brasileiras com potencial para a confecção do produto em questão. A identificação de espécies propícias foi realizada por meio da caracterização de suas propriedades físicas e químicas, bem como da consulta à bibliografia especializada. As espécies analisadas neste trabalho foram: *Amburana cearensis*, *Cedrela fissilis*, *Myrocarpus frondosus* e *Ocotea porosa*.

Palavras-chave: *grilling plank*, *Amburana cearensis*, *Cedrela fissilis*, *Myrocarpus frondosus* e *Ocotea porosa*.

ABSTRACT

GUEDES, U. H. **Identification and characterization of wood properties of Brazilian species aiming at the production of grilling planks.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

In the food market, the search for innovations aims more than making food more palatable. Aspects like aroma, color, ease of preparation and consumer acceptance are decisive for its success. Currently, both in North America and Europe, a product called *grilling plank* has been standing out in the smoking of fish and meat. Although in Brazil barbecue is a typical dish, this product, obtained through wood industrialization, is still little known in the country. Historians report that its origin goes back to the Pacific Coast Native Americans, who used *Thuja plicata* wood, common in the region, to prepare fish, providing them with softness and mild taste. The idea has spread and nowadays other species such as *Prunus avium* and *Alnus glutinosa* are used for the same purpose. Due to the biodiversity of tree species in the country, Brazil presents significant potential for finding species with the properties and characteristics necessary for the industrialization of *grilling planks*. The objective of this work was to identify and characterize the wood of Brazilian native species with potential for the production of the product in question. The identification of propitious species was carried out through the characterization of their physical and chemical properties, as well as the study of specialized literature. The Brazilian species analyzed in this research were: *Amburana cearensis*, *Cedrela fissilis*, *Myrocarpus frondosus* and *Ocotea porosa*.

Keywords: *grilling plank*, *Amburana cearensis*, *Cedrela fissilis*, *Myrocarpus frondosus* e *Ocotea porosa*.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - <i>THUJA PLICATA</i>	32
FIGURA 2 - ÁRVORE ADULTA DE AMBURANA	36
FIGURA 3 - ÁRVORE DE CEDRO ROSA	39
FIGURA 4 - ÁRVORE DE CABREÚVA	41
FIGURA 5 - ÁRVORE DE IMBUÍA.....	43
FIGURA 6 - FONTE DE CALOR UTILIZADA	48
FIGURA 7 - MOINHO DE FACAS.....	50
FIGURA 8 - APARATO DE EXTRAÇÃO SOXHLET	51
FIGURA 9 - TUBOS DE BOROSSILICATO E AUTOCLAVE	52
FIGURA 10 - TUBOS DE BOROSSILICATO E AUTOCLAVE	55
FIGURA 11 - CROMATÓGRAFO GASOSO SHIMADZU GC 2010AF.....	56
FIGURA 12- APARATO DE EXTRAÇÃO SOXHLET	57
FIGURA 13- AMOSTRAS PARA TESTE EXPLORATÓRIO	58
FIGURA 14 - PERCENTUAL DE EXTRATIVOS	64
FIGURA 15 - BALANÇO DE MASSAS.....	65
FIGURA 16 - TESTE DE SHAPIRO-WILK DE $\log(P_{AP})$	67
FIGURA 17 - TESTE DE SHAPIRO-WILK MOLHABILIDADE (ÂNGULO DE CONTATO)	68
FIGURA 18- TESTE DE SHAPIRO-WILK DO PERCENTUAL DE EXTRATIVOS	69
FIGURA 19 - TESTE DE SHAPIRO-WILK DO PERCENTUAL DE LIGNINA SOLÚVEL.....	71
FIGURA 20 - TESTE DE SHAPIRO-WILK DO $\log(\% \text{ LIGNINA INSOLÚVEL})$	72
FIGURA 21 - TESTE DE SHAPIRO-WILK DO $\log(\% \text{ CINZAS})$	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESPÉCIES PRÉ-SELECIONADAS	60
TABELA 2 - PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS	61
TABELA 3 - AROMA EM DIFERENTES SITUAÇÕES USUAIS	62
TABELA 4 - RESULTADOS DOS TESTES FÍSICOS E QUÍMICOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES.....	63
TABELA 5 - ANOVA DE $\log(p_{Ap})$	67
TABELA 6 - TESTE DE BARTLETT DE $\log(p_{Ap})$	67
TABELA 7 - ANOVA DA MOLHABILIDADE (ÂNGULO DE CONTATO)	68
TABELA 8 - TESTE DE BARTLETT DA MOLHABILIDADE(ÂNGULO DE CONTATO)	68
TABELA 9 - ANOVA PERCENTUAL DE EXTRATIVOS	69
TABELA 10 - TESTE DE BARTLETT DO PERCENTUAL DE EXTRATIVOS	70
TABELA 11 - ANOVA DO PERCENTUAL DE LIGNINA SOLÚVEL.....	70
TABELA 12 - TESTE DE BARTLETT DO PERCENTUAL DE LIGNINA SOLÚVEL.....	71
TABELA 13 - ANOVA DO $\log(\% \text{ LIGNINA INSOLÚVEL})$	72
TABELA 14 - TESTE DE BARTLETT DO $\log(\% \text{ LIGNINA INSOLÚVEL})$	72
TABELA 15 - ANOVA DO $\log(\% \text{ CINZAS})$	73
TABELA 16 - TESTE DE BARTLETT DO $\log(\% \text{ CINZAS})$	73
TABELA 17 - RELAÇÃO ENTRE AS DENSIDADES APARENTES (p_{Ap})	74
TABELA 18 - RELAÇÃO ENTRE OS ÂNGULOS DE CONTATO MÉDIOS PARA MOLHABILIDADE	75
TABELA 19 - RELAÇÃO ENTRE O PERCENTUAL DE EXTRATIVOS	75
TABELA 20 - RELAÇÃO ENTRE O PERCENTUAL DE LIGNINA SOLÚVEL	76
TABELA 21 - RELAÇÃO ENTRE O PERCENTUAL DE LIGNINA INSOLÚVEL	76
TABELA 22 - RELAÇÃO ENTRE O PERCENTUAL CINZAS	77

LISTA DE SIGLAS

P&D - Pesquisas e desenvolvimento

ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos

Abiam - Associação Brasileira das Indústrias e Comércio de Ingredientes e Aditivos para Alimentos

UICN - União Internacional para a Conservação da Natureza.

IUCN - International Union Conservation of Nature

NREL - National Renewable Energy Laboratory

CNCFLORA - Centro Nacional de Conservação da Flora

LAMEM - Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira

IQSC - Instituto de Química São Carlos

SET - Departamento de Engenharia de Estruturas

GC-MS - Cromatografia gasosa com espectometria de massas

ANOVA - Análise de Variância

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	25
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
2.1 - A MADEIRA E SUAS PROPRIEDADES	28
2.1.1 - <i>Composição química</i>	28
2.1.2 - <i>Propriedades organolépticas</i>	29
2.1.3 - <i>Coníferas</i>	30
2.1.4 - <i>Folhosas</i>	30
2.2 - DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES DO ESTUDO	32
2.2.1 - <i>Thuja plicata</i> (Western Red Cedar)	32
2.2.2 - <i>Amburana cearensis</i> a.C. Smith (Amburana)	36
2.2.3 - <i>Cedrela fissilis</i> Vell. (Cedro Rosa)	39
2.2.4 - <i>Myrcarpus frondosus</i> Allemão (Cabreúva)	41
2.2.5 - <i>Ocotea porosa</i> (Imbuia)	43
2.3 - CONSIDERAÇÕES	45
3. OBJETIVOS	46
3.1 - OBJETIVO GERAL	46
3.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	46
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
4.1 - SELEÇÃO DAS ESPÉCIES DE MADEIRA	47
4.2 - AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS DAS MADEIRAS	47
4.3 - AVALIAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE (P_{AP})	48
4.4 - AVALIAÇÃO DA MEDIDA DO ÂNGULO DE CONTATO E DA ENERGIA DE SUPERFÍCIE POR MEIO DO MÉTODO DA GOTA SÉSSIL	49
4.5 - AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICA DAS ESPÉCIES	49
4.5.1 - <i>Teor de Extrativos</i>	50
4.5.2 - <i>Teor de Lignina</i>	51
4.5.3 - <i>Teor de cinzas</i>	53
4.5.4 - <i>Teor de holocelulose</i>	54
4.6 - AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA POR CROMATOGRAFIA GASOSA	54
4.6.1 - <i>Hidrodestilação</i>	55
4.6.2 - <i>Soxhlet</i>	56
4.6.3 - <i>Head space</i>	57
4.7 - ANÁLISE ESTATÍSTICA	58

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
5.1 - SELEÇÃO DAS ESPÉCIES DE MADEIRA.....	60
5.2 - AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS DAS MADEIRAS	60
5.3 - RESULTADOS ADQUIRIDOS EXPERIMENTALMENTE	63
5.4 - VERIFICAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	66
5.4.1 - <i>Relação entre as densidades aparentes (ρ_{ap})</i>	67
5.4.2 - <i>Relação entre os ângulos médios para molhabilidade</i>	68
5.4.3 - <i>Relação entre o percentual de extrativos</i>	69
5.4.4 - <i>Relação entre o percentual de lignina solúvel</i>	70
5.4.5 - <i>Relação entre o percentual de lignina insolúvel</i>	72
5.4.6 - <i>Relação entre o percentual de cinzas</i>	73
5.5 - COMPARAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES	74
5.6 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA POR CROMATOGRAFIA GASOSA	78
5.6.1 - <i>Amburana cearensis</i>	78
5.6.2 - <i>Cedrela fissillis</i>	79
5.6.3 - <i>Myrocarpus frondosus</i>	81
5.6.4 - <i>Ocotea porosa</i>	82
5.6.5 - <i>Thuja plicata</i>	83
6 - CONCLUSÃO	86
REFERÊNCIAS	89

1. INTRODUÇÃO

A inovação e o sucesso dependem em larga escala do comportamento do consumidor. Trail (1997) argumenta que mudanças no padrão de consumo com frequência determinam a natureza da inovação que ocorre na indústria. A indústria brasileira de alimentos tem conseguido seguir tendências internacionais na área de produção, mas ainda precisa desenvolver trajetórias mais consistentes na área de inovação, investindo em pesquisas e desenvolvimento (P&D) com o objetivo de criar novos produtos, utilizando recursos tecnológicos para competir no mercado nacional e internacional. O desenvolvimento de novos produtos e processos é considerado um instrumento essencial para a competitividade entre empresas, cujos benefícios podem-se traduzir em maiores taxas de retorno financeiro e ampliação da participação no mercado (NANTES, ABREU e LUCENTE, 2006).

De acordo com Airton Vialta (2004-2007), então vice-diretor do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), as grandes inovações em alimentos provêm dos “novos aromas, corantes, amidos modificados, enzimas e moléculas, criados pela indústria de ingredientes e aditivos [...] que caracterizam os alimentos como funcionais” (GOUVEIA, 2006). Segundo estimativa da Associação Brasileira das Indústrias e Comércio de Ingredientes e Aditivos para Alimentos (Abiam), o mercado brasileiro de ingredientes vem crescendo nos últimos anos, tendo ultrapassado a marca de US\$ 1 bilhão em 2008 (COLLINO, 2008). A indústria de aromas é a mais representativa, mas os maiores desenvolvimentos tecnológicos não estão neste segmento. No Brasil, o mercado de ingredientes e aromas é majoritariamente dominado por empresas multinacionais que não fornecem somente para empresas do setor alimentício. Entretanto, empresas brasileiras como Embrapa e VittaFlavor investem em pesquisas com aromas para alimentos, principalmente na área de produtos naturais com componentes voláteis responsáveis pelos sabores das frutas tropicais brasileiras (GOUVEIA, 2006).

Ainda no que se refere a essa indústria, pode-se afirmar que a defumação convencional (ou fumagem) é um dos processos mais utilizados. Trata-se da exposição de alguns tipos de alimentos à fumaça proveniente da queima de partes de plantas, com o objetivo de conservá-los e melhorar seu aroma e sabor

(ROÇA, 2009). Alimentos normalmente preparados por meio desse procedimento incluem carnes vermelhas, peixes e legumes. No Brasil, normalmente, utiliza-se a defumação convencional para conservar e dar aroma e sabor aos alimentos; poucas pessoas, no entanto, conhecem a defumação por meio de *grilling planks*.

A defumação com lamelas de madeira não visa à conservação do alimento, já que este será consumido logo após o preparo. Nesse processo, a madeira está em contato direto com o alimento, adicionando a ele sabores complexos e textura úmida. A *grilling plank* funciona como um defumador na medida em que a superfície porosa da madeira absorve a umidade e, em seguida, ao ser levada a uma churrasqueira ou forno aquecido, libera-a juntamente com uma fumaça aromática. Os alimentos são cozidos lentamente e, como resultado, tornam-se mais saborosos, com aroma agradável e menos suscetíveis à perda de nutrientes (GRILLJUNKIE, SEM DATA).

A utilização de *grilling planks* teve início com os povos indígenas da costa americana do Pacífico, que, ao adotarem a *Thuja plicata*, espécie nativa da região, para construir canoas para pesca, totens e centros comunitários, além de outros artigos, perceberam que seus peixes cozidos sobre a madeira (não diretamente ao fogo) apresentavam aroma agradável, sabor suave, maciez e não ficavam queimados (ZOSCHKE, 2016). Há alguns anos, isso despertou o interesse de grandes chefes de cozinha norte-americanos e canadenses, que passaram a utilizar esse conceito em suas cozinhas, especialmente no preparo de salmão (ZOSCHKE, 2016).

A utilização de *grilling planks* tornou-se um método popular entre os grandes entusiastas do século XXI. Enquanto, anteriormente, pranchas eram utilizadas principalmente para assar o salmão inteiro, o método foi aperfeiçoado e modernizado para incluir uma variedade de alimentos (JOHNSON, 2015). Mais recentemente, a *grilling plank* começou a inspirar muitos fãs de churrasco na Europa, pois este também é adequado para grelhar pratos sensíveis, tais como peixes e legumes (GOURMET FISCHGRILLER, SEM DATA).

O Brasil é o país com maior diversidade de espécies no mundo: são mais de 103.870 espécies animais e 43.020 espécies vegetais conhecidas. Suas diferentes zonas climáticas favorecem a formação dos biomas, a exemplo da Floresta Amazônica, do Pantanal e do Cerrado (BRASIL.MMA, 2011).

As plantas aromáticas estão presentes nos grupos das Gimnospermas e das Angiospermas. Nas Gimnospermas, as que apresentam óleos essenciais são da ordem das Coníferas, famílias das Abietáceas, Betuláceas e Cupressáceas. Nas Angiospermas, é abundante a presença de plantas aromáticas, como ocorre nas famílias das Anacardiáceas, Anonáceas, Apiáceas, Aráceas, Aristoloquiáceas, Asteráceas, Brasicáceas, Cistáceas, Ericáceas, Geraniáceas, Lamiáceas, Lauráceas, Liliáceas, Miristicáceas, Mirtáceas, Moráceas, Nonimáceas, Piperáceas, Poáceas, Rosáceas, Rutáceas, Salicáceas, Santaláceas, Valerianáceas, Verbenáceas e Zingiberáceas (MÁRQUEZ, 2004). A ocorrência de grande diversidade dessas espécies vegetais no país promove abundância química de óleos essenciais, o que é indicado em inúmeras publicações, facilitando-se, assim, a pré-seleção de madeiras com potencial para a produção de *grilling planks*.

A necessidade de introdução de inovações na indústria alimentícia, o grande potencial das madeiras das espécies florestais (haja vista a riqueza da flora brasileira, repleta de árvores de espécies caracterizadas como aromáticas), aliados à forte cultura do preparo do churrasco no Brasil, favorecem a produção de lamelas de madeira para churrasco (*grilling planks*), produto inovador e de potencial para o mercado brasileiro e internacional.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A madeira e suas propriedades

A madeira é um material heterogêneo e sua variabilidade estrutural e química reflete-se em uma ampla gama de propriedades físicas, tais como densidade, permeabilidade, capilaridade, condutividade térmica e difusão da água de impregnação (SIAU, 1984). Seus componentes químicos e físicos definem sua estrutura. É composta por células produzidas para suportar sua copa, conduzir água e nutrientes dissolvidos do solo à copa e armazenar materiais de reserva (carboidratos).

Composta por diferentes células com diferentes funções, a madeira, do ponto de vista anatômico, é um tecido perene que resulta do crescimento secundário do tronco, ramos e raízes de árvores e arbustos. Sua observação a olho nu permite distinguir não somente diferenças entre coníferas e folhosas e entre as várias espécies dentro destes dois grupos, mas também as diferenças dentro de uma amostra, tais como anéis anuais de crescimento, lenho inicial e tardio, arranjo dos poros em folhosas, cerne e alburno (KLOCK et al., 2005).

A madeira é considerada abundante e de preço bastante competitivo quando comparada a outras matérias-primas. Entretanto, a exploração de florestas nativas de forma extrativista leva à escassez de algumas espécies, o que, por consequência, eleva seu valor comercial. Essa realidade mundial levou países e empresas a investirem principalmente em florestas plantadas, que, por meio de um manejo adequado, possibilitam a produção de um material de propriedades físicas e mecânicas propícias para sua utilização. Atualmente, a madeira tem diversos usos industriais, dentre os quais se destacam: estruturas em construção civil, produção de polpa celulósica e papel, painéis e energia (PANSIN & DE ZEEUW, 1970).

2.1.1. Composição química

Na composição química, encontram-se os extrativos, que são considerados componentes acidentais da madeira, ou seja, não integram a parte estrutural da parede celular ou lamela média. A maioria dos componentes acidentais é facilmente solúvel em solventes orgânicos neutros, água ou volatizados a vapor.

Extrativos são frequentemente responsáveis por determinadas características da madeira como: cor, cheiro, resistência natural ao apodrecimento, gosto e propriedades abrasivas. Ocorrem na casca, folhas e acículas, flores, frutos e sementes. Podem ser classificados pela forma de extração como: materiais voláteis com vapor d'água, solúveis em éter-etílico, solúveis em álcool-etílico ou solúveis em água. Na composição dos extrativos, encontramos terpenos e terpenóides, compostos alifáticos (principalmente graxas e ceras) e compostos fenólicos (KLOCK et al., 2005).

2.1.2. Propriedades organolépticas

As propriedades organolépticas da madeira são as que impressionam os órgãos sensitivos, tais como cheiro, cor, gosto, grã, textura e desenho (ZENID, 1997).

Por provir, normalmente, de substâncias voláteis concentradas no cerne, o cheiro é uma característica difícil de ser definida, diminuindo com o tempo de exposição e podendo ser realçado por cortes ou umedecimento. O odor natural pode ser agradável, desagradável ou inodoro, sendo esse fator limitante para sua utilização. Alguns exemplos de produtos relacionados ao odor são: embalagens de charutos, perfumaria, incenso, baús, tonéis etc (KLOCK et al., 2005).

O gosto ou sabor está intimamente relacionado com o odor, já que são originados pelas mesmas substâncias. Está em desuso utilizar essa propriedade para identificar a madeira, pois há a possibilidade de reações alérgicas e intoxicação, além de pouca certeza na determinação da espécie. Seu principal uso está na exclusão de espécies para determinadas utilidades, tais como para a confecção de palitos de dente, de picolés e pirulitos (KLOCK et al., 2005).

O desenho é utilizado para descrever a aparência natural das faces. Tem sua origem em certas anormalidades da madeira, como a grã irregular, fustes bifurcados, nós, entre outros (KLOCK et al., 2005).

2.1.3. Coníferas

As coníferas são a classe mais importante entre as gimnospermas, também designadas como *softwoods*. Suas folhas são perenes e têm formato de escamas ou agulhas. São árvores típicas de climas temperados e frios, embora existam algumas espécies tropicais, de acordo com registros de Burger & Richter (1991).

As coníferas constituem, particularmente no Hemisfério Norte, grandes áreas florestais, fornecendo madeira para múltiplos usos, seja na construção civil, seja na indústria dos mais diferentes segmentos. Mais de quinhentas espécies dessa ordem foram classificadas (ROWE, 1989). A madeira de conífera apresenta uma estrutura relativamente simples, sendo constituída de 90 a 95% de traqueóides ou traqueóides axiais, que são células compridas e delgadas, com extremidades fechadas ou mais ou menos afiladas, de acordo com a espécie. Outra estrutura presente nas madeiras de coníferas são os raios, que podem constituir até 10% da madeira das coníferas e que têm a função de levar seiva elaborada do lenho à medula (CALIL, 2003).

2.1.4. Folhosas

Folhosas ou *hardwoods* são a classe mais importante da ordem das angiospermas, cujo nome vem do grego *angeos* (bolsa/urna) e *sperma* (semente). São plantas espermatófitas cujas sementes são protegidas por uma estrutura denominada fruto. Angiospermas são o maior e mais moderno grupo de plantas, englobando cerca de 230 mil espécies, que variam em tamanho. Inclui desde espécies grandes como *Eucalyptus* até monocotiledôneas flutuantes simples que medem até um milímetro de comprimento. Estão presentes em ambientes diversos, tais como florestas tropicais e regiões extremamente áridas, como é caso dos cactos (BARSA, 1999).

As angiospermas subdividem-se em dois grupos: dicotiledôneas e monocotiledôneas. As primeiras caracterizam-se por apresentarem um embrião com dois cotilédones ou folículos. Nas dicotiledôneas desenvolvidas, o caule cresce em diâmetro, existe uma raiz principal, da qual partem ramificações secundárias, e a nervação das folhas apresenta-se também ramificada, a partir de uma via central.

Por sua vez, as monocotiledôneas, como seu nome indica, têm um único cotilédone no embrião. Nos espécimes desenvolvidos, não existe crescimento em diâmetro, as raízes se apresentam em feixes da mesma extensão e grossura e as folhas estão sulcadas por nervuras paralelas (SANTOS, 2004).

A madeira de folhosas apresenta o tecido básico de sustentação mecânica, sendo constituído por fibras libriformes e fibro-traqueoides. Dentro deste tecido de sustentação, estão distribuídos vasos (poros) de condução, apresentando, com frequência, grandes lumes. Esses vasos variam de tamanho e consistem de elementos simples, com extremidades abertas ou perfuradas. Existem espécies que apresentam porosidade em anel semicircular, com uma transição contínua dos diâmetros dos vasos de grandes a pequenos dentro do anel de crescimento (como é o caso das castanheiras) ou ainda com uma acumulação de vãos no lenho inicial (caso das cerejeiras). As resinas de madeiras de folhosas estão localizadas nas células de parênquima do raio que estão conectadas com os vasos. São constituídas geralmente por gorduras, ceras e esteróides. O cerne das folhosas é rico em polifenóis e em extrativos gordurosos que formam as tiloses (KLOCK et al, 2005).

2.2. Descrição das espécies do estudo

2.2.1. *Thuja plicata* (Western Red Cedar)

Figura 1 - *Thuja plicata*

Fonte: GONZALES 2004

Mais conhecido com *Western Red Cedar* (cedro vermelho ocidental) é um ícone de British Columbia, de onde é natural. Tem essencial importância para os povos indígenas da costa oeste norte-americana, bem como para o ecossistema da floresta temperada costeira (TURNER, 1998).

O etnobotânico Wade Davis (2013) concluiu que “[os nativos da região] forjaram a mais complexa civilização que existiu sem o benefício da agricultura”. Se o salmão foi combustível para os povos indígenas da British Columbia costeira, então os cedros foram sua fundação.

A madeira era usada para fazer canoas, remos, pranchas, postos de malocas tradicionais, caixas, arcos, mascaras, tigelas e pratos. A entrecasca fibrosa

era matéria-prima para a produção de vestuário, chapéus, chocalhos, redes, cobertores, toalhas e cordas. Até mesmo as raízes eram aproveitadas, sendo utilizadas para fazer cestos e berços (GARRICK, 2008).

Seu valor atualmente está diretamente ligado à madeira serrada e às *commodities*. Por causa do extrativismo descontrolado do cedro vermelho, existe a preocupação de que, no futuro, não haja mais como explorar essa madeira em áreas não protegidas. Isso resultaria em uma grande perda cultural, econômica e ecológica às florestas que necessitam da espécie para manter seu ecossistema.

A existência de empresas exploradoras de madeira na costa oeste da América do Norte é uma ameaça ao Cedro, já que elas buscam aumentar suas receitas, retirando todo o cedro possível. Esta prática é comumente chamada de *high grading*. As empresas veem os cedros como alvos, causando a exclusão das demais espécies da área. Não é por acaso que, no final de 1990, as clareiras em British Columbia eram bem definidas, ocorrendo majoritariamente em locais com alta porcentagem de cedro vermelho. Entretanto, vale mencionar que o preço do cedro oscilou muito durante o século XX. Em algumas ocasiões, foi considerado nada mais do que uma erva daninha ou árvore incômodo (PIROS, 2003).

No início do século, as árvores de cedros eram ignoradas por *fallers* porque se exigia muita energia física para cortá-las. Nos anos de 1960, os preços oscilaram descontroladamente e muitos madeireiros abandonaram seus cedros. Os preços estabilizaram-se no final dos anos 60, depois que Oregon e Washington liquidaram sua oferta interna de velhos cedros vermelhos (PIROS, 2003). Na década de 1990, a demanda ao longo da costa da América do Norte aumentou significativamente e a oferta diminuiu, o que fez com que o cedro vermelho se tornasse uma das árvores mais valiosas da floresta de British Columbia.

A madeira do cedro é leve, macia, fácil de ser trabalhada, relativamente fraca, mas dimensionalmente estável e de grã reta. Tem um alto valor isolante e um odor muito característico. No entanto, grande parte da alta do valor de mercado está relacionada à resistência ao apodrecimento (DeBELL et al., 1999). O cedro vermelho é uma madeira apreciada para quase todos os fins em que a boa aparência ou a resistência ao tempo sejam importantes. Compostos encontrados no cerne, conhecido como extrativos, agem como um conservante natural e repelente de

fungos. Os principais extrativos responsáveis pela resistência ao apodrecimento incluem tropolona e compostos fenólicos solúveis em água.

O cedro vermelho produz o *thujaplicin* (um fungicida natural que impede o apodrecimento e permite que partes da árvore chamadas *snags* durem séculos na floresta mesmo após a morte da árvore). Os núcleos ocos de cedros velhos servem como toca para ursos negros na hibernação. A datação por carbono retirada de alguns fósseis mostra a chegada do cedro vermelho ao sul de British Columbia há cerca de 6600 anos atrás. Já os primeiros registros de uso por nações indígenas da região datam de três mil anos atrás (STEWART, 1994).

A concentração de tropolonas, como β -*thujaplicin*, γ -*thujaplicin*, e β -*thujaplicinol*, aumenta a partir da medula do cedro, o que torna as regiões exteriores ao cerne mais resistentes à decomposição. O diferencial de concentração possivelmente ocorre devido à degradação ao longo do tempo/medula no lenho tardio. Significativa variação em vários produtos extraíveis (incluindo β -*thujaplicin*) foi detectada entre as populações de cedro na região costeira e aquelas localizadas mais ao interior (RUSSELL 2003). Certos fungos encontrados no cerne do cedro vermelho ocidental demonstraram a capacidade para degradar *thujaplicins* em compostos menos tóxicos (JIN et al. 1987), promovendo, desse modo, seu próprio aumento das taxas de colonização de fungos no cerne. Essa resistência natural à podridão faz com que o cedro vermelho seja desejável como madeira serrada em projetos que serão afetados pelo tempo (painéis exteriores).

Marshall & DeBell (2001), em uma análise preliminar, sugerem que a madeira serrada produzida a partir do lenho juvenil terá menor densidade do que os produtos do lenho tardio. No entanto, o teor de tropolona e outros extrativos parece ser mais alto nas árvores mais vigorosas com crescimento rápido. Tratamentos intensivos na silvicultura, tais como afinamento e fertilização, não afetaram significativamente as concentrações médias de extrativos.

Fisicamente, os limites dos anéis de crescimento são bem distintos. A transição do lenho inicial para o lenho tardio ocorre dentro de um anel de crescimento visível. O limite da zona de crescimento é percebido pelas linhas mais escuras no lenho tardio e pela cor mais clara no lenho inicial, que se distingue do cerne e do alburno estreito. O alburno é branco, apresentando, algumas vezes, listras cinza-marrons irregulares. O cerne varia, geralmente, do marrom amarelado

ao marrom avermelhado escuro. Os raios são pequenos, apresentando, em sua maioria, menos de um milímetro. Possui odor específico (aromático) (WOODDATABASE).

Devido à resistência à podridão, o cedro vermelho tem sido usado na confecção de produtos importantes desde os tempos pré-históricos. É muito utilizado em construções de barcos, casas de madeira, tapumes, telhas, esquadrias, armários, portas, janelas, acabamentos de interiores, postes, estacas, mourões, baús, caixões, engradados, caixas e colmeias. O cedro vermelho não é considerado uma espécie muito boa para a produção de celulose, mas é adequado para a fabricação de produtos de papel que exijam alta densidade, resistência ao ar, opacidade e suavidade (HATTON, 1988).

Telhas e tapumes são os principais produtos da madeira de cedro vermelho. Qualidades como boa aparência, durabilidade, leveza e isolamento são responsáveis por sua popularidade como material de cobertura. O óleo das folhas, os extrativos e os resíduos são utilizados também para vários fins não madeireiros (MINORE, 1983).

2.2.2. *Amburana cearensis* a.C. Smith (Amburana)

Figura 2 - Árvore adulta de amburana

Fonte: EMBRAPA Semiárido (foto de Edilberto Rocha Silveira)

A *Amburana cearensis* pertence à divisão *Magnoliophyta* (*Angiospermae*), à ordem *Fabales*, à família *Fabaceae* e, juntamente com a *Amburana acreana*, compõe o gênero *Amburana*. Para diferenciá-las, basta compreender que a. *acreana* apresenta uma forma de árvore de alto fuste, ocorrendo em matas altas e fechadas, enquanto a. *cearensis* ocorre na forma de arbustos de fuste curto, predominando em formações vegetais tropicais a subtropicais secas (CANUTO, 2007).

A *Amburana cearensis* é comum na vegetação de caatinga do nordeste do Brasil, bem como nos estados de Espírito Santo e Minas Gerais, na Floresta Pluvial do Vale do Rio Doce e nos afloramentos calcários e matas decíduas dos

estados de Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul e São Paulo (CORREA, 1978; LORENZI, 1992). Também pode ser encontrada em praticamente toda a América do Sul, desde o Norte da Argentina e sul da Bolívia até o nordeste do Paraguai e do Peru (LEITE, 2005), juntamente com a outra representante do gênero, *A. acreana*, que é natural do sudoeste da Floresta Amazônica. Na idade adulta, a árvore pode atingir até 15 m de altura e 50 cm de diâmetro, caracterizando-se por possuir flores brancas, vagem achatada e escura, além de casca aromática com odor peculiar de cumarina (CARVALHO, 1994).

Popularmente, é conhecida por diversos nomes, como imburana-de-cheiro, cerejeira do nordeste, cumaru-do-ceará, cumaru-das-caatingas, louro-ingá, umbarana, angelim, cerejeira-rajada, cumaré, roble criollo, tumi e palo trébol (CANUTO, 2007). Segundo Maia (2004), a rica presença de cumarina provoca, muitas vezes, a confusão com uma leguminosa chamada de *Dipteryx odorata*. O termo "imburana" também causa equívocos na identificação, por referir-se também à imburana-de-espinho, que é como é popularmente conhecida a *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae).

Por ter formação arbórea, apresentando ramos e troncos lisos, é utilizada como árvore ornamental no paisagismo e na arborização urbana (LORENZI; MATOS, 2002; CORREA, 1984). Também é utilizada em repelentes de insetos e aromatizantes para perfumar roupas e estantes, além de ser componente em cosméticos e perfumes.

De acordo com Roque (2009), *a. cearensis* é classificada como árvore medicinal devido a sua utilização popular no tratamento de várias doenças. Suas cascas e sementes são utilizadas no combate à gripe, sinusite, dor de cabeça, dores musculares e tosse. As sementes e as cascas torradas, trituradas e reduzidas a pó são utilizadas como "rapé" e empregadas no tratamento de sinusites. Por apresentar atividade antiinflamatória e espasmolítica, é usada, na forma de chá, no tratamento de tosse, bronquite e asma (AGRA, et al., 2007). Suas cascas são cozidas no preparo de "lambedores", remédio caseiro para o tratamento de doenças respiratórias. Elas também podem ser utilizadas na fabricação de balas, que, além do seu potencial medicinal, têm um sabor muito agradável (ROQUE, 2009). Segundo Matos (2004), banhos com a água do cozimento das cascas podem ser usados no tratamento de dores reumáticas.

De acordo com Leal e colaboradores (2003), foram comprovadas as atividades broncodilatadora, analgésica e antiinflamatória do extrato hidroalcoólico das cascas de *A. cearensis*, o qual demonstrou ser isento de toxicidade em doses terapêuticas. O xarope da casca disponível industrialmente é o xarope de cumaru(MAIA, 2004; AQUINO et al., 2005).

O estudo químico da *A. cearensis* revela a presença majoritária de cumarina (responsável por seu odor particular) e compostos fenólicos, principalmente flavonoides como isocampferídio (majoritário entre os flavonoides) e campferol (relacionados à ação antiinflamatória) (LEAL et al., 2006).*A. cearensis*, apresenta atividade hepatoprotetora (LEAL, 2006) eneuroprotetora (LEAL et al., 2005) devido à presença do amburosídio A, que possui ação antioxidante. Além disso, apresenta isocampferídio-2, que tem ação broncodilatadora, evidenciada por seu efeito relaxante muscular em traqueias de cobaias (LEAL et al., 2006).

A madeira da *A. cearensis* é reconhecida também por suas propriedades físicas e mecânicas. Por ser resistente e por apresentar cheiro agradável, é utilizada em aplicações em carpintaria. Muitas vezes comercializada com o nome de cerejeira-do-nordeste, sua madeira é usada na fabricação de móveis, portas e caixotaria. O pó, cheio de compostos fenólicos, quando aplicado a tonéis de aguardente de cana-de-açúcar, acelera o processo de maturação da bebida (MAIA, 2004).

A. cearensis é identificada pela União Internacional para a Conservação da Natureza - UICN (ou sua sigla em inglês, IUCN) como espécie sob risco de extinção (LEITE, 2005). O uso sustentável da espécie depende do investimento em conhecimento, técnicas de manejo e mecanismos básicos de germinação das suas sementes. Medidas para se evitar a extinção incluem também o incentivo à extração sustentável da planta em seu habitat natural e, a longo prazo, o estímulo para que pequenos agricultores da região possam aumentar a produção agrônômica, provendo assim benefícios socioeconômicos e ecológicos.

2.2.3. *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro Rosa)

Figura 3 - Árvore de Cedro Rosa

Fonte: mauroguanandiwikimedia.org

A espécie *Cedrela fissilis* Vell. pertence à família *Meliaceae*, que, encontrada na América, África e Ásia, apresenta 50 gêneros e 200 espécies (WATSON; FALLWIS, 1995, apud PATIÑO, 1997). Oito gêneros (*Cabralea*, *Carapa*, *Guarea*, *Ruegea*, *Schmardea*, *Trichilia*, *Cedrela* e *Swietenia*) destacam-se dos demais, sendo que, florestal e economicamente, os dois últimos são os que demonstram maior importância.

O gênero *Cedrela* ocorre no Brasil na forma de três espécies: *C. lilloi*, na região Sul, *C. fissilis* e *C. odorata*, na região amazônica (CARVALHO, 2003). As espécies *C. fissilis* e *C. odorata* são muito semelhantes e distinguem-se somente pelo formato do cálice e pela forma, número e nervação dos folíolos (AMARAL, 1981, apud CARVALHO, 2003).

Popularmente, os nomes dados à *C. fissilis* variam de região para região do Brasil: no Paraná, acaicá, acaiacatinga, acanjatinga, acaju, cedrinho; na Bahia, cedro-amarelo, cedro-batata, cedro-verdadeiro, cedro-vermelho, cedro-da-bahia, cedro-do-campo, cedro-da-várzea e, em São Paulo e no Rio de Janeiro, cedro-batata, cedro-rosa, cedro-roxo, cedro-cetim, cedro-diamantina e yagari (madeira que flutua) (CNCFLORA, 2012).

A *C. fissilis* é particularmente frequente nas regiões Sul e Sudeste do país (CNCFLORA, 2012). Concentra-se expressivamente nas formações florestais do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (KLEIN, 1984). Na Floresta Ombrófila Mista, é comum nas formações aluvial, submontanha, montanha e alto montanha, ocupando o estrato superior da floresta (CARVALHO, 2003).

Autores divergem quanto a algumas características da *C. fissilis*. Segundo Carvalho (2003), sua altura varia de 10 a 25 metros de altura e 40 a 80 centímetros de diâmetro, já Klein (1978) diz que a árvore de cedro-rosa pode ter de 25 a 30 metros de altura e de 60 a 150 centímetros de diâmetro. Seu tronco pode ser longo, reto ou com pouca tortuosidade e cilíndrico. Seu alburno varia de branco a rosa e seu cerne, de bege a castanho rosado (REITZ; KLEIN; REIS, 1978). Apresenta odor característico agradável, podendo ser ligeiramente amargo. Qualquer parte da planta, quando amassada, apresenta odor de alho (CARVALHO, 2003).

Quanto às propriedades físicas, pode-se afirmar que a madeira do cedro-rosa apresenta massa específica aparente entre 0,47 e 0,61 g/cm³, o que a torna uma madeira leve a moderadamente densa (JAKOWSKU *et al.*, 1990). Sua textura é grosseira e a grã direta e ondulada. Tem resistência natural moderada a ataque de agentes xilófagos e baixa permeabilidade a tratamento de preservantes. Sua secagem é fácil, com baixa ocorrência de defeitos (CARVALHO, 2003).

Sua trabalhabilidade, unida a uma boa estabilidade dimensional, permite a utilização do cedro-rosa em usos nobres como: nas construções civil, naval e aeronáutica, carpintaria, marcenaria, esquadrias, compensados, contra placas, instrumentos musicais, esculturas e decoração de interiores (cor rosa), móveis em geral, entre outros (RIZZINI, 1978; CNFLORA, 2012).

Seu maior valor agregado no mercado, entretanto, não está ligado aos

fins estruturais, mas à utilização de seu óleo essencial, presente tanto na casca quanto no lenho, em inseticidas e repelentes (CARVALHO, 2003).

Segundo a CNCFlora (2012), subpopulações de *C. fissilis*, devido à degradação dos habitats e à exploração demasiada, tiveram suas populações declinadas em 30% nas últimas gerações. Este declínio levou a *C. fissilis* à classificação de espécie ameaçada de extinção pela IUCN (IUCN, 2013).

2.2.4. *Myrocarpus frondosus* Allemão (Cabreúva)

Figura 4 - Árvore de Cabreúva

Fonte: Árvores do bioma Cerrado

Myrocarpus frondosus Allemão é uma árvore leguminosa pertencente à família *Fabaceae*. Em seu gênero, *Myrocarpus*, encontram-se mais três espécies: *Myrocarpus fastigiatus* Allemão, *Myrocarpus leprosus* Pickel e *Myrocarpus venezuelensis* Rudd.

O gênero *Myrocarpus* é exclusivamente sul-americano (RUDD, 1972; LEWIS, 1987). A espécie *Myrocarpus fastigiatus* Allemão está distribuída na região

Nordeste (BA e PE) e Sudeste (ES e RJ). Já a espécie *Myrocarpus leprosus* Pickel tem sua ocorrência no Sudeste (SP) e na Mata Atlântica. *Myrocarpus venezuelensis* Rudd ocorre na região Norte (PA), Centro-Oeste (MT) e na Amazônia. A ocorrência da *Myrocarpus frondosus* Allemão se difere das demais espécies do gênero, pois é encontrada em todo território nacional, inclusive na região Sul (LORENZI, 2008, MARCHIORI, 1997).

Segundo Sartori & Tozzi (2004), o nome *Myrocarpus* foi dado por Allemão devido à presença de flor regular e de bálsamo no fruto (o prefixo grego *Myron* quer dizer “óleo perfumado”). A árvore é popularmente conhecida como cabreúva, bálsamo, bálsamo caboriba, bálsamo caboreíba, cabriúna, caboreiba e caboré (PLANTAMED, 2004).

Myrocarpus frondosus Allemão é considerada uma árvore de grande porte: segundo Sartori & Tozzi (2004), seus exemplares ultrapassam 20 metros de altura. Seu tronco cilíndrico apresenta de 60 a 90 centímetros de diâmetro (LORENZI, 2008). Como sua densidade varia de 0,87 a 0,89 g/cm³, é considerada uma madeira pesada. A madeira é muito resistente, tem alta durabilidade e baixa permeabilidade (MAINIERI; CHIMELO, 1989). Sua secagem é difícil, por isso deve ser controlada e lenta (JANKOWSKY et al, 1990).

Seu cerne apresenta cor uniforme, variando do pardo-claro-rosado ao pardo-escuro-rosado ou acastanhado. Seu alburno é diferenciado, de cor branco-amarelada, com textura média e uniforme e grã irregular ou ondulada. Tem odor e cor característicos, proporcionando diversos usos, tais como na construção civil e na confecção de pisos de *parquet*, mourões, rodas, móveis, balcões, carrocerias, peças torneadas, lambris e painéis decorativos (LORENZI, 2008, MARCHIORI, 1997).

Outro uso característico e particular é na tanoaria (produção de barris de bebidas destiladas e vinhos), com o objetivo de agregar seu aroma ao produto final (AMPESE, 2011). Na medicina popular, o bálsamo da cabreúva é usado no tratamento de feridas, abscessos, úlceras, frieiras e sarnas. Também tem sido indicado para o tratamento de bronquite, laringite, catarro, tuberculose e disenteria. O bálsamo ainda é encontrado em tônicos capilares, desodorantes, sabonetes, cremes e loções (LORENZI & MATOS, 2002).

A qualidade da madeira e a variedade de usos possíveis contribuíram

para a exploração de *Myrcarpus frondosus* Allemão, o que levou a sua escassez. A falta de pesquisas e de silvicultura definida para a utilização sustentável desta espécie, assim como acontece com outras espécies nativas, agrava o declínio de população da espécie (CARVALHO, 1994).

2.2.5. *Ocotea porosa* (Imbuia)

Figura 5 - Árvore de Imbuia

Fonte: EMBRAPA

A *Ocotea porosa* é uma espécie de fundamental importância comercial, cultural e econômica e, juntamente com outras espécies da família *Lauraceae*, é considerada uma produtora de madeira de lei. A família das *Lauraceae* é composta por 50 gêneros e cerca de 2500 espécies, estando presentes no Brasil 25 gêneros e cerca de 400 espécies. Na Mata Atlântica, os gêneros *Ocotea* e *Nectrandra* são os que apresentam maior número de

representantes (SOUZA, 2005).

Popularmente chamada de imbuia, as árvores de *Ocotea porosa* também são conhecidas como: Canela-imbuia, imbuia-clara, umbuia, imbuia-rajada, imbuia-lisa, imbuia-parda e imbuia-preta (LORENZI, 2002). Sua área de ocorrência é ampla, atingindo os estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (MAINIERE & CHIMELO, 1989). No estado de Santa Catarina, está atrás, em importância, somente da *Araucária angustifolia* (Pinheiro do Paraná) (REITZ et al., 1978).

A espécie pode atingir de 10 a 20 metros de altura e de 50 a 150 centímetros de diâmetro (CARVALHO, 2003). A madeira é moderadamente pesada e dura. Sua coloração varia muito, seu odor é característico e sua textura é média. Apresenta boa durabilidade natural, média resistência mecânica, baixa retratibilidade e boa trabalhabilidade, o que a torna de fácil desdobro para o maquinário (MAINIERE & CHIMELO, 1989).

A madeira de *O. porosa* é aplicada para diversos fins, tais como: mobiliário de luxo (INOUE et al. 1984), carpintaria, marcenaria, coroa de arma de fogo, estaca, piquete, esquadrias, instrumentos musicais, escadarias, dormentes (CORREA, 1969), ripas, caibros, vigas, esteios e estruturas (JANKOWSKY et al., 1990).

Segundo Carvalho (1994), a imbuia é provavelmente a espécie mais longeva da "floresta de araucária", podendo ultrapassar 500 anos de vida. Entretanto, encontra-se na lista oficial de espécies brasileiras ameaçadas de extinção, na categoria de espécies vulneráveis. Uma saída sugerida por Reitz et al. (1978) para evitar a extinção é o plantio misto associado com espécies pioneiras para evitar insolação direta e danos por geada. No entanto, compreender a dinâmica populacional de plantas dominantes é imprescindível para o manejo florestal e a conservação ou exploração das florestas tropicais (VAN GROENENDAEL et al., 1996).

2.3. CONSIDERAÇÕES

Após vasta pesquisa à literatura especializada, foi possível concluir que não existem estudos específicos que abordem o objeto de pesquisa do presente trabalho. Pode-se afirmar, portanto, que se trata de um estudo inovador e original, pioneiro em um campo de pesquisa promissor, tendo em vista a atualidade e relevância do tema da utilização de novas técnicas no preparo de alimentos e o potencial de nosso país, rico em espécies arbóreas, para a produção de *grilling planks*. Acredita-se que os resultados gerados a partir desta pesquisa possam contribuir significativamente para o setor, podendo servir como literatura de base para futuros estudos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Objetiva-se, de forma geral, identificar e analisar as propriedades organolépticas, físicas e químicas da madeira de espécies florestais brasileiras, visando a sua aplicação na produção de lamelas de madeira para churrasco, denominadas *grilling planks*.

3.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos são: (i) identificar e selecionar espécies nativas brasileiras com potencial para produção de *grilling planks*; (ii) caracterizar as propriedades físicas e químicas da madeira das espécies selecionadas (iii) comparar as propriedades físicas e químicas das madeiras das espécies brasileiras com a espécie *Thuja plicata*.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Seleção das espécies de madeira

Considerando as propriedades organolépticas, físicas e químicas da madeira descritas na literatura especializada, foram selecionadas espécies que apresentassem similaridades com a *Thuja plicata*, visando encontrar espécies com maior probabilidade de poderem ser utilizadas na produção de lamelas de madeira para churrasco. Foram priorizadas as principais características a serem consideradas para a fabricação das *grilling planks*: aroma natural, toxicidade e facilidade de obtenção em populações florestais e no comércio de madeira.

4.2. Avaliação das propriedades organolépticas das madeiras

Ainda na etapa de seleção das espécies para as análises química e física, as propriedades organolépticas das espécies de madeiras foram avaliadas de acordo com os parâmetros descritos por Zenid (1997). Dentre estas, destacam-se aroma, cor, gosto, grã, textura e desenho.

Para a avaliação do aroma da madeira, principal característica a ser considerada, foram realizadas três etapas: análise da madeira (i) natural; (ii) após a imersão em água fria por 60 minutos e (iii) durante utilização em fonte de calor (190°C), identificando as alterações do aroma previstas em seu uso como *grilling plank*. A avaliação foi feita por 5 funcionários do LAMEM do gênero masculino e idades entre 30 e 60 anos, que qualificaram o aroma de cada espécie utilizando a escala hedônica: péssimo, ruim, regular, bom e ótimo.

Figura 6 - Fonte de calor utilizada

Fonte: Autor

4.3. Avaliação da densidade aparente (ρ_{ap})

Para a determinação da densidade aparente, que é o quociente entre massa e volume da amostra à umidade de equilíbrio (12%), foi utilizado o método estereométrico, que consistiu na medição do volume dos corpos de prova e de seus respectivos pesos aparentes. Os corpos de prova foram preparados no formato prismático, com as dimensões nominais de 2cm x 3cm x 5cm, sendo a face de maior comprimento aquela que estava ao longo das fibras. O preparo dos corpos de prova foi feito cuidadosamente, a fim de que não houvesse fendas e de que suas superfícies paralelas fossem lisas. Utilizou-se o paquímetro como instrumento de medição.

A equação usual para o cálculo da densidade aparente é a seguinte:

$$\rho_{ap} = \frac{m_{12}}{V_{12}}$$

Onde:

ρ_{ap} = densidade aparente da espécie a 12% de umidade (kg/m³);

m_{12} = massa do corpo de prova a 12% de umidade (kg);

V_{12} = volume do corpo de prova a 12% de umidade (m³);

O preparo, as medições e a pesagem dos corpos de prova foram realizados todos no LAMEM - Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira, no campus da USP em São Carlos.

4.4. Avaliação da medida do ângulo de contato e da energia de superfície por meio do método da gota séssil

O preparo das amostras foi feito no LaMEM (Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira), do Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), EESC-USP, de acordo com as orientações de NBR 7190/1997, nas dimensões 5,0 cm x 3,0 cm x 2,0 cm, na direção longitudinal do tronco da árvore. Para evitar imprecisões, todas as doze amostras por espécie, foram previamente lixadas em uma lixadeira automática.

A análise do método da gota séssil foi feita no laboratório do Grupo de Polímeros do IFSC/USP, utilizando um goniômetro KSV Cam 200, o qual fotografa as gotas logo após o contato com a superfície da amostra. O padrão utilizado para os intervalos de tempo entre uma foto e outra foi: (i) no intervalo entre 0 e 5 segundos, 50 fotos, sendo uma foto a cada 48 ms e (ii) no intervalo 0 a 30 segundos, uma foto a cada segundo. O volume de 3 µl foi padronizado para todas as gotas de solvente utilizadas na superfície da madeira. Os solventes utilizados foram água, diiodometano, formamida e etilenoglicol. Por intermédio do programa *KSV contact angle measurement system*, foi produzido o gráfico de molhabilidade e foi definido o tempo de 0,5 s como padrão para o cálculo do ângulo de contato com a superfície de cada amostra.

4.5. Avaliação das características química das espécies

As análises químicas foram realizadas no Instituto de Química de São Carlos (IQSC/USP), no Laboratório do Grupo de Físico-Química Orgânica.

A composição química do lenho foi realizada por meio da determinação simultânea do teor de extrativos totais, lignina, holocelulose e cinzas das amostras de madeira. As madeiras foram moídas em equipamento moinho tipo Willey SL-31 (Figura 4.1), sendo a serragem obtida classificada por meio de um conjunto de peneira de 30 mesh (ASTM, 1974).

Figura 7 - Moinho de Facas

Fonte: Autor

4.5.1. Teor de Extrativos

A determinação do teor de extrativos totais foi realizada em duplicata, por intermédio de duas extrações consecutivas, utilizando como organo-solvente uma mistura de ciclo-hexano/etanol, conforme descrito pela norma TAPPI T264 cm-97 (TAPPI, 2007).

O material de cada espécie foi pesado à massa seca de 7,5 g, envolto em papel filtro e introduzido no aparato de Soxhlet (Figura 4.2) para iniciar a extração. A extração foi realizada em duas fases: a primeira, com a utilização de 1:1 (v/v) partes de ciclo hexano/etanol por 8 horas e a segunda, com a utilização de água pelo mesmo período.

Figura 8 - Aparato de Extração Soxhlet

Fonte: Autor

Após as extrações, o material envolto em papel filtro foi levado à estufa à temperatura de 100°C até as amostras atingirem massa constante. Cada amostra foi retirada da estufa e pesada novamente sem o papel filtro para que, por diferença de massa, o teor de extrativos fosse calculado por meio da expressão:

$$\text{Teor de extrativos (\%)} = \frac{m_i - m_f}{m_i}$$

Onde:

m_i = massa inicial (g);

m_f = massa final (g).

4.5.2. Teor de Lignina

A determinação do teor de lignina(solúvel e insolúvel) foi feita pelo método Klason modificado por NREL (2012). Foi realizada por meio de hidrólise ácida com ácido sulfúrico 72% em duas horas sob agitação. O material utilizado foi 0,8 g da serragem a cerca de 40 mesh com adição de 12 ml do ácido sulfúrico. Este permaneceu sob agitação constante por 2 horas (Figura 4.3a) em um tubo de borossilicato (Figura 4.3c). Após esse primeiro processo, realizou-se a hidrólise com

ácido sulfúrico a 3% em autoclave (Figura 4.3b), pelo período de uma hora, à pressão de 2 atm e temperatura de 120°C.

Figura 9 - Tubos de Borossilicato e Autoclave

Fonte: Autor

Foi utilizado o espectrofotômetro visível/UV de bancada da HACH DR500, com cela de quartzo de 10mm de caminho ótico, para a análise do líquido filtrado após a hidrólise. Esse procedimento é utilizado para analisar o teor de lignina solúvel, pois a lignina tem facilidade em absorver luz de comprimento de ondas entre 280 nm e 215 nm, faixa onde se encontram os raios ultravioletas.

Para o cálculo da concentração de lignina, foi utilizada a equação de

Goldschmidt (1971). Entretanto, foi necessário fazer a diluição da solução registrada no espectro. Nesse trabalho, foi utilizado o fator de diluição 5, ou seja, foi diluído 1 ml 4 vezes na solução de ácido sulfúrico de mesma proporção.

$$Lignina_{solúvel}(\%) = \frac{[(4,53 * A_{215}) - A_{280}] * V_f * F_d}{3 * m_b}$$

Onde:

A_{215} = Absorbância em 215 nm;

A_{280} = Absorbância em 280 nm;

V_f = Volume aferido da solução ácida da reação Klason em litros (L);

F_d = Fator de diluição da solução registrado no espectro;

m_b = massa seca da biomassa;

O teor de lignina insolúvel foi calculado após filtragem e permanência do cadinho em estufa por 24 horas, até atingir massa residual constante, constituída pela massa de lignina insolúvel acrescida da massa de cinzas.

$$Lignina_{insolúvel}(\%) = \frac{(m_l - m_c)}{m_s} * 100$$

Onde:

m_l = massa de lignina imiscível da amostra seca (g);

m_c = massa de cinzas (g);

m_s = massa da amostra seca (g);

4.5.3. Teor de cinzas

O teor de cinzas da madeira foi obtido após a calcinação do cadinho. O material resultante da filtragem da lignina solúvel foi levado à estufa para secagem. Retirou-se 1,00 g da amostra, que foi triturado, seco e colocado em um cadinho, cuja massa foi desconsiderada para efeito de cálculo, como é descrito na NORMA T211 om-93 modificada. O cadinho com a amostra foi submetido à calcinação, expondo-se o material a 525°C em uma mufla, pelo período 4 horas, com rampa de aquecimento de 100°C.h⁻¹.

O cálculo do teor de cinzas da madeira foi determinado pela quantidade de material inorgânico da amostra após sua calcinação, ou seja, queima completa do material. Para o cálculo da porcentagem de cinzas no material, faz-se o quociente entre a massa do material residual e a massa inicialmente seca, multiplicando-se o resultado por 100.

$$\text{Teor de cinzas \%} = \frac{m_r}{m_s} * 100$$

Onde:

m_r = massa residual final (g);

m_s = massa seca inicial antes da queima (g);

4.5.4. Teor de holocelulose

O teor de holocelulose foi calculado pela diferença entre a massa da amostra sem a presença de extrativos e os teores de lignina solúvel, insolúvel e cinzas.

4.6. Avaliação da composição química por cromatografia gasosa

A avaliação da composição química dos materiais foi feita no PN-UFSCar (Laboratório de Produtos Naturais da Universidade Federal de São Carlos).

As amostras de madeira foram moídas em equipamento moinho tipo *Moinho de Facas SL 31* da SOLAB, sendo a serragem obtida por intermédio de uma peneira de 40 mesh (ASTM, 1974). Essa serragem foi armazenada em frascos hermeticamente fechados e devidamente identificados.

Foram utilizadas três técnicas de preparo de amostra para cromatografia em fase gasosa: hidrodestilação, soxhlet e *head space*. Os espectros de massas obtidos foram comparados com bancos de dados.

4.6.1. Hidrodestilação

Para a extração do óleo essencial das espécies de madeira, foi realizada hidrodestilação, utilizando-se um aparelho graduado de *Clevenger* (Figura 4.4) protegido por papel alumínio. Foram utilizados 20 g secos de cada espécie, moídos à gramatura de 40 mesh, e 500ml de água destilada.

A coleta do óleo essencial extraído de cada espécie foi realizada após 2,5 horas de ebulição, por meio de pipeta graduada. Após a coleta das amostras, elas foram colocadas em tubos hermeticamente fechados, protegidos por papel alumínio e armazenados em local refrigerado. As extrações foram realizadas em triplicatas por espécie.

Figura 10 - Tubos de Borossilicato e Autoclave

Fonte: Autor

Os óleos essenciais extraídos foram analisados por GC-MS (Cromatógrafo à gás Shimadzu GC 2010AF Plus com detector Espectrômetro de Massas Sequencial TQ8040) (Figura 4.5), com coluna capilar Rtx-5ms 30m x 0,25 mm x 0,25 μ m RESTEK. O método utilizado foi o de rampas de aquecimento de

40°C a 120°C, à taxa de 15°C/min, e de 125°C a 160°C, à taxa de 1°C/min, permanecendo em 160°C por 2 minutos.

Figura 11 - Cromatógrafo gasoso Shimadzu GC 2010AF

Fonte: Autor

4.6.2. Soxhlet

A extração por soxhlet foi feita após estabelecer qual seria o melhor solvente para a extração do óleo essencial das espécies. Na primeira etapa, foi preparado um mix das cinco espécies de madeira com 30 g secos de cada espécie e misturados uniformemente para a extração.

Para a extração, três solventes usais foram escolhidos: éter, acetato de etila e etanol. Cada extração foi realizada em aparato de extração soxhlet com balão de fundo chato de 500 ml, utilizando-se 10g do mix das espécies, envolto em papel filtro, com 150 ml do respectivo solvente de extração. Após 4 horas de extração, o extrato foi removido e o solvente foi retirado à pressão reduzida. Os balões de fundo chato foram colocados na capela para a redução do solvente e as amostras foram então transferidas para frascos com tampas e lacrados.

Figura 12- Aparato de extração Soxhlet

Fonte: Autor

Os extratos foram analisados por GC-MS (Cromatográfico gasoso Shimadzu GC 2010AF Plus com detector Espectrômetro de Massas Sequencial TQ8040)(Figura 4.5.), com coluna capilar Rtx-5ms 30m x 0,25mm x 0,25 μ m; RESTEK Modo split 10.

4.6.3. *Head space*

Para a análise por *head space*, foi necessário inicialmente fazer testes exploratórios para definir quais seriam os parâmetros utilizados para a melhor extração. Os parâmetros testados foram: variação da massa de amostra (250 mg e 500 mg), tempo de extração (20 minutos e 40 minutos), variação de temperatura de aquecimento (60°C e 80°C), amostra úmida (adição de 200 μ l de água ultra pura) e amostra seca.

Figura 13- Amostras para teste exploratório

Fonte: Autor

Os extratos foram analisados por GC-MS (Cromatográfico gasoso Shimadzu GC 2010AF Plus com detector Espectrômetro de Massas Sequencial TQ8040)(Figura 4.5.), com coluna capilar Rtx-5ms 30m x 0,25mm x 0,25 μ m; RESTEK Modo split 10.

Após a análise exploratória qualitativa por GC-MS, foi definido o método de extração a ser utilizado de modo a obter um perfil químico de compostos voláteis mais amplo. Foi realizada a extração com 250 mg de amostra umedecida com 200 μ l de água ultra pura, por 30 minutos, sob constante agitação a 80°C. Em seguida, 1000 μ l dos compostos voláteis foram analisados por GC-MS (Cromatógrafo à gás Shimadzu GC 2010AF Plus com detector Espectrômetro de Massas Sequencial TQ8030), com rampas de aquecimento de 40°C a 120°C, em taxa de 15°C/min, e de 125°C a 160°C, em taxa de 1°C/min, permanecendo a 160°C por 2 minutos, coluna capilar Rtx-5ms 30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m; RESTEK.

4.7. Análise estatística

Para investigar as espécies de madeira, com base nos resultados obtidos experimentalmente de densidade, ângulo de contato e percentuais de extrativos, lignina e cinzas, foi realizada a análise de variância (ANOVA), considerada ao nível de 5% de significância, consistindo na equivalência das médias como hipótese nula e na não equivalência (ao menos de duas) como hipótese

alternativa. Pela formulação das hipóteses, P-valor igual ou superior ao nível de significância (0,05) implica em aceitar a hipótese nula, refutando-a em caso contrário.

Para validação da ANOVA, foram investigadas a normalidade nas distribuições dos valores das propriedades consideradas e a homogeneidade das variâncias dos grupos, com o auxílio do teste de Shapiro-Wilk [SW] (juntamente com o gráfico de quantis) e de Bartlett [Bt], respectivamente, ambos considerados ao nível de significância 5%. Pela formulação dos testes, P-valor superior a 5% implica que as respostas são provenientes de populações com distribuição normal e que as variâncias dos grupos são equivalentes, validando assim o modelo da ANOVA.

Quando verificada significativa a ANOVA entre espécies, utilizou-se, na sequência, o teste de comparações múltiplas de Tukey (teste de contraste), possibilitando agrupar os níveis do fator investigado e, assim, comparar cada espécie de madeira tropical com a espécie do gênero *Thuja*.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R versão 3.5.1.

5. Resultados e discussões

5.1. Seleção das espécies de madeira

Após a consulta aos bancos de dados com IPT, Remade, IBAMA e EMBRAPA, foram selecionadas algumas espécies com potencial para a fabricação de *grilling planks*, como é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Espécies pré-selecionadas.

Nome popular	Nome científico
Acapu	<i>Vouacapoua americana</i>
Amburana	<i>Amburana cearensis</i>
Cabreúva	<i>Myrocarpus frondosus</i>
Canela	<i>Ocotea catharinensis</i>
Cedro Rosa	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>
Imbuia	<i>Ocotea porosa</i>
Pau Brasil	<i>Caesalpinia echinata</i>
Peroba Rosa	<i>Aspidosperma polyneuron</i>
Pinheiro bravo	<i>Podocarpus lambertii</i>
Piquiá	<i>Caryicar villosum</i>
Roxinho	<i>Peltogyne lecointei</i>
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i>

As 13 espécies apresentadas na Tabela 5.1 são popularmente conhecidas no Brasil por suas características aromáticas, sendo utilizadas nos setores de perfumaria, tanoaria e alimentos.

A espécie *Podocarpus lambertii* é uma espécie de difícil aquisição na região Sudeste do Brasil. Por tal motivo, foi desqualificada e, portanto, não avaliada nos testes das propriedades organolépticas, mesmo estando entre as espécies com maior semelhança taxonômica com a pioneira *Thuja plicata*.

5.2. Avaliação das propriedades organolépticas das

madeiras

As propriedades organolépticas foram avaliadas em duas etapas: a primeira, por meio de informações de banco de dados, e a segunda, por meio de testes. A Tabela 2 apresenta as informações dos bancos de dados sobre cor, textura, grã e desenho.

Tabela 2 - Propriedades organolépticas

Espécie	Cor	Textura	Grã	Gosto	Desenho
Acapu	Escura	Lisa	Irregular	Imperceptível	Estrias claras
Amburana	Marrom avermelhado	Lisa	Direta e Irregular	adocicado	Veios escuros
Cabreúva	Pardo escuro rosado	Média a fina	Ondulada e irregular	imperceptível	Uniforme
Canela	Acastanhado	Média	Direta a ondulada	Resinoso	Uniforme
Cedro Rosa	Bege rosado	Grosseira	Direta	Imperceptível	Uniforme
Cumaru	Castanho amarelado	Fina a média	Reversa	Imperceptível	Fibroso
Imbuia	Marrom escura	Média	Direta a reversa	Amargo	Variável
Pau Brasil	Avermelhada	Fina	Direta a reversa	Imperceptível	Veios escuros
Peroba Rosa	Róseo amarelado	Fina	Direta ou reversa	Ligeiramente amargo	Veios escuros
Piquiá	Esbranquiçado	Grossa	Reversa	Imperceptível	Estrias claras
Roxinho	Roxo	Fina a média	Direta a irregular	Imperceptível	Uniforme
Tatajuba	Amarelo dourado	Média	Reversa	Imperceptível	Uniforme

A tabela 3 mostra o grau aromático apresentado por cada espécie em diferentes situações usuais da *grilling plank*. Na escala hedônica: péssimo, ruim, regular, bom e ótimo.

Tabela 3 - Aroma em diferentes situações usuais

Espécie	Natural	Umedecida	Após fonte de calor
Acapu	Regular	Regular	Ruim
Amburana	Ótimo	Ótimo	Ótimo
Cabreúva	Ótimo	Bom	Bom
Canela	Bom	Bom	Bom
Cedro Rosa	Bom	Bom	Bom
Cumaru	Bom	Regular	Regular
Imbuia	Ótimo	Bom	Bom
Pau Brasil	Bom	Regular	Regular
Peroba Rosa	Bom	Bom	Regular
Piquiá	Bom	Bom	Regular
Roxinho	Regular	Regular	Regular
Tatajuba	Bom	Bom	Regular

As propriedades organolépticas apresentadas na tabela 5.2 mostram as características naturais de cada espécie. A amburana destacou-se positivamente por ter gosto adocicado, enquanto a canela foi destaque negativo por ter gosto resinoso.

Quanto ao desempenho do aroma em situações usuais, em estado natural de umidade, destacaram-se positivamente a Amburana, a Cabreúva e a Imbuia, enquanto a Roxinho não apresentou bom desempenho. No teste em que a madeira foi umedecida e submetida à fonte de calor, a amburana voltou a se destacar positivamente, enquanto as demais espécies tiveram sua qualificação entre regular e bom.

Cruzando as informações da tabela 5.2 e a tabela 5.3, as espécies que se destacaram foram: Amburana, Cabreúva, Imbuia e Cedro Rosa. Foram, por tal motivo, escolhidas para aparte experimental deste trabalho.

5.3. Resultados experimentais

A tabela 4 apresenta os valores médios para cada propriedade física ou química e seus coeficientes de variação (Cv), obtidos experimentalmente a partir dos testes feitos com as espécies em estudo.

Tabela 4 - Resultados dos testes físicos e químicos para a caracterização das espécies

Dados	Espécies				
	<i>Amburana cearensis</i>	<i>Myrocarpus frondosus</i>	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	<i>Ocotea porosa</i>	<i>Thuja plicata</i>
ρ_{ap} (g/cm ³)	0,56	0,88	0,50	0,66	0,46
Cv (%)	4,72	1,32	6,98	3,83	2,17
Angulo médio	95,81°	56,75°	43,37°	58,75°	68,54°
Cv (%)	12,94	15,54	18,96	2,71	6,10
%Extrativos	19,70	11,99	5,20	16,91	7,25
Cv (%)	0,51	6,41	15,04	2,85	3,66
%Lignina solúvel	1,62	3,19	0,84	1,91	0,27
Cv (%)	2,03	0,35	5,27	23,07	3,27
% Lignina Insolúvel	31,39	30,97	29,25	43,93	34,16
Cv (%)	0,57	0,98	0,87	2,88	0,74
%Cinzas	0,97	0,74	0,76	0,22	0,20
Cv (%)	3,75	1,00	4,84	12,54	8,67

Avaliando-se a propriedade densidade aparente (ρ_{ap}), pode-se afirmar que a espécie mais densa é a *Myrocarpus frondosus* com 0,88 g/cm³ e a espécie menos densa é *Thuja plicata*, como já era esperado com base na literatura previamente descrita neste trabalho.

Considerando-se esses resultados com relação à densidade, pode-se concluir que as madeiras das espécies que possuem maior quantidade de matéria lenhosa são, em ordem decrescente: *Myrocarpus frondosus*, *Ocotea*

porosa, *Amburana cearensis*, *Cedrela fissilis* Vell. e *Thuja plicata*, pois a matéria lenhosa é um reflexo direto da densidade (CARVALHO, 2005).

A espécie *Amburana cearensis* apresentou um ângulo de contato maior que 90°, ou seja, sua superfície é menos molhável, o que, segundo Wu e Baghdachi (2015), caracteriza a espécie *Amburana cearensis* como hidrofóbica. As demais espécies apresentaram ângulo de contato menor que 90°. Dentre elas, a espécie *Cedrela fissilis* foi a que apresentou o menor ângulo de contato; pode-se afirmar, portanto, que é a que possui a superfície mais molhável, o que a caracteriza como mais hidrofílica que *Myrocarpus frondosus*, *Ocotea porosa* e *Thuja plicata*. Contudo, deve-se considerar que características naturais da madeira, como sua natureza química e a rugosidade da superfície, podem influenciar nestas determinações (ADAMSOM, 1990).

Na tabela 4, pode-se verificar a caracterização química das espécies, feita por meio da apresentação dos dados do percentual de extrativos, do percentual de lignina solúvel, do percentual de lignina insolúvel e do percentual de cinzas. Já a quantificação percentual de extrativos, feita após a extração em ciclo-hexano/etanol e água, está melhor representada na figura 14.

Figura 14 - Percentual de Extrativos

Segundo a literatura especializada, o percentual de extrativos na madeira pode variar de 2 a 5%, porém, em espécies tropicais, já foram observados níveis aproximados de 15% (MIYAUCHI; MORI; ITO, 2005; ZHANG et al., 2007).

Pode-se observar que a espécie *Amburana cearensis* apresentou o maior percentual de extrativos dentre as espécies em estudo: cerca de 19,7%, índice acima dos níveis geralmente observados na literatura especializada. No entanto, Leão (2006) também observou um elevado teor de extrativos na *Amburana cearensis* (cerca de 24%), o que possibilita que se estabeleça uma comparação entre o valor obtido no presente estudo e os valores encontrados na literatura.

A espécie *Ocotea porosa* também apresentou um alto percentual de extrativos: cerca de 16,9%, seguida da espécie *Myrocarpus frondosus*, com cerca de 12%, e *Thuja plicata*, com 7,25%. A espécie com o menor percentual de extrativos obtidos foi *Cedrela fissilis* Vell, com 5,20%. Dessa maneira, foi possível comprovar que, de fato, as espécies com maior percentual de extrativos são as que apresentam os odores mais acentuados.

O cálculo do balanço de massas foi feito considerando-se o percentual total de cinzas e de lignina Klason da amostra seca sem a presença de extrativos, possibilitando-se, assim, estimar a composição química total de cada espécie. A figura 15 apresenta, de maneira mais representativa, o balanço de massas das espécies estudadas.

Figura 15 - Balanço de Massas

Como pode ser observado na figura 15, um maior percentual de lignina total reflete diretamente em um menor percentual de holocelulose.

O percentual de lignina total variou de acordo com a espécie estudada. Foi detectado, na espécie *Thuja plicata*, única representante das coníferas a integrar o estudo, um percentual de lignina de cerca de 34%, nível próximo ao apresentado para esse gênero pela literatura, que é de em torno de 30%. A espécie *Ocotea porosa* foi a que, dentre as folhosas, apresentou maior percentual de lignina total: cerca de 45%. Esse alto percentual de lignina pode estar relacionado à cor mais escura e marcante da madeira da espécie *Ocotea porosa*.

No processo de calcinação, a madeira que apresentou maior teor de cinzas foi a *Amburana cearensis*. Portanto, apesar de não ser utilizada para a produção de lenha e carvão, ela seria a mais indicada para tal finalidade dentre as espécies estudadas.

É importante lembrar que, na composição química da madeira, os percentuais de cinzas e extrativos podem variar por influência genética e composição do solo (ZAU et al., 2014).

5.4. Verificação estatística dos resultados

A verificação dos resultados obtidos foi feita por meio da ANOVA. Para que a ANOVA seja validada, os dados devem apresentar distribuição normal. Foi necessária a utilização do recurso de transformação logarítmica dos dados em três casos: na relação entre as densidades, entre o percentual de lignina insolúvel e entre o percentual de cinzas. Os resultados estão apresentados nas tabelas de 5 a 14 e nas figuras de 16 a 21 dos índices subsequentes.

As tabelas de ANOVA apresentam os seguintes dados: graus de liberdade (GL), soma dos quadrados (SQ), média dos quadrados (MQ), estatística de Fisher (F), probabilidade (p-valor) e fator de forma de cálculo (FC). As figuras apresentam o parâmetro do teste de normalidade (W), o p-valor (p) e o gráfico de quantis com os valores teóricos e experimentais.

Nas tabelas que apresentam o teste de Bartlett, são mostrados os valores dos graus de liberdade (GL), do valor estatístico de Bartlett (KQ) e do p-valor.

5.4.1. Relação entre as densidades aparentes (ρ_{ap})

Tabela 5 - ANOVA de $\log(\rho_{ap})$

Fonte	GL	SQ	MQ	F	p-valor
FC	4	0,14621	0,03655	105,9	3,84E-08
Erro	10	0,00345	0,00035		
Total	14	0,14966			

Figura 16 - Teste de Shapiro-Wilk de $\log(\rho_{ap})$

Tabela 6 - Teste de Bartlett de $\log(\rho_{ap})$

Teste de Bartlett (homogeneidade de variância)	
GL	4
KQ	4,6306
p-valor	0,3273

O teste de Shapiro-Wilk, mostrado na figura 16, apresenta p-valor igual a 0,06, que é superior a 5%. Assim, pode-se afirmar, com nível de significância de 5%, que a amostra provém de uma população com distribuição normal. O gráfico de quantis mostra que a distribuição dos pontos em torno da reta de normalidade é normal, não aleatória.

Na tabela 6, que mostra o teste de homogeneidade de variância, constata-se p-valor igual a 0,3273, ou seja, maior que 5%, o que confirma que há homogeneidade de variância entre os grupos estudados.

Na tabela 5 da ANOVA, pode-se constatar que, após a verificação da distribuição normal e da homogeneidade de variância entre os grupos para a

propriedade física densidade, o p-valor é igual a 3,84E-08, sendo, portanto, inferior a 0,05, o que mostra que pelo menos duas espécies têm suas médias de densidades significativamente diferentes.

As comparações múltiplas entre os grupos quanto à propriedade densidade serão apresentadas posteriormente.

5.4.2. Relação entre os ângulos médios para molhabilidade

Tabela 7- ANOVA da molhabilidade (ângulo de contato)

Fonte	GL	SQ	MQ	F	p-valor
FC	4	4609	1152,2	18,05	1,44E-04
Erro	10	638	63,8		
Total	14	5247	1216		

Figura 17 - Teste de Shapiro-Wilk molhabilidade (ângulo de contato)

Tabela 8 - Teste de Bartlett da molhabilidade(ângulo de contato)

Teste de Bartlett (homogeneidade de variância)	
GL	4
KQ	5,6474
p-valor	0,2271

O teste de Shapiro-Wilk, mostrado na figura 17, apresenta p-valor igual a 0,41, que é muito superior a 5%. Assim, pode-se afirmar, com nível de significância de 5%, que a amostra provém de uma população com distribuição normal. O gráfico

de quantis mostra que a distribuição dos pontos em torno da reta de normalidade é normal, não aleatória.

Na tabela 8, que mostra o teste de homogeneidade de variância, constata-se p-valor igual 0,2271, ou seja, maior que 5%, o que confirma que há homogeneidade de variância entre os grupos estudados.

Após a verificação da distribuição normal e da homogeneidade de variância entre os grupos para a molhabilidade, constata-se, na tabela 7 da ANOVA, p-valor igual a $1,44 \times 10^{-4}$, que é inferior a 5%. Assim, pode-se afirmar que pelo menos duas espécies têm suas médias de ângulo de contato significativamente diferentes.

As comparações múltiplas entre os grupos quanto à propriedade molhabilidade serão apresentadas posteriormente.

5.4.3. Relação entre o percentual de extrativos

Tabela 9 - ANOVA percentual de extrativos

Fonte	GL	SQ	MQ	F	p-valor
FC	4	455,6	113,9	375,8	7,52E-11
Erro	10	3	0,3		
Total	14	458,6	114,2		

Figura 18- Teste de Shapiro-Wilk do percentual de extrativos

Tabela 10 - Teste de Bartlett do percentual de extrativos

Teste de Bartlett (homogeneidade de variância)	
GL	4
KQ	6,2773
p-valor	0,1794

O teste de Shapiro-Wilk, mostrado na figura 18, apresenta p-valor igual a 0,069, sendo, portanto, superior a 5%. Assim, pode-se afirmar, com nível de significância de 5%, que a amostra provém de uma população com distribuição normal. O gráfico de quantis mostra que a distribuição dos pontos em torno da reta de normalidade é normal, não aleatória (salvo em alguns pontos).

Na tabela 10, que mostra o teste de homogeneidade de variância, constata-se que o p-valor é igual a 0,1794, sendo, portanto, superior a 5%, o que confirma que há homogeneidade de variância entre os grupos estudados, com nível de significância de 5%.

Após a verificação da distribuição normal e da homogeneidade de variância entre os grupos para o percentual de extrativos, na tabela 9 da ANOVA, constata-se p-valor igual a $7,52 \times 10^{-11}$, que é inferior a 5%, o que faz com que seja possível afirmar que pelo menos duas espécies têm suas médias de ângulo de contato significativamente diferentes.

As comparações múltiplas entre os grupos quanto ao percentual de extrativos serão apresentadas posteriormente.

5.4.4. Relação entre o percentual de lignina solúvel

Tabela 11 - ANOVA do percentual de lignina solúvel

Fonte	GL	SQ	MQ	F	P-valor
FC	4	14,887	3,722	83,02	1,25E-07
Erro	10	0,448	0,045		
Total	14	15,335	3,767		

Figura 19 - Teste de Shapiro-Wilk do percentual de lignina solúvel

Tabela 12 - Teste de Bartlett do percentual de lignina solúvel

Teste de Bartlett (homogeneidade de variância)	
GL	4
KQ	6,394
p-valor	0,1755

O teste de Shapiro-Wilk, mostrado na figura 19, apresenta p-valor igual a 0,1358, sendo, portanto, superior a 5%. Assim, pode-se afirmar, com nível de significância de 5%, que a amostra provém de uma população com distribuição normal. O gráfico de quantis mostra que a distribuição dos pontos em torno da reta de normalidade é normal, não aleatória.

Na tabela 12, que mostra o teste de homogeneidade de variância, constata-se que o p-valor é igual a 0,1755, sendo, portanto, superior a 5%, o que confirma que há homogeneidade de variância entre os grupos estudados, com nível de significância de 5%.

Após a verificação da distribuição normal e da homogeneidade de variância entre os grupos para o percentual de lignina solúvel, na tabela 11 da ANOVA, constata-se p-valor igual a 1,25E-07 (inferior a 5%), o que faz com que seja possível afirmar que pelo menos duas espécies têm suas médias de ângulo de contato significativamente diferentes.

As comparações múltiplas entre os grupos quanto ao percentual de lignina solúvel serão apresentadas posteriormente.

5.4.5. Relação entre o percentual de lignina insolúvel

Tabela 13 - ANOVA do log (% lignina insolúvel)

Fonte	GL	SQ	MQ	F	p-valor
FC	4	0,05798	0,0145	352,5	1,03E-10
Erro	10	0,00041	4E-05		
Total	14	0,05839	0,0145		

Figura 20 - Teste de Shapiro-Wilk do log (% lignina insolúvel)

Tabela 14 - Teste de Bartlett do log (% lignina insolúvel)

Teste de Bartlett (homogeneidade de variância)	
GL	4
KQ	6,3555
p-valor	0,1741

O teste de Shapiro-Wilk, mostrado na figura 20, apresenta p-valor igual a 0,969, sendo, portanto, superior a 5%. Assim, pode-se afirmar, com nível de significância de 5%, que a amostra provém de uma população com distribuição normal. O gráfico de quantis mostra que a distribuição dos pontos em torno da reta de normalidade é normal, não aleatória.

Na tabela 14, que mostra o teste de homogeneidade de variância, constata-se que o p-valor é igual 0,1741, sendo, portanto, superior a 5%, o que confirma que há homogeneidade de variância entre os grupos estudados com nível de significância de 5%.

Após a verificação da distribuição normal e da homogeneidade de

variância entre os grupos para o percentual de lignina insolúvel, na tabela 13 da ANOVA, constata-se p-valor igual a $1,03\text{E}-10$, que é inferior a 5%, o que faz com que seja possível afirmar que pelo menos duas espécies têm suas médias de ângulo de contato significativamente diferentes.

As comparações múltiplas entre os grupos quanto ao percentual de lignina insolúvel serão apresentadas posteriormente.

5.4.6. Relação entre o percentual de cinzas

Tabela 15 - ANOVA do $\log(\% \text{cinzas})$

Fonte	GL	SQ	MQ	F	p-valor
FC	4	1,3043	0,3261	323,9	$1,57\text{E}-10$
Erro	10	0,0101	0,001		
Total	14	1,3144	0,3271		

Figura 21 - Teste de Shapiro-Wilk do $\log(\% \text{cinzas})$

Tabela 16 - Teste de Bartlett do $\log(\% \text{cinzas})$

Teste de Bartlett (homogeneidade de variância)	
GL	4
KQ	7,7769
P-valor	0,1001

O teste de Shapiro-Wilk, mostrado na figura 21, apresenta p-valor igual a 0,4626, sendo, portanto, superior a 5%. Assim, pode-se afirmar, com nível de

significância de 5%, que a amostra provém de uma população com distribuição normal. O gráfico de quantis mostra que a distribuição dos pontos em torno da reta de normalidade é normal, não aleatória.

Na tabela 14, que mostra o teste de homogeneidade de variância, constata-se p-valor igual 0,1001, sendo, portanto, superior a 5%, o que confirma que há homogeneidade de variância entre os grupos estudados, com nível de significância de 5%.

Após a verificação da distribuição normal e da homogeneidade de variância entre os grupos para a o percentual de cinzas, na tabela 13 da ANOVA, constata-se p-valor igual a $1,57E-10$, que é inferior a 5%, o que torna possível afirmar que pelo menos duas espécies têm suas médias de ângulo de contato significativamente diferentes.

As comparações múltiplas entre os grupos quanto ao percentual de cinzas serão apresentadas posteriormente.

5.5. Comparação entre as espécies

Os resultados do teste de Tukey abaixo apresentam o contraste existente em as espécies nativas brasileiras e a espécie *Thuja plicata* quanto às propriedades estudadas. Nas tabelas de 17 a 20, que constam abaixo, são apresentadas as espécies que foram contrastadas, bem como o p-valor obtido pelo teste Tukey.

Tabela 17 - Relação entre as densidades aparentes (ρ_{ap})

Espécies	p-valor
<i>Thuja plicata</i> x <i>Amburana cearensis</i>	0,0016
<i>Thuja plicata</i> x <i>Myrocarpus frondosus</i>	0,0000
<i>Thuja plicata</i> x <i>Cedrela fissillis</i>	0,1579
<i>Thuja plicata</i> x <i>Ocotea porosa</i>	0,0000

Por meio da ANOVA, quanto ao log da densidade, pode-se constatar que havia pelo menos duas espécies que se diferenciavam entre si. Na tabela 17, por meio do p-valor apresentado, verifica-se que houve significativa diferença entre a espécie *Thuja plicata* e as espécies *Amburana cearensis*, *Myrocarpus frondosus* e

Ocotea porosa. A espécie *Cedrela fissillis* não apresentou diferença significativa no log da densidade experimental.

Esse resultado já era esperado, uma vez que, de acordo com os valores experimentais obtidos e apresentados na tabela 4, a espécie que teve a média das densidades aparentes mais próxima da espécie *Thuja plicata* foi a espécie *Cedrela fissillis*.

Tabela 18 - Relação entre os ângulos de contato médios para molhabilidade

Espécies	p-valor
<i>Thuja plicata</i> x <i>Amburana cearensis</i>	0,0127
<i>Thuja plicata</i> x <i>Myrocarpus frondosus</i>	0,4201
<i>Thuja plicata</i> x <i>Cedrela fissillis</i>	0,0207
<i>Thuja plicata</i> x <i>Ocotea porosa</i>	0,5838

A partir dos resultados da ANOVA da tabela 7, pode-se afirmar que pelo menos duas espécies diferenciam entre si.

Na tabela 18, confirma-se, pelo p-valor encontrado, que, confrontando a espécie *Thuja plicata* com as demais em estudo, as espécies *Amburana cearensis* e *Cedrela fissillis* diferenciam-se significativamente. Entretanto, as espécies *Myrocarpus frondosus* e *Ocotea porosa* não apresentam ângulo de contato significativamente diferentes da espécie *Thuja plicata*.

Tabela 19 - Relação entre o percentual de extrativos

Espécies	p-valor
<i>Thuja plicata</i> x <i>Amburana cearensis</i>	0,0000
<i>Thuja plicata</i> x <i>Myrocarpus frondosus</i>	0,0000
<i>Thuja plicata</i> x <i>Cedrela fissillis</i>	0,0072
<i>Thuja plicata</i> x <i>Ocotea porosa</i>	0,0000

A partir dos resultados da ANOVA da tabela 9, pode-se afirmar que pelo menos duas espécies diferenciam entre si.

De acordo com a tabela 19, em todas as comparações, o p-valor resultante, quando se confronta a espécie *Thuja plicata* com as demais espécies deste estudo, é inferior ao nível de significância de 5%. Assim, pode-se afirmar

que, quanto à relação entre o percentual de extrativos, a espécie *Thuja plicata* se diferencia significativamente de todas as demais espécies em estudo.

Tabela 20 - Relação entre o percentual de lignina solúvel

Espécies	p-valor
<i>Thuja plicata</i> x <i>Amburana cearensis</i>	0,0001
<i>Thuja plicata</i> x <i>Myrocarpus frondosus</i>	0,0000
<i>Thuja plicata</i> x <i>Cedrela fissillis</i>	0,0527
<i>Thuja plicata</i> x <i>Ocotea porosa</i>	0,0000

A partir dos resultados da ANOVA da tabela 11, pode-se afirmar que pelo menos duas espécies diferenciam entre si.

Na tabela 20, por meio do p-valor apresentado, constata-se que houve significativa diferença entre a espécie *Thuja plicata* e as espécies *Amburana cearensis*, *Myrocarpus frondosus* e *Ocotea porosa*. A espécie *Cedrela fissillis* não apresenta diferença significativa quanto ao percentual de lignina solúvel.

Tabela 21 - Relação entre o percentual de lignina insolúvel

Espécies	p-valor
<i>Thuja plicata</i> x <i>Amburana cearensis</i>	0,0003
<i>Thuja plicata</i> x <i>Myrocarpus frondosus</i>	0,0001
<i>Thuja plicata</i> x <i>Cedrela fissillis</i>	0,0000
<i>Thuja plicata</i> x <i>Ocotea porosa</i>	0,0000

A partir dos resultados da ANOVA da tabela 13, pode-se afirmar que pelo menos duas espécies diferenciam entre si.

Observando a tabela 21, constata-se que, em todas as comparações, quando se confronta a espécie *Thuja plicata* com as demais espécies deste estudo, tendo como referência o log do percentual de lignina insolúvel, o p-valor resultante é inferior ao nível de significância de 5%. Assim, pode-se afirmar que, quanto à relação entre o percentual de lignina insolúvel, a espécie *Thuja plicata* diferencia-se significativamente de todas as demais espécies em estudo.

Tabela 22 - Relação entre o percentual cinzas

Espécies	p-valor
<i>Thuja plicata</i> x <i>Amburana cearensis</i>	0,0000
<i>Thuja plicata</i> x <i>Myrocarpus frondosus</i>	0,0000
<i>Thuja plicata</i> x <i>Cedrela fissillis</i>	0,0000
<i>Thuja plicata</i> x <i>Ocotea porosa</i>	0,6213

A partir dos resultados da ANOVA da tabela 13, pode-se afirmar que pelo menos duas espécies se diferenciam entre si.

Na tabela 22, por meio do p-valor apresentado, constata-se que houve significativa diferença entre a espécie *Thuja plicata* e as espécies *Amburana cearensis*, *Myrocarpus frondosus* e *Cedrela fissillis*. A espécie *Ocotea porosa* não apresentou diferença significativa quanto ao percentual de lignina solúvel.

Esse resultado já era esperado, tendo em vista que, de acordo com os valores experimentais obtidos e apresentados na tabela 4, a espécie que teve a média do percentual de cinzas mais próxima da espécie *Thuja plicata* foi a *Ocotea porosa*.

5.6. Composição química por cromatografia gasosa

Por meio dos ensaios de cromatografia em fase gasosa CG-MS, foi possível identificar os compostos existentes no óleo essencial da madeira serrada das espécies estudadas. Os resultados foram separados por espécies. A comparação entre cromatogramas das espécies por tipo de extração utilizada consta em anexo.

5.6.1. *Amburana cearensis*

Tabela 23: Compostos detectados nos óleos essenciais da *Amburana cearensis* extraídos por hidrodestilação, soxhlet e headspace

Hidrodestilação		Soxhlet		Headspace	
Composto ^b	I.R. ^a	Composto ^b	I.R. ^a	Composto ^b	I.R. ^a
1,1-Dimetil-3-cloropropanol	809	4-metil-2-pentanol	811	1-Propyne	60
2-Hexanol	812	Ácido hexanoico	981	2-Nitro-1-propanol	70
α -Curcumeno	1578	2-metoxi-fenol	1091	Ethyl Acetate	96
α -Muurolene	1600	Nonanal	1107	4-methyl-3-Pentenol	733
Butylated Hydroxytoluene	1610	Ácido octanoico	1255	4,4-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one	777
γ -Muurolene	1612	Ácido nonanoico	1378	Octane	798
trans-calamenene	1620	Benzodihidropirona	1485	Hexanal	803
α -Calacorene	1638	Ácido cinâmico	1537	1,4-cineol (SI)	1018
E-Nerolidol	1658	α -Muurolene	1599		
Ledol	1700	Butylated Hydroxytoluene	1610		
		trans-calamenene	1620		
		α -Calacorene	1638		
		Nerolidol	1658		
		Ácido isovalinico	1665		
		α -Cubebeno	1722		

^a Índices de Kovats (KI) na coluna de capilar Rtx-5 MS ^b Compostos listados em ordem de evolução na coluna capilar Rtx-5 MS.

Os resultados dos ensaios de CG-MS apresentados na tabela 23 mostram que, a partir da extração por hidrodestilação da espécie *Amburana cearensis*, foi possível identificar 10 compostos, sendo que os compostos majoritários, de maior área relativa, são, em ordem decrescente: Nerolidol (100%), seguido por trans-calamenene (28,48%) e 2-Hexanol (16,21%). Por meio da extração por soxhlet, foi possível identificar um maior número de compostos (15), sendo seus majoritários, em ordem decrescente: ButylatedHydroxytoluene (100%), Ácido cinâmico (88,07%) e Nerolidol (87,64%). O composto majoritário identificado por meio da extração por headspace foi 1-Propyne (100%); os sete outros compostos identificados apresentaram área relativa abaixo de 10%.

Pode-se observar também que houve uma diferença nos compostos identificados dependendo da técnica de extração utilizada. Comparando as técnicas hidrodestilação e soxhlet, identificaram-se 4 compostos em comum: Nerolidol, Butylated Hydroxytoluen, α -Muurolene e α -Calacorene. Já na extração por headspace, não foi identificado nenhum composto em comum com os das demais técnicas.

5.6.2. *Cedrela fissillis*

Tabela 24: Compostos detectados nos óleos essenciais da *Cedrela fissillis* extraídos por hidrodestilação, soxhlet e headspace

Hidrodestilação		Soxhlet		Headspace	
Composto ^b	I.R. ^a	Composto ^b	I.R. ^a	Composto ^b	I.R. ^a
1,1-dimetil-3-cloropropanol	807	α -Cubebene	1466	1,4-Cineole	1018
4-metil-2-Pentanol	811	α -Copaene	1474	δ -Elemene	1430
5-Metoxi-2-Pentanona	1008	Aromadendrene, dehydro-	1504	α -Cubebene	1442
α -Copaene	1474	α -Bergamotene	1528	γ -langene	1460
Naphthalene	1620	Butylated Hydroxytoluene	1610	α -Copaene	1471
α -Calacorene	1639	δ -Cadinene	1618	β -Elemene	1488
Nerolidol	1658	α -Calacorene	1639	Aromadendrene, dehydro-	1504
Copaene	1723	Nerolidol	1658	α -Santalene	1515

τ -Cadinol	1736	Ledol	-	α -Bergamotene	1528
1-Naphthalenol	1726	Caryophyllene oxide	1696	α -Guaiene	1535
α -Cadinol	1748	α -Cedrene	1720	Epi- β -Santalene	1540
Naphthalene	1768	1-Naphthalenol	1726	Humulene	1548
		τ -Cadinol	1736	Alloaromadendrene	1556
		δ -Cedrol	1738	α -Guaiene	1584
		α -Cadinol	1745	Ledene	1591
		Cadalene	1765	α -Murolene	1597
				γ -Murolene	1609
				δ -Cadinene	1618
				α -Calacorene	1636
				α -Cedrene	1720
				τ -Cadinol	1733
				δ -Cedrol	1738
				α -Cadinol	1745
				Cadalene	1765

^aÍndices de Kovats (KI) na coluna de capilar Rtx-5 MS ^b Compostos listados em ordem de evolução na coluna capilar Rtx-5 MS.

Os resultados dos ensaios de CG-MS apresentados na tabela 24 mostram que, a partir da extração por hidrodestilação de *Cedrela fissillis*, foi possível identificar 12 compostos. Os compostos majoritários detectados por meio da hidrodestilação são, em ordem decrescente: Nerolidol (100%), τ -Cadinol (53,58%) e α -Cadinol (45,47%). Na extração por soxhlet, foram identificados 16 compostos, sendo os majoritários, em ordem decrescente: Nerolidol (100%), Butylated Hydroxytoluene (48,49%) e τ -Cadinol (47,36%). Por meio da extração por headspace, foi identificado o maior número de compostos (24), sendo os majoritários, em ordem decrescente: δ -Cadinene (100%), α -Copaene (71,24%) e α -Calacorene (48,07%). Vale observar que o composto Nerolidol foi o majoritário tanto na extração por hidrodestilação quanto por soxhlet, porém não foi identificado na extração por headspace.

Alguns compostos aparecem em todas as extrações. São eles: α -Copaene, α -Calacorene, τ -Cadinol e α -Cadinol. Já os compostos Aromadendrene, δ -Cadinene, α -Cedrene e Cadaleone são somente identificados nas extrações por soxhlet e headspace.

Na literatura especializada, compostos como α -Copaene, α -Cadinol, α -Calacorene e τ -Cadinol são descritos como componentes presentes em óleos

voláteis das folhas de *Cedrela odorata*, que é uma espécie semelhante a *Cedrela fissillis* (MARTINS, 2003).

5.6.3. *Myrocarpus frondosus*

Tabela 25: Compostos detectados nos óleos essenciais da *Myrocarpus frondosus* extraídos por hidrodestilação, soxhlet e headspace

Hidrodestilação		Soxhlet		Headspace	
Composto ^b	I.R. ^a	Composto ^b	I.R. ^a	Composto ^b	I.R. ^a
1,1-Dimetil 3-cloropropano	807	4-Acetyl-1-methylcyclohexene	-	1-Propyne	59
4-metil-2-Pentanol	811	2,3-dimethyl-1butanol	93	Acetonitrila	70
5-metoxi-2-Pentanona	1008	β-Farnesene	1547	2,3-dimethyl-1butanol	93
Nerolidol	1655	β-Bisabolene	1556	5-Hepten-2-one, 6-methyl-	991
		α-Curcumene	1575	β-Farnesene	1547
		α-Bergamotene	1588	Isosativene	1553
		α-Farnesene	1603	α-Curcumene	1575
		γ-Murolene	1609	α-Bergamotene	1588
		δ-Cadinene	1618	α-Farnesene	1603
		α-Bisabolene	1639	Nerolidol	1656
		Nerolidol	1655		
		Nerolidylacetate	1675		
		Farnesene epoxide	1701		
		Cubenol	1723		
		α-Himachalene	-		
		α-Bisabolol	1766		

^aÍndices de Kovats (KI) na coluna de capilar Rtx-5 MS ^b Compostos listados em ordem de evolução na coluna capilar Rtx-5 MS.

Os resultados dos ensaios de CG-MS apresentados na tabela 25 mostram que, a partir da extração por hidrodestilação, foi possível identificar quatro compostos. Na extração por soxhlet, detectaram-se 16 compostos e, na por headspace, 10 compostos. O composto Nerolidol foi o composto majoritário em todas as extrações e o único comum a todas as técnicas utilizadas. Nas extrações por soxhlet e headspace, foi possível identificar um maior número de compostos em comum. São eles: β-Farnesene, α-Curcumene, α-Bergamotene e α-Farnesene.

5.6.4. *Ocotea porosa*

Tabela 26: Compostos detectados nos óleos essenciais da *Ocotea porosa* extraídos por hidrodestilação, soxhlet e headspace

Hidrodestilação		Soxhlet		Headspace	
Composto ^b	I.R. ^a	Composto ^b	I.R. ^a	Composto ^b	I.R. ^a
1,1-dimetil-3-cloropropanol	807	4-metil-2-Pentanol	811	Acetonitrile	70
4-metil-2-Pentanol	811	Eucaliptol	1038	α -Pinene	937
5-metoxi-2-Pentanona	1008	α -ylangene	1466	β -Pinene	981
Eucaliptol	1038	α -Copaene	1474	1,4-Cineol	1018
α -Copaene	1474	Alloaromadendrene	1555	Eucaliptol	1036
Nafitaleno	1612	γ -Murolene	1570	α -Cubebene	1442
trans-calameneno	1620	α -Curcumene	-	Cyclosativene	1463
α -Calacorene	1639	α -Murolene	1596	α -ylangene	1466
Guaiol	1695	γ -Cadinene	1609	α -Copaene	1471
Ledol	1700	ButylatedHydroxytoluene	1610	α -Zingiberene	1483
Isoshyobunone	1705	Calamenene	1617	α -Gurjunene	1507
Cubenol	1711	α -Calacorene	1639	Cariofileno	1516
γ -eudesmol	1715	Nerolidol	1655	Ylangene	1528
Cubedol	1723	Guaiol	1795	Humuleno	1548
α -acorenol	1726	Ledol	1700	Alloaromadendrene	1555
Hinesol	1730	Caryophyllene oxide	1703	γ -Murolene	1570
τ -Cadinol	1736	Cubenol	1723	α -Murolene	1596
1-Naphthalenol	1740	Agarospinol	-	γ -Cadinene	1609
Guaiol	1746	τ -Cadinol	1736	L-calamenene	1617
α -Cadinol	1748	Guaiol	1746	α -Calacorene	1636
Selina-3,7(11)-diene	1750	α -Cadinol	1748	Nerolidol	1655
β -bisabolol	1766	β -bisabolol	1766	Caryophyllene oxide	1703
Naphthalene	1768	Cadalene	-	Cubedol	1723
				Guaiol	1743

^aÍndices de Kovats (KI) na coluna de capilar Rtx-5 MS ^b Compostos listados em ordem de evolução na coluna capilar Rtx-5 MS.

Os resultados dos ensaios de CG-MS apresentados na tabela 26 mostram que a espécie *Ocotea porosa* apresentou um número próximo de compostos identificados em todas as técnicas de extração utilizadas. A partir da hidrodestilação, foram identificados 23 compostos, sendo seus majoritários, em ordem decrescente: Guaiol (100%), Ledol (24,69%) e τ -Cadinol (50,92%). Na extração por soxhlet, foi possível identificar o mesmo número de compostos, sendo seus majoritários, em ordem decrescente: Nerolidol (100%), Guaiol (55,66%) e τ -Cadinol (32,02%). Por fim, na extração por headspace, 24 compostos foram identificados, sendo seus majoritários, em ordem decrescente: α -Copaene (100%), L-Calamenene (57,54%) e γ -Cadinene (48,67%). Os compostos identificados simultaneamente em todas as técnicas de extração foram: Eucaliptol, α -copaene, α -calacorene, cubenol e guaiol.

Alguns compostos identificados na tabela 26 são descritos na literatura especializada como componentes presentes em óleos voláteis das folhas de espécies de *Ocotea*. São eles: α -Pineno, α -Humuleno, α -Cadinol, β -Pineno, β -Cariofileno, γ -Cadineno (TAKAKU et al, 2007). Outros autores detectaram, particularmente na espécie *Ocotea porosa*, outros compostos além dos citados, tais como α -Copaeno e β -Bisabolol, que também foram identificados neste trabalho. No entanto, estes autores identificaram alguns compostos que não foram encontrados neste trabalho, tais como: acetato de carquejil, eremoligenol, α -Bisabolol, valerianol e oreodafenol (WEYERSTAHL et al 1994; REYNOLDS e KITE, 1995)

5.6.5. *Thuja plicata*

Tabela 27: Compostos detectados no óleo essencial da *Thuja plicata* extraídos por hidrodestilação, soxhlet e headspace

Hidrodestilação		Soxhlet		Headspace	
Composto ^b	I.R. _a	Composto ^b	I.R. _a	Composto ^b	I.R. _a
1,1-dimethyl-3-cloropropanol	807	4-Terpineol	1177	1-Propyne	60
2-Pentanol	811	p-Cymen-8-ol	1183	Acetonitrile	70

Norbornane	954	α -Terpineol	1189	2-Bornene	906
o-Cymene	1029	Myrtenol	1297	α -Pinene	937
2,7,7-trimethylbicyclo [2.2.1]heptan-2-ol	1218	Carvone	1307	Camphene	951
endo-Borneol	1263	Cuminicacid	1398	β -Cymene	974
		Nerolidol			
Terpinen-4-ol	1274		1656	3-Carene	1013
α -Terpineol	1284			1,4-Cineole	1018
Myrtenol	1297			o-Cymene	1027
Carvone	1309			D-Limonene	1032
2-Methyl-3- phenylpropanal	1337			Eucalyptol	1037
Bicyclo[3.1.1]heptane- 2-methanol,	1340			o-Isopropenyltoluene	1086
3-Caren-10-al	1361			p-Cymenene	1094
Cyclohexene- carboxaldehyde	1374			β -Linalool	1107
Phenol, 2-ethyl-4,5- dimethyl-	1398			exo-2,7,7- trimethylbicyclo [2.2.1]heptan-2-ol	1218
Benzoicacid, 2,4,5- trimethyl-	1420			L-Pinocarveol	1233
Acetovanillone acetate	1426			endo-Borneol	1261
Benzoicacid, 4-(1- methylethyl)	1477			cis-Verbenol	1264
Furadane	1514			Terpinen-4-ol	1271
				Ocimenol	1281
				α -Terpineol	1286
				Myrtenol	1294
				Carvone	1307
				Isothymolmethylether	1333
				3-Caren-10-al	1359

^aÍndices de Kovats (KI) na coluna de capilar Rtx-5 MS ^b Compostos listados em ordem de evolução na coluna capilar Rtx-5 MS

Os resultados dos ensaios de CG-MS apresentados na tabela 27 mostram que, por meio da hidrodestilação, 19 compostos foram identificados, sendo seus majoritários, em ordem decrescente: Myrtenol (100%), α -terpineol (49,76%) e Terpinen-4-ol (26,24%). Na extração por soxhlet, somente sete compostos foram identificados, sendo Cuminicacid (100%) o majoritário. Os demais compostos

apresentaram área relativa muito baixa. Também se pode identificar, na extração por soxhlet, o componente Nerolidol, que não foi encontrado em nenhuma das outras técnicas. Por fim, na extração por headspace, identificaram-se 25 compostos, sendo os três majoritários, em ordem decrescente: 1-propine (100%), Myrtenol (69%) e Camphene (67,07%).

Os compostos identificados simultaneamente em todas as técnicas de extração foram: Mirtenol, α -terpineol e carvone. Entre a hidrodestilação e headspace, mais dois compostos comuns foram encontrados: Terpinen-4-ol e o-Cymene.

Segundo TSIRI (2009), nos componentes voláteis dos óleos essenciais de espécies de *Thuja*, os compostos Camphene, Borneol, Terpinen-4-ol, *p*-Cymen-8-ol, α -Terpineol e Carvone também foram identificados. No entanto, alguns compostos que são majoritários e importantes nos óleos essenciais de espécies de *Thuja*, tais como α -Thujone(*cis*) e β -Thujone(*trans*), não foram identificados em nenhuma das técnicas utilizadas neste trabalho .

6. Conclusão

Considerando-se os objetivos propostos, pode-se concluir que a seleção de espécies mostrou que o Brasil tem de fato potencial de espécies nativas para a produção de *grilling planks*. Tal fato justifica-se principalmente devido à presença, em espécies tropicais, de propriedades organolépticas bastante acentuadas. Houve dificuldades, entretanto, na aquisição do material para estudo, já que algumas espécies dispunham de pouca disponibilidade e preço elevado.

Após a análise dos resultados obtidos neste trabalho, observou-se que as espécies apresentaram densidade aparente média dentro dos valores encontrados na literatura especializada. Para a produção de *grilling planks*, especificamente, consideram-se melhores os materiais que apresentam menor densidade, pois esta característica influenciará diretamente no peso do material e no seu custo de transporte. Sendo assim, as espécies *Amburana cearensis* e *Cedrela fissilis* Vell, que têm densidade aparente mais próxima à da espécie *Thuja plicata*, apresentam maior potencial para a produção de *grilling planks*.

O estudo da molhabilidade mostrou-se bastante relevante, já que a utilização de *grilling planks* depende diretamente de sua afinidade com água e alguns líquidos não utilizados neste estudo. Embora a madeira seja um material higroscópico, ou seja, que tem afinidade com água, no cálculo do ângulo de contato realizado no presente trabalho, a espécie *Amburana cearensis* apresentou hidrofobia. Esse resultado pode ter decorrido de quaisquer erros ou diferenças nos procedimentos de preparo das amostras, uma vez que tais fatores podem influenciar diretamente no resultado. Acredita-se também que pode ter havido influência das condições do local onde se encontra o equipamento, já que a madeira é um material que absorve facilmente a umidade relativa do ambiente.

A análise química das espécies resultou em valores esperados de acordo com a literatura. O aspecto mais importante da análise para este estudo é o teor de extrativos, dado que, segundo a literatura, influencia diretamente nas propriedades organolépticas mais importantes para o material que se pretende confeccionar (*grilling planks*): aroma e gosto. Espécies como *Amburana cearensis* e *Ocotea porosa*, que, como foi apresentado na revisão bibliográfica, já têm alguns de

seus usos direcionados com base nessas propriedades, tiveram resultados significativos, apresentando altos teores de extrativos. A surpresa ficou por conta da espécie pioneira na produção de *grilling planks*, que, a despeito de ter um aroma acentuado e bastante adequado, apresentou um baixo teor de extrativos. Isso gera um questionamento quanto à influência do teor de extrativos no aroma e no gosto que a *grilling plank* proporciona aos alimentos durante a sua utilização.

Foram identificados, por meio da cromatografia gasosa CG-MS, vários compostos presentes nos óleos essenciais das espécies estudadas. Considerando-se que os óleos foram extraídos do caule das espécies, concluiu-se que é possível identificar neles compostos que são normalmente encontrados nos óleos essenciais das folhas dessas árvores. Alguns dos compostos encontrados nos óleos de ambas as partes das espécies estudadas são: α -Pineno, α -Copaene, α -Cadinol, α -Calacorene, τ -Cadinol, β -Pineno, β -Cariofileno e γ -Cadineno, além do composto mais relevante, presente em quase todas as espécies: o Nerolidol. Já se esperava encontrar esse composto na análise cromatográfica das espécies *Ocotea porosa* e *Myrocarpus frondosus*, uma vez que já havia sido detectado, em outros estudos, nos óleos essenciais das folhas dessas espécies. A importância do Nerolidol para este estudo deve-se a seu uso como agente flavorizante, sendo utilizado em alimentos com a aprovação de agências reguladoras como a *Food and Drugs Administration* (FDA).

Para a continuidade da pesquisa, visando a produção de *grilling planks*, sugere-se:

- Aumentar o número de espécies estudadas e ampliar a área de sua busca e aquisição;
- Relacionar as propriedades estudadas, a fim de aumentar a amplitude dos resultados por amostragem;
- Incluir nos estudos o uso da técnica de cromatografia gasosa com percepção odorante, a olfatometria, que consiste na combinação da separação dos compostos por cromatografia gasosa com a detecção sensorial. Esta detecção irá permitir isolar os compostos responsáveis por odores característicos em cada espécie ou aromas buscados para associação com determinados alimentos;
- Fazer, em conjunto com cursos como Engenharia de Alimentos ou Gastronomia, análises sensoriais com o alimento preparado sobre a *grilling plank*,

buscando-se, assim, verificar a aceitação de cada espécie de madeira utilizada experimentalmente na confecção do produto.

REFERÊNCIAS

- ADANSON, A. W. **Physical Chemistry of Surfaces**. New Jersey: Wiley-Interscience, 1990.
- AGRA, M. F. et al. **Medicinal and poisonous diversity of the flora of "Cariri Paraibano", Brazil**. Journal of Ethnopharmacology, [S.l.], v. 111, p. 383-395 4 Maio, 2007.
- AMPESE, M. Análise do uso de diferentes madeiras locais em vinho tinto. Trabalho de conclusão de curso em tecnologia em viticultura e enologia, IFRS, Bento Gonçalves, RS. 2011
- ALMEIDA, T.C.A; Hough, G.; Damásio, M.H.; da SILVA, M.A.A.P. **Avanços em análise sensorial**- São Paulo -1999 – Livraria Varela pag.13.
- AMARAL, L. G. **Meliaceae**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1981. 56p. (Flora do Estado de Goiás. Publicação, 37).
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Chemical analysis of wood charcoal**. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, v. 410, p. 257-263, 1974.
- AQUINO, F. W. B. et al. **Phenolic compounds in imburana (Amburana cearensis) powder extracts**. European Food Research and Technology, Berlin, v. 221, p. 739-745, 2005.
- ARVORES DO BIOMA CERRADO. Disponível em: <<http://www.arvoresdobiomacerrado.com.br/site/2017/09/08/myrocarpus-frondosus-allemao/>>. Acesso em: Outubro 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 1997.
- BARSA, **Encycopédia Britannica do Brasil Publicações Ltda.**, 1999
- BERG, J.C. **Role of acid-base interactions in wetting and related phenomena**. In: BERG, J. C. (Ed). Wettability. New York: Marcel Dekker, 1993. Cap2, p.75-148.
- BIASI, L. A.; DECHAMPS, C. **Plantas aromáticas do cultivo à produção de óleo essencial**. 1 ed. Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, Curitiba, 2009. 160 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Quarto relatório nacional I para a convenção sobre diversidade biológica: Brasil**. Brasília, 2011.
- BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo, Nobel. 1991.
- CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais em madeira**. Barueri: Manole, 2003.

CANUTO, K.M 2007. **Aspectos químicos do estudo interdisciplinar (Química-Agronomia-Farmacologia) de *Amburana cearensis* A.C. Smith.** Fortaleza. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Química, UFC.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Embrapa: Brasília, 1994.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras.** EMBRAPA: Brasília Informação Tecnológica, Colombo: EMBRAPA Florestas, 2003.

CARVALHO, A. M. M. L. **Tecnologia da madeira.** Diamantina:UFVJM, 2005. 25p Apostila.

CHAN, C. M. **Polymer Surface Modification and Characterization.** New York: Hanser, 1994.

COLLINO, H. T. **Informativo ABIAM**, São Paulo, n.56, 2008. 5p. Disponível em <[HTTP://www.abiam.com.br/informativo%20ABIAM%2056.pdf](http://www.abiam.com.br/informativo%20ABIAM%2056.pdf)>. Acesso em: 06 Janeiro 2015.

CORREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil.** Rio de Janeiro: IBDF, v.4, p.237-247. 1969.

CORREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil.** Rio de Janeiro: IBDF, v.5, 1978.

CORREA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Brasília: Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984.

COSTA, A. P. R. **RENDIMENTO E PROCESSAMENTO DE PIAU-VERMELHO *leoporinus copelandii* STEINDACHNER, 1985, COLETADO EM AMBIENTE NATURAL.** Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campo dos Goytacazes – Rio de Janeiro. Janeiro 2005.

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA (CNCFLORA). [2012] Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/plataforma2/book/pub.php?id=9990>>. Acesso em: 09/04/2014.

DeBELL, J.D., et al. **Within stem variation in tropolone content and decay resistance of second-growth western red cedar.** 1999.

EMBRAPA. Banco de Imagens. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/672001/imbuia>> . Acesso em: Outubro 2018.

EMBRAPA Semi-Árido. **Usos de Plantas Jovens de *Amburana Cearensis* A. C. Smith: Alternativa para Preservação e Exploração Econômica da Espécie.** Documentos online 208. ISSN 1808-9992. Abril, 2008.

GARRICK, R. C., et al. **Fine-scale phylogeographic congruence despite demographic incongruence in two low-mobility saproxylic springtails.** Evolution. 2008.

GINDL, M. et al. Effects of surface ageing on wettability, surface chemistry and adhesion of wood, Holz as Roh-und Werkstoff, v. 62, n4. p.273-280, 2004.

GOLDSCHMIDT, O. **Ultraviolet Spectra Lignin: occurrence, formation, structure and reactions.** In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, G. H. (Eds.). New York: Wiley Interscience, 1971.

GONZALES, J.S. **Growth, properties and uses of western red cedar (*Thuja plicata* Donn ex D. Don).** Co-published by Western Red Cedar Lumber Association and Western Red Cedar Export Association. (Special publication, ISSN 0824-2119 ; no. SP-37R), March 2004.

GOURMET FISCHGRILLER, **Grilling planks for especially gentle and aromatic grilling The ideal accessories for the GOURMET FISHGRILL.** Disponível em <http://www.gourmet-fischgriller.de/epages/62822532.sf/en_GB/?ObjectPath=/Shops/62822532/Categories/Grillbretter> , Acesso em : 05 outubro 2017.

GOUVEIA, Flavia. **Indústria de alimentos: no caminho da inovação e de novos produtos.** Inovação Uniemp, v.2 n..5, pg.32-37, 2006.

GRILLJUNKIE. **Plank Grilling Pointers, Tips and History.** Disponível em : <<http://grilljunkiesguy.com/plank-grilling-tips-pointers/>> . Acesso em : 10 janeiro 2015.

HATTON, J.V.. **Western red cedar Kraft pulps.** Univ. of British Columbia. 1988.

INOUE, M. T.; RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S. **Projeto Madeira do Paraná.** Curitiba: FUPEF, 1984. 260 p.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES (IUCN). **IUCN Red List of Threatened Species.** 2013. Versão 2013.2. Disponível em:<<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 04 abr. 18.

IVANCHECHEN, S.L. **Estudo morfológico e terminológico do tronco e “casca” de 30 espécies arbóreas em Floresta Ombrófila Mista.** Dissertação 59 (Mestrado em Ciências Biológicas) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988. 221p.

JANKOWSKY.; CHIMELO, J. P.; CAVALCANTE, A. de A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J.C.S. **Madeiras brasileiras.** Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

JENNINGS, J. D. **Investigating the Surface Energy and Bond Performance of Compression Densified Wood.** 2003.160p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Madeira e Produtos Florestais) - Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State, Blacksburg 2003.

JIN, L.. ***Detoxification of thujaplicins in living western red cedar (Thuja plicata Donn) trees by microorganisms***. Ph.D. dissertation, Faculty of Forestry, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC. 1987.

JOHNSON, D. ***What's so special About Cedar Grilling Planks?*** Disponível em : <<https://www.grillbeast.com/blog/life-at-the-grill/whats-so-special-about-cedar-grilling-planks/>> , Acesso em : 05outubro 2017.

KLEIN, R. M. **Meliaceas**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1984.

KLOCK, U., MUÑIZ, G.I., HERNADEZ, J., ANDRADE, A.S. **Química da madeira**. Curitiba : UFPR, 2005.

LEAL, L. K. A. M. *et al.* ***Anti-inflammatory and smooth muscle relaxant activities of the hydroalcoholic extract and chemical constituents from Amburana cearensis A. C. Smith***. Phytotherapy Research, v.17, p.335-340, 2003.

LEAL, L. K. A. M. *et al.* ***Amburoside A, a glucoside from Amburana cearensis, protects mesencephalic cells against 6-hydroxydopamine-induced neurotoxicity***. Neurosciences Letters, v. 388, p. 86-90, 2005.

LEAL, L. K. A. M. **Contribuição para a validação do uso medicinal de Amburana cearensis (cumaru): estudos farmacológicos com o isocampferídio e o amburosídeo**. 2006. Tese (Doutorado em Farmacologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006a.

LEAL, L. K. A. M. *et al.* ***Mechanisms underlying the relaxation induced by isokaempferide from Amburana cearensis in the guinea-pig isolated trachea***. Life Sciences, v. 79, p. 98-104, 2006.

LEITE, E. J.. Stage-of-knowledge on *Amburana cearensis* for genetic conservation. **Brazil Journal for Nature Conservation**, [S.l.], v. 13, p. 49-65, 2005.

LIPTÁKOVÁ, E., KÚDELA, J. ***Analysis of the wood wetting process, Holzforschung***, v.48, p.139-144, 1994.

LONG, J.; HYDER, M.N.; HUANG, R.Y.M.; CHEN, P. **Thermodynamic modeling of contact angles on rough, heterogeneous surface**. Colloid Interface Science, v. 1-3, n.1, p.173-190, 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarium, 1992.

LORENZI, Harri. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, 2ªed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5ª ED. Nova Odessa: Plantarium, 2008.

MAIA, Gerda Nickel. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D & Z. 2004. p. 413.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

MARCHIORI, J.N.C.; Dendrologia das angiospermas: Leguminosas. Editora UFSM: Santa Maria, RS, 1997.

MÁRQUEZ, M. D. R., **Plantas aromáticas: tratado de aromaterapia científica**. 1ª Ed. Buenos Aires, Kier 2004.

MARSHALL, D.D., BeBELL, D.S.. ***Stem characteristics and wood properties: essential considerations in sustainable multipurpose forestry regimes***. In proceedings of Wood compatibility Initiative Workshop, Washington USA. 2001.

MARTINS, A. P.; SALGUEIRO, L.R.; CUNHA, A. P. da; **Chemical composition of the bark oil of *Cedrela odorata* from S. Tomé and Príncipe**. J. Essent. Oil Res., 15,422-424, November/December 2003.

MAURO Oguanandi wikimedia.org . Disponível em: <<https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Cedrela+fissilis>> . Acesso em : Outubro 2018.

MINORE, D., ***Western red cedar – a literature review***. USDA, Pac. Northw. For. Range. Expt. Sta. Portland. OR. Gen Tech. Rep. 1983.

MIYAUCHI, T.; MORI, M.; ITO, K. **Quantitative determination of benzalkonium chloride in treated wood by solid-phase extraction followed by liquid chromatography with ultraviolet detection**. Journal of Chromatography A, v. 1095, n. 1-2, p. 74-80, 2005.

NANTES, J. F. D.; ABREU, A.; LUCENTE, A. R. ***The role of technology in the development of new products: a study in the food industries***. Product: Management & Development, v. 4, n.1, p. 45-52, June 2006.

NREL - NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. Disponível em: <<https://www.nrel.gov/biomass/biorefinery.html>> . Acesso em: julho de 2012.

PANSHIN, A.J. & DE ZEEUW, C. , ***Textbook of wood technology***. 3.ed. New York, McGraw-Hill, 1970.

PATÍÑO, V. F. ***Genetic resources of *Swietenia* and *Cedrela* in the Neotropics: Proposals for Coordinated Action***. Rome Italy. 1997. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/006/ad111e/AD111E00.htm>. Consultado em: 16/09/2013

PIROS, J.. ***Truck Logger, cedar Unlimited Part I***, Spring 2003.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira Santa Catarina**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. São Paulo: Edgard Blucher, 1978. (Plantas do Brasil)

ROÇA, R. O. **Defumação de carne**. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/portal/>> Acesso em: março 2009.

ROQUE, A. A. **Potencial de uso dos recursos vegetais em uma comunidade rural dosemiárido do Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

ROWE, J.W. **Natural products of woody plants 1: chemicals extraneous to the lignocellulosic cell wall**, 1989

RUSSELL, J.. BC Min. For., Res. Sta., Cowichan Lake, Vancouver Is., BC. **Personal communication**. 2003.

SANTOS, P.E.T.; GARCIA, J.N.; GERALDI, I.O. **Posição da tora na árvore e sua relação com a qualidade da madeira serrada de Eucalyptus grandis**. Scientia Florestalis, Piracicaba, n.66, 2004.

SIAU, J.F. **Transport process in wood**. Berlin : Springer - Verlag, 1984.

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.

STEWART, H., **Douglas and McIntyre**, Vancouver, Canada. 1984.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAKAKU, S. HABER, W. A., SETZER, W. N. **Leaf essential oil composition of 10 species of Ocotea (Lauraceae) from Monteverde, Costa Rica**. Biochemical and Ecology v. 35 p. 525-532. 2007

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Preparation of wood for chemical analysis**. In: Test methods. Atlanta, 2007. 376 p.

TISIRI, D.; GRAIKOU, K.; POBLOCKA-OLECH L.; KRAUZE-BRANOWKA M.; SPYRAPOULOS C.; CHINOU I. **Chemosystematic value of the essential oil composition of Thuja species cultivated in Poland - antimicrobial activity**. Molecules, 14, 4707-4715. 2009.

TRAIL, B. **Structural changes in the European food industry: consequences for innovation**. In: TRAIL, B. ; GRUNERT, K. G. Product and Process Innovation in the Food Industry, Suffolk: Chapman & Hall, 1997.

TRUGILHO, P.F. **Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na**

madeira em espécies de *Eucalyptus*. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1228-1239, set./out. 2009.

TUNER, N.J., ***The Plant Technology of the First Peoples in British Columbia***. UBC. Press, Vancouver Canadá, 1998.

VAN GROENENDAEL, J. M.; BULLOCK, S. H.; PÉREZ-JIMÉNEZ, L. A. **Aspects of the population biology of the gregarious tree *Cordia elaeagnoides* in mexican tropical deciduous forest**. Journal of Tropical Ecology, v.12, p.11-24, 1996.

WALINDER, M. E. P.; JOHANSSON, I. ***Measurement of wood wettability by wilhelmy method***. *Holzforschung*, v.55, pt.1, p. 21-32, 2001.

WATSON, L.; FALLWITZ, M. J. **The families of flowering plants: descriptions and illustrations**. 1995.

WEYERSTAHL, P.; WAHLBURG, H. C.; SPLITTGERBER, U.; MARSCHALL, H. **Volatile constituents of Brazilian Phoebe Oil**. Flavor and Fragrance Journal v.9 n.4 p.179-186. 1994.

WOODDATABASE. Disponível em : <https://www.wood-database.com>, Acesso em : outubro 2017.

WU, L.; BAGHDACHI, J. **Functional polymer coatings: principles, methods and applications**. Wiley, 2015.

ZAU, M. D. L.; VASCONCELOS, R. P. de; GIACON, V. M.; LAHR, F. A. R. **Avaliação das propriedades química, física e mecânica de painéis aglomerados produzidos com resíduos de madeira da Amazônia - Cumaru (*Dipteryx odorata*) e resina poliuretana à base de óleo de mamona**. Polímeros, São Carlos, v.24, n.6, p.726-732, Dez. 2014.

ZHANG, X.; NGUYEN, D.; PAICE, M. G.; TSANG, A.; RENAUD, S. **Degradation of wood extractives in thermo-mechanical pulp by soybean lipoxigenase**. Enzyme and Microbial Technology, v. 40, n. 4, p. 866-873, 2007.

ZENID, G.J. **Identificação e agrupamento das madeiras serradas empregadas na construção civil habitacional na cidade de São Paulo**, 1997. 169p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba 1997.

ZOSCHKE, HARALD. **Grillen & BBQ, Sonstiges**. Disponível em : <<http://pepperworld.com/mit-der-grillplanke-grillen-wie-die-profis-teil-1>> , Acesso em : 05 outubro 2017.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 - Comparação entre os cromatogramas por técnica de extração utilizada

Comparativo dos cromatogramas da análise de GC-MS dos óleos essenciais obtidos por hidrodestilação

Amburana (em preto), cabreuva (em rosa), cedro rosa (em azul), Imbuia (em marrom) e thuja (em verde).

Comparativo dos cromatogramas da análise de GC-MS dos óleos essenciais obtidos por Soxhlet

Amburana (em preto), cabreuva (em rosa), cedro rosa (em azul), Imbuia (em marrom) e thuja (em verde).

Comparativo dos cromatogramas da análise de GC-MS dos óleos
essenciais obtidos por headspace