

Débora Caline de Mello

**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE QUATRO ESPÉCIES  
NATIVAS DE OCORRÊNCIA NO PLANALTO SERRANO  
CATARINENSE**

Curitibanos

2018



Débora Caline de Mello

**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE QUATRO ESPÉCIES NATIVAS DE  
OCORRÊNCIA NO PLANALTO SERRANO CATARINENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Profa. Dra. Karina Soares Modes

Curitibanos

2018

Mello, Débora Caline de  
Caracterização da madeira de quatro espécies  
nativas de ocorrência no Planalto Serrano  
Catarinense / Débora Caline de Mello ; orientador,  
Karina Soares Modes, 2018.  
56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,  
Curitibanos, 2018.

Inclui referências.

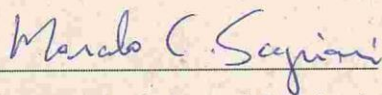
1. Engenharia Florestal. 2. Flexão estática. 3.  
Espécies nativas. 4. Tecnologia da madeira. I.  
Soares Modes, Karina. II. Universidade Federal de  
Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal.  
III. Título.

Débora Caline de Mello

**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE QUATRO ESPÉCIES NATIVAS DE  
OCORRÊNCIA NO PLANALTO SERRANO CATARINENSE**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora

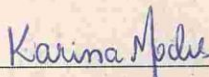
Curitiba, 04 de dezembro de 2018.



Prof. Marcelo Callegari Scipioni, Dr.

Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



Profa. Karina Soares Modes, Dr.

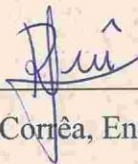
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Magnos Alan Vivian, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina



Ronan Corrêa, Eng. Florestal

Este trabalho é dedicado aos meus familiares e professores, que com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais Vanderléa e Marcos e as minhas irmãs Camila e Sabrina pelo apoio e incentivo nas horas difíceis, saibam que vocês foram e sempre serão minha inspiração.

A todos os amigos e colegas, que de alguma forma colaboraram para essa grande conquista. Vocês foram fundamentais para minha formação, merecem o meu eterno agradecimento.

Sou grata a todos os professores que contribuíram com a minha trajetória acadêmica, especialmente a profa. Dra. Karina Soares Modes, responsável pela orientação do meu projeto, que em conjunto com o prof. Dr. Magnos Alan Vivian despertaram a paixão pela área da tecnologia da madeira. A prof. Dra. Sonia Purin da Cruz pela amizade, carinho, paciência nesses anos de orientação de iniciação científica, meu eterno agradecimento.

Agradeço especialmente ao Ari William pelo companheirismo, paciência, dedicação e apoio nas horas difíceis e por ter proporcionado muitos momentos de alegria apesar das dificuldades.

## RESUMO

De maneira geral, nota-se escassez de informações referentes a espécies nativas na literatura. Levando em consideração a rica diversidade de espécies florestais distribuídas ao longo do território brasileiro é extremamente interessante estudos tecnológicos a fim de descobrir possíveis alternativas viáveis economicamente para o setor madeireiro. O presente estudo objetivou caracterizar as propriedades anatômicas, físicas e mecânicas da madeira das espécies nativas *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (mamica), *Sapium glandulosum* (L.) Morong (pau leiteiro), *Solanum mauritianum* Scop. (fumo bravo) e *Ocotea puberula* (Rich.) Nees (canela guaicá). Foram selecionadas aleatoriamente três árvores de cada espécie das quais retirou-se uma tora para a confecção de corpos de prova para a determinação das propriedades anatômicas, físicas e mecânicas. Para a caracterização anatômica, foram confeccionados corpos de prova com dimensões 2,0 x 2,0 x 2,0 onde foram realizados cortes histológicos dos três planos anatômicos da madeira que foram analisados qualitativamente e quantitativamente e comparados com o já relatado na literatura para as mesmas espécies. Para a determinação das propriedades mecânicas foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 2,0 x 2,0 x 30,0 cm que foram separados em dois lotes de 30 peças cada, sendo um submetido ao condicionamento em câmara com controle de temperatura a 20°C e umidade relativa de 65% e o outro submetido à imersão em água até completa saturação da parede celular. Após a madeira de cada espécie de ambos os lotes foi submetida ao ensaio de flexão estática em máquina universal de ensaios mecânicos. De maneira geral, a madeira das referidas espécies é anatomicamente próxima ao relatado na literatura. As espécies que mais se destacaram por possuírem maiores valores de densidade básica, resistência e rigidez a flexão estática foram as espécies *Z. rhoifolium*, *S. mauritianum* e *O. puberula*. A presença de água na madeira reduziu consideravelmente a elasticidade e resistência das madeiras. Para a rigidez a espécie mais favorecida pela secagem da madeira foi *S. glandulosum* e no que se refere à resistência a espécie *O. puberula*.

**Palavras-chave:** Resistência. Rigidez. Espécies nativas

## ABSTRACT

In general, there is scarcity of information regarding native species in the literature. Taking into account the rich diversity of forest species distributed throughout the Brazilian territory, technological studies are extremely interesting in order to discover possible economically viable alternatives for the timber sector. The present study aimed to characterize the anatomical, physical and mechanical properties of the wood of native species *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (mamica), *Sapium glandulosum* (L.) Morong (pau leiteiro), *Solanum mauritianum* Scop. (fumo bravo) and *Ocotea puberula* (Rich.) Nees (canela guaicá). Three trees of each species were randomly selected from which a log was taken for the preparation of specimens for the determination of anatomical, physical and mechanical properties. For the anatomical characterization, specimens with dimensions 2.0 x 2.0 x 2.0 were prepared, where histological sections of the three anatomical planes of the wood were analyzed, which were analyzed qualitatively and quantitatively and compared to the already reported in the literature for the species. For the determination of the mechanical properties were made specimens with dimensions of 2.0 x 2.0 x 30.0 cm that were separated into two batches of 30 pieces each, one being subjected to conditioning in a camera with temperature control at 20 ° C and relative humidity of 65% and the other subjected to immersion in water until complete saturation of the cell wall. After the wood of each species of both lots was submitted to the static bending test in a universal machine of mechanical tests. In general, the wood of said species is anatomically close to that reported in the literature. The species that had the highest values of basic density, Strength and stiffness were the *Z. rhoifolium*, *S. mauritianum* and *O. puberula* species. The presence of water in the wood greatly reduced the elasticity and strength of the wood. For Stiffnes the species most favored by drying the wood was *S. glanulosum* and with regard to Strength to *O. puberula* species.

Keywords: Strength. Stiffnes. Native species



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Morfologia da espécie <i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees. . . . .	18
Figura 2 – Morfologia da espécie <i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong. . . . .	19
Figura 3 – Morfologia da espécie <i>Solanum mauritianum</i> Scop. . . . .	20
Figura 4 – Morfologia da espécie <i>Zhantoxylum rhoifolium</i> Lam. . . . .	21
Figura 5 – Procedimento de preparação de lâminas histológicas. . . . .	26
Figura 7 – Caracterização anatômica de <i>O. puberula</i> . . . . .	31
Figura 8 – Caracterização anatômica de <i>S. glandulosum</i> . . . . .	33
Figura 9 – Caracterização anatômica de <i>S. mauritianum</i> . . . . .	35
Figura 10 – Caracterização anatômica de <i>Z. rhoifolium</i> . . . . .	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros mensurados nos elementos anatômicos e a seção de observação. ....	26
Tabela 2 – Características anatômicas quantitativas e qualitativas de <i>O. puberula</i> . ....	32
Tabela 3 – Características anatômicas quantitativas e qualitativas de <i>S. glandulosum</i> . ....	34
Tabela 4 – Características anatômicas quantitativas e qualitativas da <i>S. mauritianum</i> . ....	36
Tabela 5 – Características anatômicas quantitativas e qualitativas da <i>Z. rhoifolium</i> . ....	38
Tabela 6 – Densidade Básica e Aparente nas condições climatizada e saturada para as espécies <i>Ocotea puberula</i> , <i>Sapium glanulosum</i> , <i>Solanum mauritianum</i> e <i>Zhanthoxylum rhoifolium</i> . ....	39
Tabela 7 – Comparação de médias dos parâmetros observados para as condições de umidade a 12% e saturada. ....	41
Tabela 8 – Correlações de Pearson entre as propriedades físicas e mecânicas avaliadas. ....	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

COPANT – Comisión Panamericana de Normas Técnicas

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

IBF – Instituto Brasileiro de Florestas

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MMA – Ministério do Meio Ambiente

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS .....	16
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>16</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
2.2	DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES .....	17
2.2	PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA.....	22
2.2.1	<b>Propriedades anatômicas</b> .....	22
2.2.2	<b>Propriedades físicas</b> .....	23
2.2.3	<b>Propriedades mecânicas</b> .....	23
2.2.3.1	Elasticidade e Plasticidade.....	23
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
3.1	COLETA E PREPARAÇÃO DO MATERIAL .....	25
3.2	DESCRIÇÃO ANATÔMICA .....	25
3.3	PROPRIEDADES FÍSICAS .....	27
3.4.1	Flexão Estática.....	28
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
4.1.2	<i>Ocotea puberula</i> .....	32
4.1.3	<i>Sapium glandulosum</i> .....	32
4.1.4	<i>Solanum mauritanum</i> .....	34
4.1.5	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> .....	36
4.2	PROPRIEDADES FÍSICAS.....	39
4.2.2	<b>Densidade Básica e Aparente</b> .....	<b>39</b>
4.3	ENSAIO MECÂNICO DE FLEXÃO ESTÁTICA .....	41

<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>46</b>
	<b>APÊNDICE A – ANOVA Flexão estática .....</b>	<b>52</b>

## 1.INTRODUÇÃO

De acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente (2018), o bioma Mata Atlântica originalmente ocupava uma área de 1,3 milhões de km<sup>2</sup>, que corresponde a 13,04% do território nacional, tendo uma formação original abundante e diversificada acompanhando as características climáticas da região onde ocorre. No estado de Santa Catarina, por exemplo, deste bioma que cobria originalmente 100% da sua área total atualmente restam apenas 23,1% (INPE, 2009).

O desmatamento da região do Planalto Serrano Catarinense se deu a partir dos anos 30, no entanto, o auge da exploração se deu nos anos 50 com a abertura de vias de escoamento do produto por ferrovias e rodovias pavimentadas (SEBRAE, 2016). Nesse período, houve um desenvolvimento exacerbado em meio à exploração da madeira de Araucária nativa (*Araucaria angustifolia* Bertol. Kuntze.) (SEBRAE, 2016).

Na década de 80, com a escassez da madeira nativa muitas serrarias foram desativadas. A economia madeireira da região teve que passar por uma readaptação nesse período, encontrando a solução no reflorestamento em grande escala, baseado quase que exclusivamente em espécies exóticas dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (SEBRAE, 2016). Mesmo assim, a Mata Atlântica ainda se destaca pela exuberante e biodiversa fauna e flora que possui, representando uma importante fonte de bens e serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar da população (SILVA, 2013).

Com base na análise das tendências de mercado e com a crescente consciência crítica ambiental sobre a necessidade do uso sustentável de espécies nativas para o abastecimento do setor madeireiro, é possível afirmar que produtos de origem de plantações com espécies nativas deverá crescer não apenas no Brasil, mas também em nível mundial (MMA, 2006).

Atualmente o cultivo de árvores nativas é utilizado de forma abundante para fins conservacionistas, principalmente para restauração de área degradadas (MMA, 2006). Entretanto, com a redução da oferta de madeiras tropicais de qualidade no mercado interno e externo, o plantio florestal de espécies nativas se torna atrativo de modo que já há uma adaptabilidade natural das mesmas, crescimento rápido com um alto valor agregado da madeira, e que com investimentos em melhoramento genético, podem apresentar elevada produtividade tornando-se mais viáveis para fins econômicos (IBF, 2017).

Dentro deste contexto, segundo o artigo 31º da Lei Federal 12.651 de 2012, o Código Florestal Brasileiro, as florestas nativas podem ser exploradas mediante Plano de Manejo

Florestal Sustentável (BRASIL, 2012). O plano de manejo deve assegurar a exploração e a conservação da floresta, através do ciclo de corte compatível com o reestabelecimento do volume extraído e incremento da regeneração natural. A referida lei, no artigo 22º ainda possibilita a utilização da Reserva Legal, de maneira comercial desde que a cobertura vegetal não seja descaracterizada, seja mantida a diversidade das espécies e favoreça regeneração de espécies nativas (BRASIL, 2012)

No entanto, em relação ao volume de espécies nativas existentes e as necessidades emergentes do setor florestal, pode-se afirmar que os estudos tecnológicos das madeiras nativas ainda são deficientes, o que poderia revelar possíveis alternativas de uso com maior valor agregado para o setor (LOBÃO, 2010).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Caracterizar as propriedades anatômicas, físicas e mecânicas da madeira das espécies nativas *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (mamica); *Sapium glandulosum* (L.) Morong (pau leiteiro); *Solanum mauritianum* Scop. (fumo bravo) e *Ocotea puberula* (Rich.) Nees (canela guaicá) de ocorrência no planalto Serrano Catarinense.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar a caracterização anatômica das madeiras;
- ✓ Determinar as propriedades físicas de densidade básica, densidade verde e densidade aparente a 12% de umidade das espécies;
- ✓ Determinar as propriedades mecânicas de resistência e rigidez das madeiras submetidas ao ensaio de flexão estática a teores de umidade acima do Ponto de Saturação das Fibras (PSF) e a 12% de umidade;
- ✓ Realizar correlações entre as variáveis analisadas para verificar o grau de influência.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.2 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES

#### 2.1.1 *Ocotea puberula* (Rich.) Nees

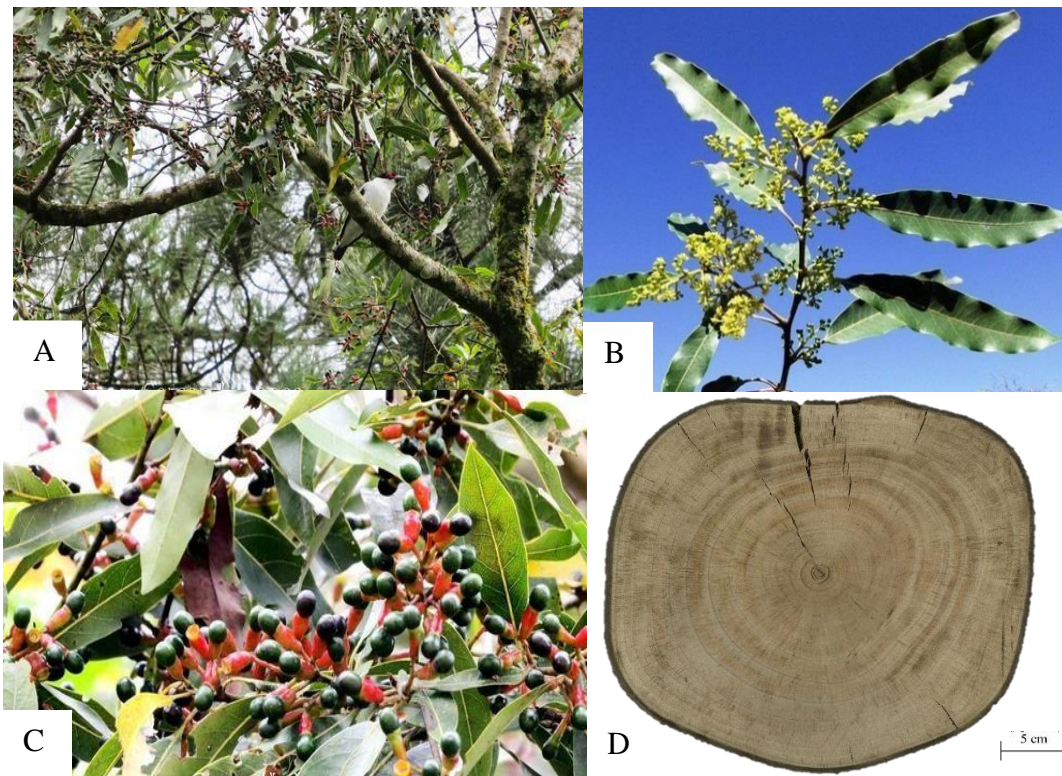
Vulgarmente conhecida como canela guaicá ou canela pimenta a *Ocotea puberula* (Rich.) Nees pertence à família Lauraceae. Ocorre naturalmente no sul do Brasil nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, no norte e nordeste da Argentina e no sul da Bolívia (CARVALHO, 2002).

A canela guaicá é uma espécie perenifólia secundária inicial, no entanto invade clareiras e locais já explorados (Figura 1A). Sua altura pode atingir até 25 m e 90 cm de DAP. O tronco é cilíndrico reto. As suas folhas são simples, alternas e lanceoladas (Figura 1B). É uma espécie dióica. A polinização é realizada principalmente por abelhas e outros insetos. A floração ocorre entre os meses de abril e agosto, produzindo flores pequenas de coloração branca e bege (Figura 1B). A frutificação ocorre entre os meses de novembro a fevereiro com frutos subgloboso (Figura 1C) (CARVALHO, 2002).

A madeira da canela guaicá não possui distinção entre cerne e alburno (Figura 1D) pode ser destinada para fins de madeira serrada e roliça, principalmente para ambientes internos, devido a sua baixa resistência mecânica e a xilófagos; pode ser usada na marcenaria e carpintaria, estrutura de móveis, caixas, móveis populares, portas, painéis, forro, tabuado, embalagens em geral, laminação, compensado de base para lâminas nobres e revestimento para interiores, além de celulose e papel (MAINIERI, 1973).



Figura 1 – Morfologia da espécie *Ocotea puberula* (Rich.) Nees. Indivíduo jovem da canela guaica (A); Folhas simples, alternas, ramo com floração (B); Ramo com presença de frutos (C); Madeira sem distinção de cerne e albúrnio (D).



Fonte: LOPES (2015); VIEIRA (2017).

### 2.1.2 *Sapium glandulosum* (L.) Morong

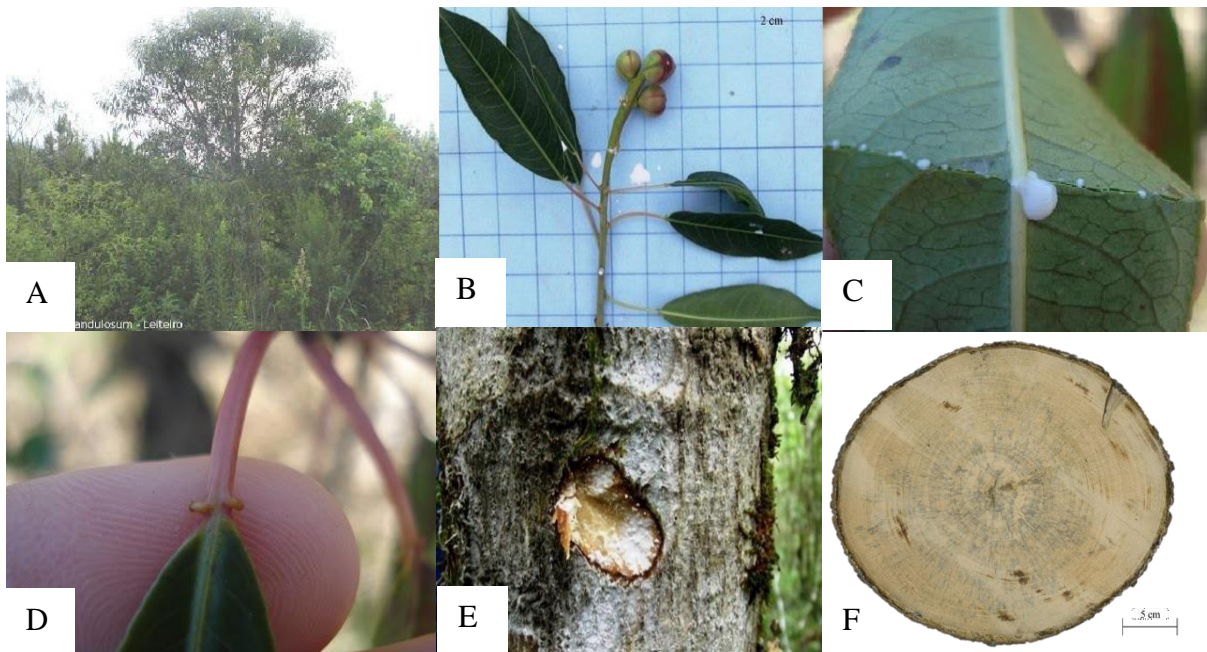
Essa espécie pertence à família das Euphorbiaceae, conhecida popularmente como pau leiteiro, mofumbo do rio, leiteira, murupita e benedita. É naturalmente encontrada nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste, e Sul do Brasil (CORDEIRO et.al., 2010).

Trata-se de uma espécie monóica pioneira, podendo estar presente em florestas secundárias ou clímax exigente a luz (Figura 2A), é caducifólia de rápido crescimento, sua altura atinge até 18 m e seu diâmetro 40 cm. Suas folhas são simples alternas espiraladas e quando quebrada solta um látex branco característico (Figura 2B e 2C), possuem par de glândulas no ápice do pecíolo (Figura 2D). A floração ocorre entre novembro e dezembro, com a polinização realizada por abelhas e outros insetos, as flores são brancas e abundantes. A frutificação ocorre em janeiro produzindo frutos deiscentes lenhosos, com uma semente por fruto (Figura 2B) (CARVALHO, 2010).

A espécie não é recomendada para o uso ornamental devido ao seu sistema radicular. Segundo Cordeiro et al. (2010), madeira é branca ou levemente amarelada (Figura 2F) pode

ser utilizada para caixotaria, ripas, lenha e carvão, enquanto que do látex da planta pode ser fabricada borracha de boa qualidade (CARVALHO, 2010).

Figura 2 – Morfologia da espécie *Sapium glandulosum* (L.) Morong. Indivíduo de pau leiteiro (A); Folhas simples espiraladas com fruto carnosos, no ápice do ramo (B); Latéx branco exsudada pela folha (C); glândulas de látex no ápice do pecíolo (D); Casca quando ferida apresenta exsudato do tipo látex branco (E); Madeira esbranquiçada (F).



Fonte: SCHWIRKOWKI (2002); LOPES (2018); VIEIRA (2017).

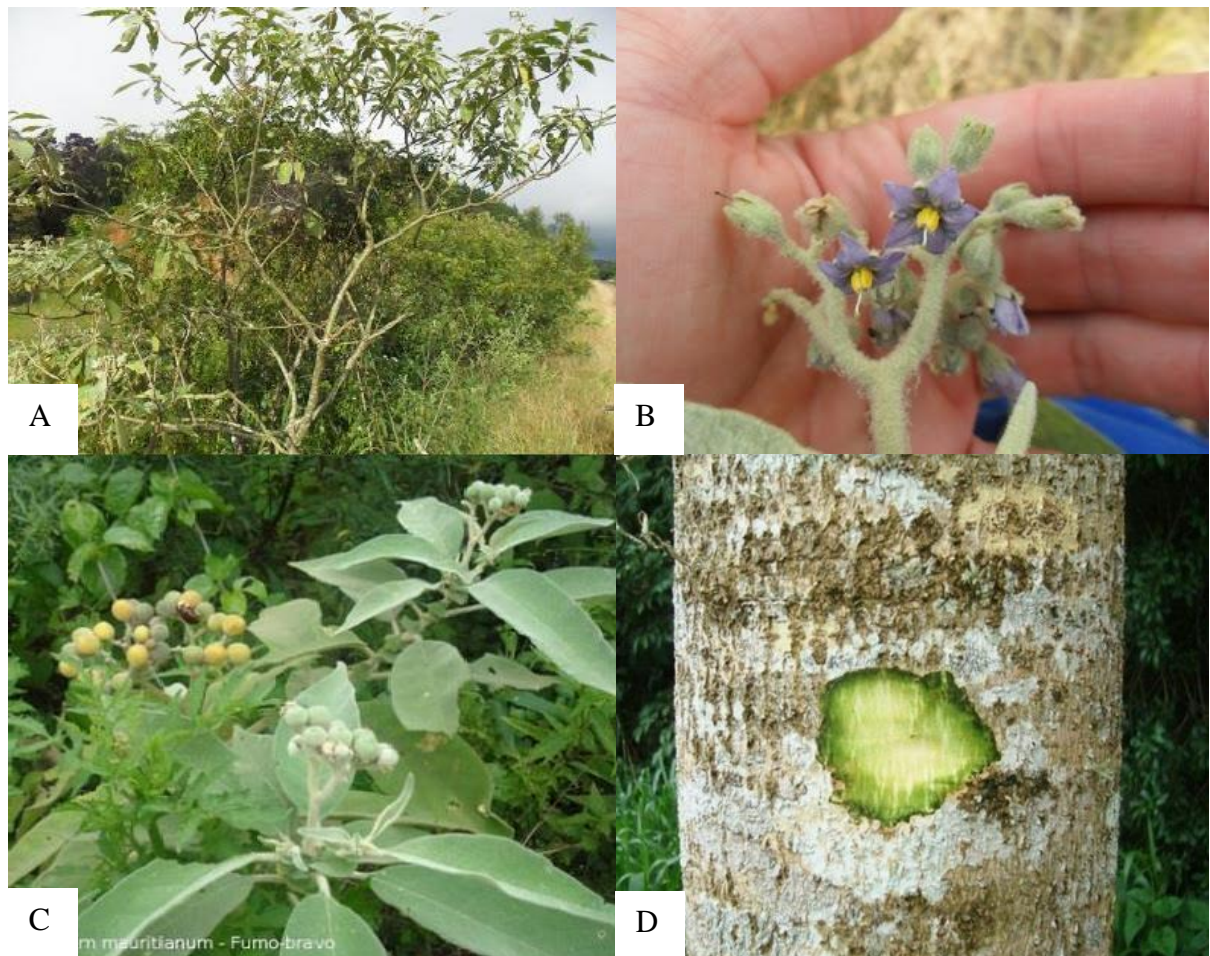
### 2.1.3 *Solanum mauritianum* Scop.

Pertencente à família da Solanaceae, a espécie *Solanum mauritianum* Scop é conhecida popularmente como fumo-bravo, cuvitinga, couvetinga, tabaqueira, fona-de-porco. A ocorrência natural abrange o Norte da Argentina, Uruguai, Paraguai e sul do Brasil (CORADIN et al., 2011).

É uma arvoreta perenifólia, podendo atingir até 13 m de altura e 30 cm de DAP (Figura 3A). A casca externa é acinzentada (Figura 3D), suas folhas são simples alternas cobertas por tricomas (Figura 3C). A espécie é monóica com floração nos meses de setembro a novembro, as flores são de cor amarelas e roxas (Figura 3B), onde a polinização é realizada por abelhas e pequenos insetos. A frutificação ocorre nos meses de dezembro a março (CARVALHO, 2008).

Atualmente utilizada como recurso forrageiro para gado, espécies do gênero *Solanum* recebem especial atenção da comunidade científica, pois contém alcaloides-esteroidais de grande interesse farmacêutico (CORADIN et al. 2011).

Figura 3 – Morfologia da espécie *Solanum mauritianum* Scop. Árvore de Fumo Bravo (A); Floração (B); Folhas simples e alternas coberto por tricomas (C); tronco da árvore acinzentada (D).



Fonte: LOPES (2017); SCHWIRKOWKI (2015).

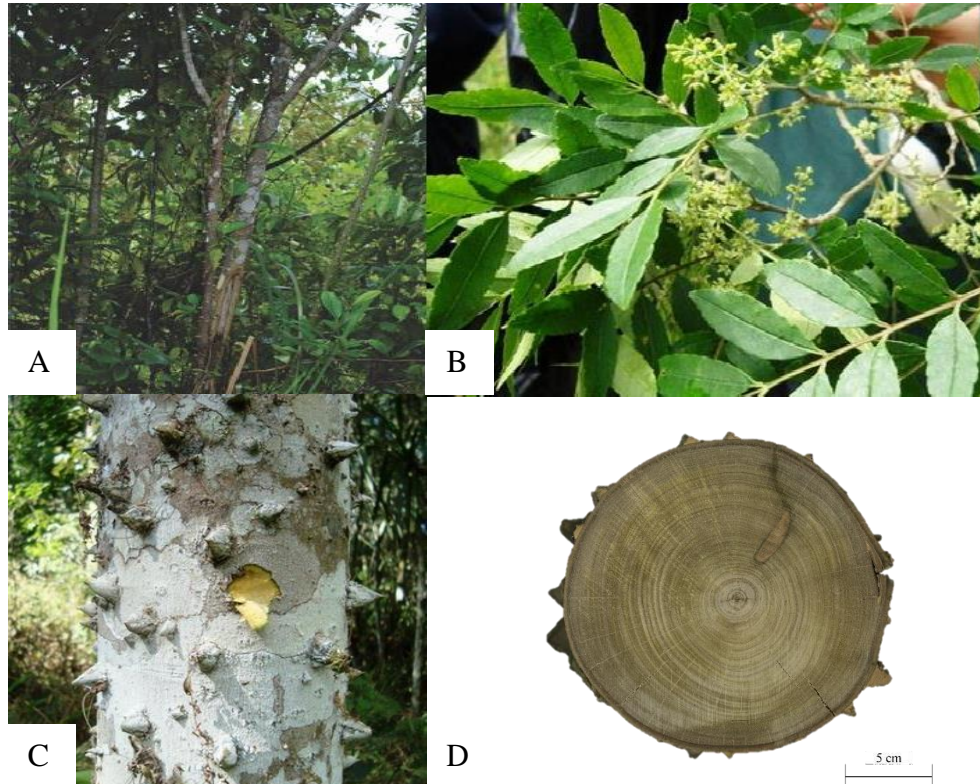
#### 2.1.4 *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

Pertencente à Família Rutaceae, *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., é conhecida popularmente como juvevê, mamica-de-cadela, juva, jubebê, teta-de-cadela, espinho-de-vintém, guarita, tembetaru. É uma espécie pioneira, característica da Mata Atlântica, que ocorre nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além da floresta Semidecídua de Altitude (Figura 4A) (EMBRAPA, 2010).

A mamica de cadela é uma espécie dióica cuja floração ocorre entre os meses de agosto a novembro, com flores esbranquiçadas e pequenas (Figura 4B), que são polinizadas principalmente por abelhas. A frutificação ocorre entre os meses de dezembro a março, com frutos possuindo uma cápsula carnosa e globulosa. Seu tronco pode chegar a 30-40 cm de diâmetro, caracterizado por ser reto, apresentando acúleos que podem produzir protuberâncias lenhosas com o tempo (Figura 4C). As folhas são imparipinadas a paripinadas, com folíolos possuindo ou não acúleos na face inferior (Figura 4B) (CARVALHO, 2006).

A madeira da mamica de cadela pode ser destinada a diversos usos como construção civil, marcenaria, carpintaria, para cabos de ferramentas e outros instrumentos agrícolas, utensílios domésticos, lenha, carvão e celulose (Figura 4D). É uma espécie interessante para o uso de arborização urbana em virtude de sua forma e densidade da copa, que proporciona boa sombra. Recomenda-se o uso dessa espécie para reflorestamentos de áreas degradadas (CARVALHO, 2006; LORENZI, 2002).

Figura 4 – Morfologia da espécie *Zhantoxylum rhoifolium* Lam. Indivíduo jovem de Mamica (A); Folhas compostas alternas paraimpinadas com inflorescência, (conjunto de flores) no ápice do ramo (B); Fuste com a presença de acúleos(C); madeira da referida espécie (D).



Fonte: COSTA et al. (2014); LOPES, (2012); VIEIRA, (2017).

## 2.2 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA

A madeira é um material biológico e heterogêneo em relação às suas características e propriedades, tanto entre espécies como entre indivíduos de mesma espécie e até mesmo dentro do próprio indivíduo (BURGER; RICHTER, 1991). A determinação de suas propriedades tecnológicas é importante de modo a obter o conhecimento a respeito do seu potencial de utilização (BURGER; RICHTER, 1991). Dentre as características tecnológicas mais importantes que se deve conhecer de uma determinada espécie madeireira, encontram-se as propriedades físicas, mecânicas e anatômicas (MIRANDA et al., 2012).

### 2.2.1 Propriedades anatômicas

A madeira é um conjunto heterogêneo de células que desempenham papéis vitais como condução de líquidos, transformação, armazenamento e transporte de substâncias nutritivas além da sustentação do vegetal (BURGER; RICHTER, 1991).

As propriedades anatômicas são importantes parâmetros para dar uma melhor finalidade de uso a madeira, identificação de espécies, prever o comportamento da madeira a respeito de sua utilização (BURGER; RICHTER, 1991).

O material lenhoso presente na árvore é conhecido como xilema secundário, tecido complexo formado por diversos tipos de células que estão organizados em sistema axial e radial (GLÓRIA; GUERREIRO, 2003). Em espécies folhosas os elementos que fazem parte do sistema axial são os vasos, compondo de 6 a 60% do xilema, parênquima axial até 15%, e fibras 15 a 80% do lenho. Com relação ao sistema radial, encontramos parênquima radial que compõe de 4 a 30% do xilema (BURGER; RICHTER, 1991).

As propriedades tecnológicas da madeira estarão intimamente ligadas as suas características anatômicas. Na seção transversal, por exemplo, os vasos recebem o nome de poros, a forma como estão dispostos, bem como a quantidade e tamanho nos fornecem informações importantes de identificação de espécies dentro de cada gênero, e propriedades tecnológicas da madeira, como massa específica, comportamento na secagem, impregnação e ou absorção de tintas, vernizes, preservantes, etc (BURGER; RICHTER, 1991).

### **2.2.2 Propriedades físicas**

A madeira possui diversas propriedades físicas tais como densidade, retratibilidade, umidade, condutividade térmica e sonora, dentre outras (ZIECH, 2008). No entanto, para dar uma melhor finalidade industrial ou estrutural a uma determinada espécie, as propriedades que são mais utilizadas nesse âmbito são as de densidade e retratibilidade (ZIECH, 2008).

A densidade é importante parâmetro referencial de qualidade da madeira para determinados usos, pois está diretamente relacionada a resistência do material (MELLO, 2007). Conceitualmente, a densidade trata-se da quantidade de massa contida por unidade de volume (DIAS; LAHR, 2004). Por influência da umidade da amostra, a densidade pode ser determinada de diversas formas, sendo as mais usuais a densidade básica e a densidade específica aparente ou massa específica aparente, sendo a primeira a relação entre a massa da madeira seca em estufa, com seu volume saturado e a segunda a relação entre a massa e o volume com mesmo teor de umidade (DIAS; LAHR, 2004). As normas regulamentadoras de ensaios físicos a exemplo da norma, NBR 7190 (1997) da Associação Brasileira de Normas Técnicas, adota a umidade de referência de 12% para cálculo da densidade aparente. De forma geral, quanto maior for a densidade, maiores serão suas propriedades mecânicas e elásticas, porém esta relação pode não existir pela presença de defeitos ou de variações anatômicas expressivas neste material (MORESCHI, 2014).

### **2.2.3 Propriedades mecânicas**

As propriedades mecânicas da madeira atuam em resposta a esforços externos, que será afetado pela direção da carga em relação as fibras ou traqueóides, a duração da carga, densidade, teor de umidade e temperatura da madeira (MORESCHI, 2014; BARALDI; CALIL JUNIOR; 2002)

#### **2.2.3.1 Elasticidade e Plasticidade**

Dentre os ensaios mecânicos de laboratório que podem ser aplicados a madeira existe o ensaio de flexão estática, que consiste na aplicação de carga no centro de um corpo de prova em repouso sobre dois apoios, causando tensões e deformações mensuráveis até sua ruptura. Este ensaio deve seguir criteriosamente a normas estabelecidas (MORESCHI, 2014). Quando

a madeira é submetida ao ensaio de flexão ocorrem esforços de tração e compressão. Ao longo do avanço do embolo da máquina de ensaios essas tensões se distribuem de forma variável no interior do corpo de prova, alterando-se à medida que ocorrem deformações. A ruptura típica provocada ao fim do teste apresenta-se com rompimento no lado oposto ao da aplicação da carga que será sujeito à tração, já no lado em que a carga é aplicada sujeito a compressão só apresenta deformação plástica caracterizando um amassamento no local (MORESCHI, 2014).

Com o ensaio de flexão é possível determinar do módulo de elasticidade (MOE), e a carga máxima, usada para o cálculo da resistência máxima (MOR) que o corpo de prova resistiu (MORESCHI, 2014).

Elasticidade é a capacidade que a madeira possui em voltar ao seu estado original após a remoção da carga aplicada, isso só é possível quando a deformação reversível causada pela carga está abaixo do ponto limite proporcional de elasticidade. A partir do momento que essa carga está acima desde limite, ocorrerão as chamadas deformações plásticas, sendo estas irreversíveis até a obtenção da ruptura do material (MORESCHI, 2014). O teor de umidade presente na madeira tem forte influência na resistência do material, quanto maior o teor, mais rápido ocorrerão as deformações plásticas (MORESCHI, 2014).

Para a determinação de parâmetro de qualidade e classificação de peças quanto a sua elasticidade, foi criado um valor teórico chamado de módulo de elasticidade, que expressa a carga necessária para distender um corpo de 1 cm<sup>2</sup> de seção transversal, a uma distância igual ao seu próprio comprimento. Na prática, quanto maior o módulo de elasticidade maior será a resistência da madeira assim como terá baixa deformabilidade. No entanto, quanto menor o seu valor, a madeira terá baixa qualidade para fins de construção civil (MORESCHI, 2014).

A resistência é a aptidão da matéria suportar tensões. A resistência é determinada pela máxima tensão que pode ser aplicada a corpos-de-prova isentos de defeitos do material até a sua ruptura ou deformação específica expressiva (REMADE, 2004).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 COLETA E PREPARAÇÃO DO MATERIAL

Para o presente estudo foram utilizadas as espécies nativas *Z. rhoifolium* Lam. (mamica); *S. glandulosum* (L.) (pau leiteiro); Morong; *S. mauritianum* Scop. (fumo bravo) e *O. puberula* (Rich.) Nees (canela guaicá), provenientes de remanescente nativo suprimido em virtude de construção de uma rodovia na região de Curitibaanos, SC, nas coordenadas de latitude 27°29'6.96"S e longitude 50°36'40.25"O.

Segundo a classificação de Köppen o município de Curitibaanos, SC possui um clima do tipo Cfb, caracterizado pela ocorrência de clima temperado, verão ameno, chuvas uniformemente distribuídas, em que a temperatura média anual está entre 16 e 17°C, precipitação média anual de 1.500 a 1.700 mm, com ocorrência de geadas (EPAGRI, 2002).

Para as quatro espécies estudadas, foram coletadas toras de aproximadamente 1,30 metros de comprimento de três indivíduos escolhidos aleatoriamente. Do material coletado foram confeccionados 60 corpos de prova para cada espécie com dimensões de 2 x 2 x 30 cm, seguindo recomendações da norma COPANT 555 (1973) da Comissão Panamericana de Normas Técnicas. O material confeccionado foi dividido em dois lotes de 30 peças cada um, sendo um submetido ao condicionamento em câmara com controle de temperatura a 20°C e umidade relativa de 65%, com objetivo de climatizar a madeira ao teor de umidade de equilíbrio aproximado de 12% de umidade. O segundo lote foi submetido à imersão em água por aproximadamente 30 dias objetivando a saturação da parede celular.

#### 3.2 DESCRIÇÃO ANATÔMICA

A fim de descrever anatomicamente as espécies avaliadas, os corpos de prova confeccionados para o ensaio mecânicos foram redimensionados em cubos de 2,0 x 2,0 x 2,0 cm. O material foi submetido à fervura em béquer com solução de água destilada e glicerina na proporção 2:1 com o intuito de amolecer e facilitar o corte do material (Figura 5A). Posteriormente, as amostras foram cortadas com auxílio de micrótomo de deslize modelo *Laica SM 2010R*, em seções com 12 a 14 µm de espessura nos planos transversal, tangencial e radial para cada espécie (Figura 5B).



A metodologia utilizada na confecção das lâminas foi a descrita por Burger e Richter (1991). Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio a 2,0%, depois lavados em água destilada. Em seguida, foram corados com safranina e azul de Astra na concentração de 1%. Após a coloração, os cortes foram desidratados em série alcoólica progressiva de 20%, 30%, 50%, 70%, 90% e 100%, e fixados em álcool/acetato de butila (3:1; 1:1, 1:3 e acetato de butila 100%). Ao final desse processo foi realizado o desbaste das arestas dos cortes, os quais assumiram uma dimensão de aproximadamente 1,0 cm<sup>2</sup>, seguido da preparação de lâminas permanentes coradas montadas com auxílio de Entellan® (Figuras 5C).

A mensuração e descrição dos elementos anatômicos foram realizadas utilizando o *software Win-cell-pro*, seguindo as normas da International Association of Wood Anatomists (IAWA, 1989), no Laboratório de Microtécnica da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). A Tabela 1 apresenta os parâmetros mensurados e a seção de observação.

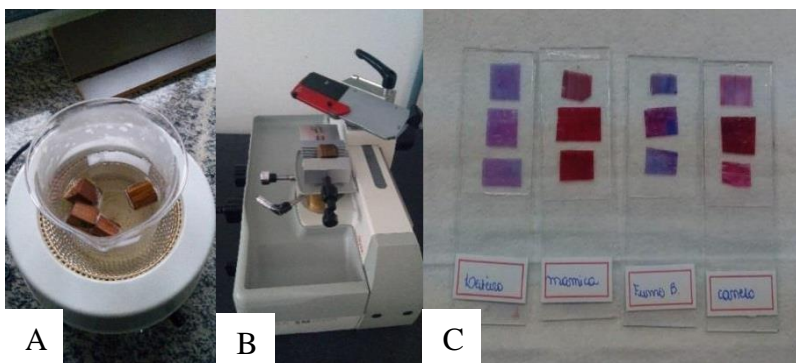
Tabela 1 – Parâmetros mensurados nos elementos anatômicos e a seção de observação.

<b>Parâmetro</b>	<b>Plano anatômico</b>
Diâmetro tangencial dos vasos	Seção transversal
Número de vasos / mm <sup>2</sup>	Seção transversal
Altura dos raios (µm)	Seção tangencial
Largura dos raios (µm)	Seção tangencial
Nº de células do raio	Seção tangencial
Número de raios / mm	Seção tangencial

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para todos os parâmetros foram feitas 30 mensurações, utilizando microscópio de luz Olympus BX 51, conectado à câmera digital Evolution LC.

Figura 5 – Procedimento de preparação de lâminas histológicas. Fervura dos blocos de madeira (A); Confecção dos cortes histológicas da seção transversal, radial e tangencial (B); Lâminas permanentes.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Para o processo de maceração seguiu-se a metodologia descrita por Sarto (2012). O mesmo foi conduzido no Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeira da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Primeiramente os cavacos foram colocados em tubos de ensaio com a solução dos reagentes químicos contendo ácido acético, ácido nítrico e água na proporção de 5:2:1 respectivamente. Em seguida, esse material foi colocado em banho maria a 100°C por um período de tempo de aproximadamente 1h até a individualização dos elementos. A próxima etapa foi a retirada dos reagentes e a lavagem do macerado com água destilada.

Posteriormente, montaram-se as lâminas temporárias com as amostras, adicionando-se uma gota de safranina (com concentração de 1%) e uma gota de glicerina para melhor visualização dos elementos celulares, e na sequência foram capturadas as imagens das fibras.

Para captura das imagens utilizou-se um microscópio com câmera digital acoplada e software *ToupView* para aquisição das mesmas. Para as imagens de comprimento utilizou-se o aumento de 40x, e para largura e diâmetro do lúmen o aumento de 400x. Com o auxílio de software específico mediu-se as dimensões das fibras, para isso: 35 comprimentos e 25 larguras e diâmetros de lúmen, baseando-se nas normas da IAWA (IAWA COMMITTEE, 1989).

### 3.3 PROPRIEDADES FÍSICAS

#### 3.3.1 Densidade Aparente da madeira verde e a 12% de umidade

Dos corpos de prova dos dois lotes de madeira de cada espécie submetidos ao ensaio de flexão estática foram determinados a massa e o volume. A densidade aparente a 12% de umidade foi calculada a partir da relação entre a massa e volume dos corpos de prova após atingida a estabilização de massa na condição de condicionamento de 20°C de temperatura e 65% de umidade relativa em câmara climática. Já a densidade aparente da madeira verde foi calculada a partir da relação de massa e volume dos corpos de prova, mensurados após o período de imersão em água. Para ambas as condições foi utilizada a equação 1.

$$DA_{12\%, sat\%} (g/cm^3) = \frac{\text{Massa } 12\%; sat(g)}{\text{Volume } 12\%; sat (cm^3)} \quad (1)$$

### 3.3.2 Densidade Básica

Para a determinação da densidade básica ( $D_b$ ) das espécies, foram utilizadas as informações dos corpos de prova do lote submetido à imersão em água. Para o cálculo relacionou-se a massa dos corpos de prova secos em estufa a  $103^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  até massa constante (massa anidra) e volume determinado após imersão em água (volume saturado) (Equação 2).

$$D_b \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Massa anidra (g)}}{\text{Volume saturado (cm)}^3} \quad (2)$$

## 3.4 PROPRIEDADES MECÂNICAS

### 3.4.1 Flexão Estática

Depois de atingidas as condições de armazenamento os lotes de corpos de provas foram submetidos ao ensaio de flexão estática para determinação da resistência e rigidez da madeira nas duas condições de umidade. Os testes mecânicos foram realizados em uma máquina universal de ensaios com sistema de aquisição de dados automatizados e capacidade de 30 toneladas localizada no Laboratório de Recursos Florestais II da UFSC, Campus de Curitibanos. Antes da execução do ensaio mecânico todos os corpos de prova tiveram a massa e volume determinados. O ensaio teve início centralizando o corpo de prova sobre dois apoios, separados por um vão de 280 mm, e aplicada uma carga na face tangencial do corpo de prova com força crescente a uma velocidade de 1,0 mm/min de acordo com a norma COPANT 1973 (Figura 6).

Figura 6 – Execução do teste de flexão estática em máquina universal de ensaios mecânicos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A partir das informações de carga e deformação geradas em planilhas do *Microsoft Excel* foram confeccionados gráficos para cálculo do módulo de elasticidade (MOE) (Equação 3) e módulo de ruptura (MOR) (Equação 4).

$$\text{MOE (N/mm}^2\text{)} = \frac{1}{4} \times \left( \frac{P_2 - P_1}{L_2 - L_1} \right) \times \frac{L^3}{b \times h^3} \quad (3)$$

Em que: P1 e P2 = cargas extraídas da zona elástico-linear, N; L1 e L2 = Deformações extraídas da zona elástico-linear, mm; L = vão entre os apoios, mm; b = dimensão tangencial do corpo de prova na área de aplicação da carga, mm; h = dimensão radial do corpo de prova na área de aplicação da carga, mm.

$$\text{MOR (N/mm}^2\text{)} = \frac{3}{2} \times \left( \frac{P_{\text{max.L}}}{b \times h^2} \right) \quad (4)$$

Em que: P<sub>máx</sub> = carga máxima suportada pelo corpo de prova, N; L = vão entre os apoios, mm; b = dimensão tangencial do corpo de prova na área de aplicação da carga, mm; h = dimensão radial do corpo de prova na área de aplicação da carga, mm.

Os valores obtidos nos ensaios de resistência mecânica foram ajustados para 12 % de umidade, segundo recomendações da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) da Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da equação 5.

$$f_{12} = f_{u\%} \left[ 1 + \frac{3(U\% - 12)}{100} \right] \quad (5)$$

Em que: f<sub>12</sub> = Valor da resistência no teor de 12% de umidade; f<sub>u%</sub> = Valor da resistência encontrado no teor de umidade ensaiado; U% = Umidade do corpo de prova no momento do ensaio.

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise dos dados da descrição anatômica, densidade básica e densidade aparente foi aplicada a estatística descritiva.

A análise dos dados de resistência e rigidez ao ensaio de flexão estática foi realizada a partir de um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial, sendo os fatores: espécie com 4 níveis (*Ocotea puberula*, *Sapium glanuosum*, *solanum mauritianum* e *Zhanthoxylum rhoifolium*) e umidade com 2 níveis (saturado e climatizado a 12% de umidade) totalizando 8 tratamentos, com 30 repetições cada. Efetuou-se análise de variância (ANOVA), e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro utilizando o programa *Sisvar 5.6*.

Foi realizada correlação de Pearson entre as variáveis físicas e mecânicas utilizando o pacote *Microsoft Excel 2010*.

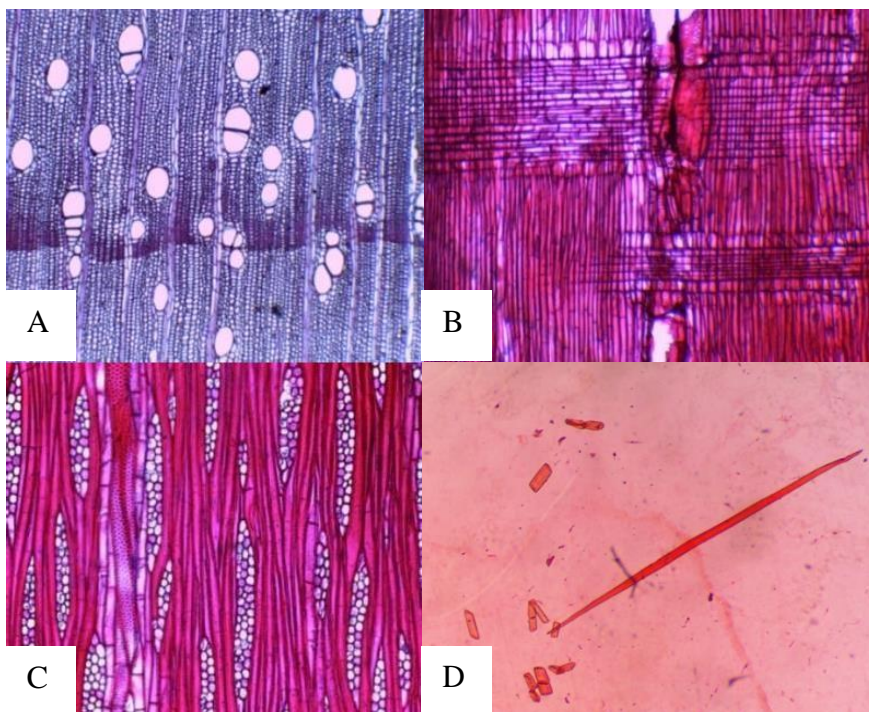
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA

#### 4.1.2 *Ocotea puberula*

Na figura 7 constam as imagens obtidas das lâminas histológicas das seções transversal, radial e tangencial e das fibras maceradas da espécie *O. puberula*, as quais permitiram sua caracterização anatômica.

Figura 7 – Caracterização anatômica de *O. puberula*. Porosidade difusa (seção transversal, 40x) (A); Raios heterocelulares (seção radial, 10x) (B); Distribuição dos raios (seção tangencial, 40x) (C); Fibra libriforme (40x) (D).



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na tabela 2, é possível observar os dados quantitativos e qualitativos determinados para a espécie *O. puberula*. Essa espécie possui porosidade difusa. Os vasos são circulares, em sua maioria solitários (61,17%) e geminados (38,85%), sendo esse último, múltiplos de 2 a 5 unidades (Figura 7A). Os elementos vasculares possuem placas de perfuração simples e escalariformes, podendo apresentar apêndice nas duas extremidades. As pontuações

intervasculares são alternas. O parênquima axial é paratraqueal vasicêntrico e escasso. Os raios são bi e tri seriados e heterocelulares, apresentando células procumbentes, e nas faixas marginais células eretas, quadráticas (Figura 7B e 7C). As fibras são libriformes, septadas e com paredes delgadas (Figura 7D). A descrição é próxima da obtida por Cury (2001) e Vieira (2017).

Tabela 2 – Características anatômicas quantitativas e qualitativas de *O. puberula*.

Características anatômicas quantitativas	(µm)			Desvio padrão	CV (%)
	Mínimo	Máximo	Média		
Comprimento da fibra	750,12	1251,81	950,23	100,56	10,6
Comprimento do raio	379,74	784,79	588,45	110,39	18,8
Diâmetro dos poros	78,96	198,08	142,52	21,69	15,2
Espessura da parede da fibra	2,86	5,41	3,95	0,72	18,2
Largura da fibra	26,09	41,38	32,15	4,52	14,1
Largura do lume	17,2	33,3	23,98	4,54	18,7
Largura do raio	41,93	84,85	63,67	11,03	17,3
Características qualitativas	(n°)			Desvio padrão	CV (%)
	Mínimo	Máximo	Média		
Frequência de poros por mm <sup>2</sup>	19	32	25	3,73	14,9
Número de raios/mm	4	7	5	0,94	18,8
Número de células por raio	14	50	34	7,67	22,6

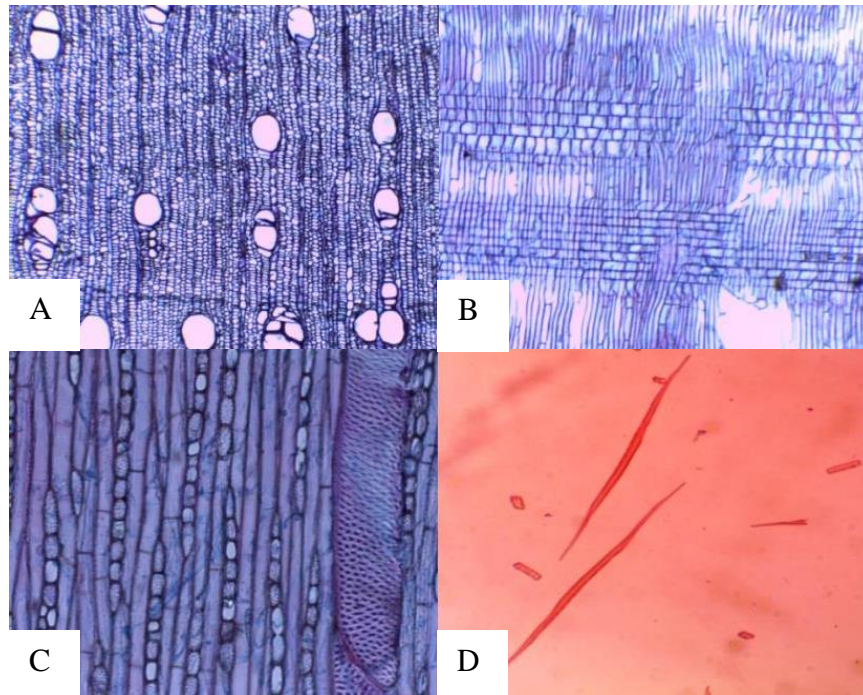
CV (%) = Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

#### 4.1.3 *Sapium glandulosum*

Na figura 8 constam as imagens obtidas das lâminas histológicas das seções transversal, radial e tangencial e das fibras maceradas da espécie *S. glandulosum*, as quais permitiram sua caracterização anatômica.

Figura 8 – Caracterização anatômica de *S. glandulosum*. Porosidade difusa (seção transversal, 10x) (A); Raios heterocelulares, apresentando células procumbentes, quadráticas e eretas (seção radial, 10x) (B); Raios unisseriados (seção tangencial, 40x) (C); Fibras (40x) (D).



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na tabela 3 é possível observar as características quantitativas e qualitativas da espécie *S. glandulosum*. A espécie apresenta porosidade difusa, anéis de crescimento distintos. Os vasos são circulares, maioria solitários (53%) e geminados (47%), múltiplos de 2 (Figura 8A) Os elementos vasculares possuem placas de perfuração simples. Presença de tilos e resina. As pontuações intervasculares são alternas. O parênquima axial é paratraqueal escasso e apotraqueal difuso em agregado. Os raios são unisseriados e heterocelulares, apresentando células procumbentes, eretas e quadradas (Figuras 8B e 8C). As fibras são libriformes, com paredes delgadas (Figura 8D). As informações obtidas corroboram com as encontradas por Siegloch (2014) e Vieira (2017) para indivíduos de mesmo gênero e espécie.



Tabela 3 – Características anatômicas quantitativas e qualitativas de *S. glandulosum*.

Características anatômicas quantitativas	(µm)			Desvio padrão	CV (%)
	Mínimo	Máximo	Média		
Comprimento da fibra	819,67	1774,27	1246,12	182,93	14,7
Comprimento do raio	220,06	644,6	384,59	115,72	30,1
Diâmetro dos poros	117,58	231,34	181,52	25,6	14,1
Espessura da parede da fibra	1,94	5,53	3,56	0,94	26,4
Largura da fibra	19,03	46,3	31,95	5,82	18,2
Largura do lume	14,91	39,99	24,84	5,13	20,7
Largura do raio	16,49	34,69	25,32	4,65	18,4
Características qualitativas	(n°)			Desvio padrão	CV (%)
	Mínimo	Máximo	Média		
Frequência de poros por mm <sup>2</sup>	3	11	7	2,05	29,3
Número de raios/mm	7	12	9	1,53	17,0
Número de células por raio	5	17	9	3,19	35,4

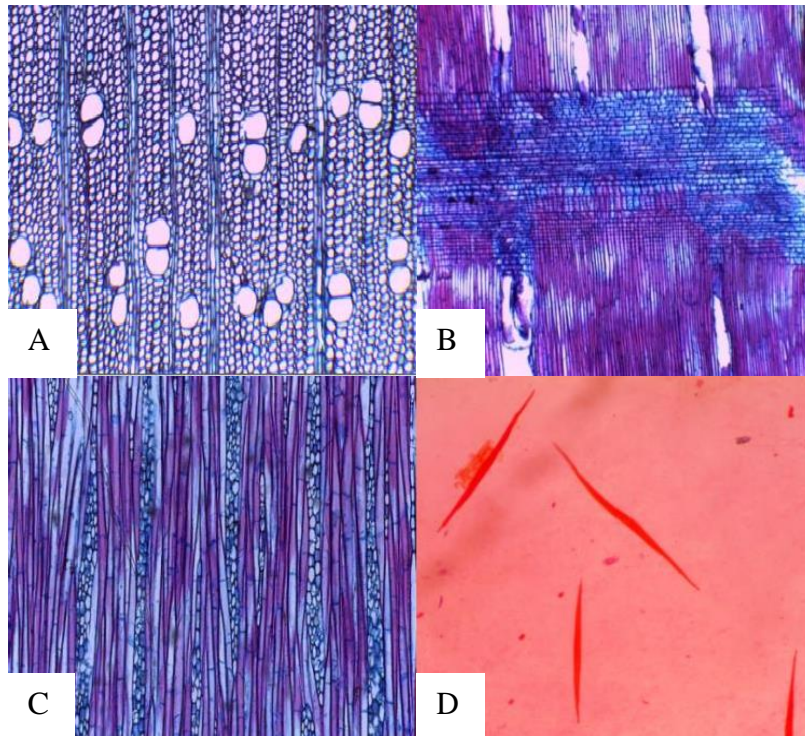
CV (%) = coeficiente de variação

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

#### 4.1.4 *Solanum mauritianum*

Na figura 9 constam as imagens obtidas das lâminas histológicas das seções transversal, radial e tangencial e das fibras maceradas da espécie *S. mauritianum*, as quais permitiram sua caracterização anatômica.

Figura 9 – Caracterização anatômica de *S. mauritianum*. Porosidade difusa (Seção transversal, 10x) (A); Raios heterocelulares, apresentando células procumbentes, quadráticas e eretas (seção radial, 10x) (B); Raios multisseriados (seção tangencial, 40x) (C); Fibras (40x) (D).



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

De acordo com a tabela 4, é possível observar as características quantitativas e qualitativas da espécie *S. mauritianum*. Os vasos possuem formato circular, são solitários ou múltiplos de 2, dispostos de forma difusa, são numerosos apresentando em média 19 poros por mm<sup>2</sup>, maioria solitários com (69,07%) e geminados com (30,07%) (Figura 9A). O parênquima axial é do tipo escasso, pouco visível, paratraqueal, associado aos vasos. Os raios se apresentam de forma abundante nessa espécie, são multisseriados e heterocelulares com células procumbentes e nas margens e no centro possuem células quadradas (Figuras 9 B e 9C). As fibras são do tipo libriforme (Figura 9D). Segundo Burger e Richter (1991) a abundância desse tecido confere baixa densidade e diminui a resistência mecânica e durabilidade natural da madeira (Figuras 9B e 9C). As fibras são libriformes, com paredes delgadas e pontuações simples. Esta caracterização é próxima da encontrada por Pereira (2012) para a espécie *Solanum lycocarpum* A. St. Hil., no entanto, o autor não observou o grande número de raios como encontrado na referida espécie.

Tabela 4 – Características anatômicas quantitativas e qualitativas da *S. mauritianum*.

Características anatômicas quantitativas	(µm)			Desvio padrão	CV (%)
	Mínimo	Máximo	Média		
Comprimento da fibra	605,64	1195,29	906,67	131,44	14,5
Comprimento do raio	303,15	946,96	649,36	203,93	31,4
Diâmetro dos poros	65,27	94,52	79,43	7,16	9,0
Espessura da parede da fibra	2,75	4,97	3,58	0,54	15,1
Largura da fibra	21,68	44,93	30,88	5,85	18,9
Largura do lume	14,76	37,56	23,72	5,66	23,9
Largura do raio	22,97	72,72	45,25	11,95	26,4
Características qualitativas	(n°)			Desvio padrão	CV (%)
	Mínimo	Máximo	Média		
Frequência de poros por mm <sup>2</sup>	14	27	19	3,29	17,3
Número de raios/mm	4	10	5	1,35	27,0
Número de células por raio	18	104	55	23,29	42,3

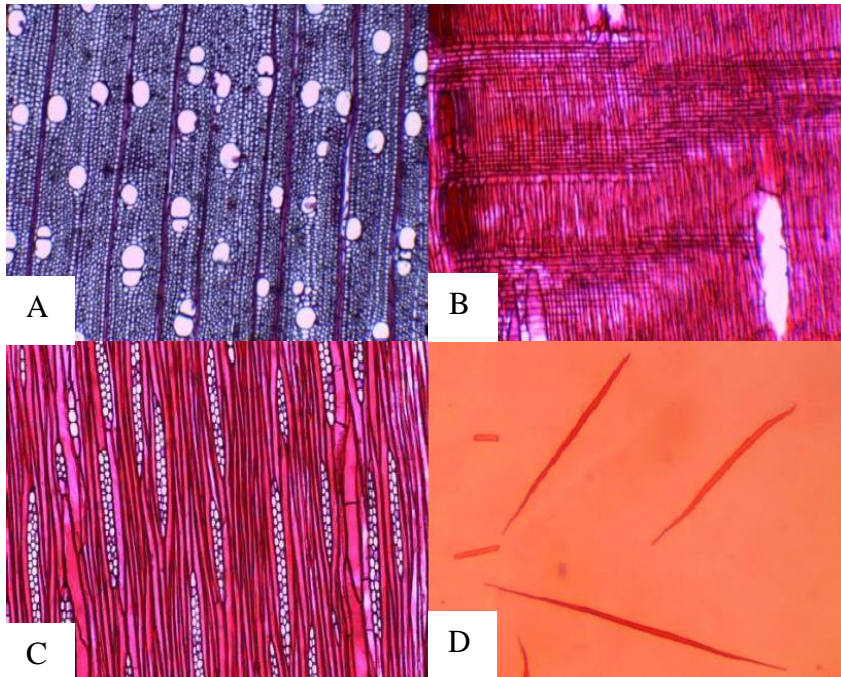
CV (%) = coeficiente de variação

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

#### 4.1.5 *Zanthoxylum rhoifolium*

Na figura 10 constam as imagens obtidas das lâminas histológicas das seções transversal, radial e tangencial e das fibras maceradas da espécie *Z. rhoifolium*, as quais permitiram sua caracterização anatômica.

Figura 10 – Caracterização anatômica de *Z. rhoifolium*. Porosidade difusa (Seção transversal, 10x) (A); Raios heterocelulares apresentando células procumbentes e quadráticas (seção radial, 10x) (B); Raios bi e trisseriados (seção tangencial, 10x) (C). Fibras (40x) (D).



Na tabela 5 é possível observar as características quantitativas e qualitativas da espécie *Z. rhoifolium*. De modo geral, os vasos possuem formato ovalado a circular, solitários ou múltiplos de 2 a 4 unidades, dispostos de forma difusa, numerosos apresentando em média 18 poros por mm<sup>2</sup>, maioria solitários com 72,6 % e geminados com 27,38% (Figura 10A). As pontuações são alternas. Parênquima axial escasso e marginal. Os raios são de bisseriados a trisseriados, heterocelulares apresentando células procumbentes e nas margens células quadradas (Figuras 10B e 10C). As fibras são libriformes, com paredes delgadas e pontuações simples (Figura 10D). Os dados obtidos são próximos aos encontrados por Loureiro et al. (1981) para o mesmo gênero, no entanto, o número de poros é superior ao encontrado por Vieira (2017), com médio de 10/mm<sup>2</sup>. Segundo Sieglöch (2014), isso pode estar atrelado as condições edafoclimáticas em que essa espécie estava inserida, que levam a adaptações que promovem alterações anatômicas.

Tabela 5 – Características anatômicas quantitativas e qualitativas da *Z. rhoifolium*.

Características anatômicas quantitativas	(µm)			Desvio padrão	CV (%)
	Mínimo	Máximo	Média		
Comprimento da fibra	687,61	1063	847,09	100,52	11,9
Comprimentodo raio	179,48	503,72	301,12	83,73	27,8
Diâmetro dos poros	78,96	198,08	142,52	21,69	15,2
Espessura da parede da fibra	2,17	4,66	3,05	0,65	21,3
Largura da fibra	16,73	28,53	22,55	3,5	15,5
Largura do lume	10,49	23,49	16,46	3,64	22,1
Largura do raio	17,75	35,38	26,51	5,17	19,5
Características qualitativas	(nº)			Desvio padrão	CV (%)
	Mínimo	Máximo	Média		
Frequência de poros por mm <sup>2</sup>	15	25	18	2,99	16,6
Número de células por raio/mm	5	9	7	1,19	17,0
Número de células por raio	13	54	28	10,93	39,0

CV (%) = coeficiente de variação

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Dentre as quatro espécies as que obtiveram maiores e menores valores de comprimento de fibra foram *S. glanulosum* e *Z. rhoifolium* com valores de 1246,1 µm e 847,09 µm, *respectivamente*. Segundo Burger e Richter (1991), o comprimento das fibras é um importante parâmetro relacionado a densidade e resistência mecânica da madeira, normalmente quanto maior seu valor maiores serão os valores de densidade e resistência do material. No entanto, com relação ao diâmetro dos vasos as espécies que obtiveram maiores e menores valores foram *S. glanulosum* com 181,52 µm e *S. mauritanum* com 79,43 µm *respectivamente*, segundo os mesmos autores, os vasos são estruturas fracas, cujas grandes dimensões, abundância e distribuição influem negativamente na resistência mecânica da madeira e conferem maiores espaços vazios influenciando diretamente na densidade do material.

Com relação ao diâmetro do lume, as espécies que obtiveram maiores e menores valores foram a *S. glanulosum* com 24,84 µm e *Z. rhoifolium* com 16,46 µm *respectivamente*. Segundo Florsheim (1992) Apud Braz et al. (2014), o diâmetro do lume está relacionado diretamente com a largura e espessura da parede das fibras, de tal modo que, quanto maiores forem os seus valores, mais espaços vazios serão encontrados na madeira, indicando menor densidade da madeira, o que pode resultar em baixa resistência mecânica.

## 4.2 PROPRIEDADES FÍSICAS

### 4.2.2 Densidade Básica e Aparente

Na tabela 6 é possível observar os valores de densidade básica e densidade aparente das madeiras na condição climatizada a 20°C e 65% de UR (visando o equilíbrio higroscópico a umidade de 12%) e após período de imersão em água (saturada) para cada espécie estudada.

Tabela 6 – Densidade Básica e Aparente nas condições climatizada e saturada para as espécies *Ocotea puberula*, *Sapium glanulosum*, *Solanum mauritianum* e *Zhanthoxylum rhoifolium*.

Espécie		Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		
		Básica	12%	Saturada
<i>O. puberula</i>	Média	0,42	0,47	1,08
	DP	0,04	0,04	0,03
	CV (%)	9,00	9,07	2,87
<i>S. glanulosum</i>	Média	0,29	0,33	1,13
	DP	0,03	0,03	0,09
	CV (%)	9,43	9,47	7,67
<i>S. mauritianum</i>	Média	0,41	0,47	1,07
	DP	0,04	0,04	0,03
	CV (%)	9,22	9,11	2,78
<i>Z. rhoifolium</i>	Média	0,45	0,52	1,07
	DP	0,03	0,03	0,03
	CV (%)	6,32	6,38	2,78

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

O valor médio de densidade básica observada para a espécie *O. puberula* está abaixo do valor citado por Santos (2008), que foi de 0,47g/cm<sup>3</sup>, já a densidade aparente a 12% está próxima a registrada por Carvalho (2002) (0,49 g/cm<sup>3</sup>).

Para a espécie *S. glanulosum* o valor de densidade básica observada está abaixo do valor encontrado por Vitorio (2013), que foi de 0,36 g/cm<sup>3</sup>, em relação a densidade aparente para essa mesma espécie, Melo et al. (2013) relatam o valor de 0,41 g/cm<sup>3</sup>, superior ao dado do referido estudo.

Já com relação à espécie *S. mauritianum*, o valor observado nesse estudo para densidade básica se aproxima do dado obtido por Pereira e Neto (2012), para a espécie *Solanum lycocarpum* A. St. Hil que foi de 0,40 g/cm<sup>3</sup>.

O valor médio de densidade básica de *Z. rhoifolium* ficou pouco abaixo do encontrado por Mendes et al. (1999), que foi de 0,49 g/cm<sup>3</sup> para a espécie *Zanthoxylum tingoassuiba*.

Com relação à densidade aparente o valor médio é próximo ao relatado por Araújo (2007) para a espécie *Zanthoxylum regnelianum* (0,50 g/cm<sup>3</sup>).

A densidade aparente na condição saturada apresentou valores bem superiores quando comparados a densidade aparente na condição climatizada a 12% para todas as espécies. Esse resultado foi similar ao encontrado por Beltrame et al. (2010) que estudando madeira da espécie *Luehea divaricata*, obtiveram aumento de 93% na densidade aparente da madeira entre a condição saturada e a climatizada (20 °C e 65% de UR). A mesma observação foi descrita por Pertuzzatti et al. (2017) para as espécies *E. cloeziana* e *E. grandis* que obtiveram acentuado aumento na densidade aparente com a saturação dos corpos de prova. O acréscimo significativo da densidade aparente na madeira saturada está diretamente relacionado ao crescente aumento de sua massa quando submersa em água. Entretanto a madeira não apresenta o mesmo crescimento volumétrico, que é constante acima do ponto de saturação das fibras (PSF), o que resulta na maior densidade aparente (PERTUZZATI et al., 2017).

As variações de densidade entre as diversas espécies de madeira são de acordo com as características de cada grupo de indivíduos, como a espessuras da parede celular, dimensões das células e da quantidade de componentes extrativos presentes por unidade de volume (PANSHIN; ZEEW, 1982). As variações de densidade da madeira entre indivíduos da mesma espécie são ocasionadas pela idade da árvore, genótipo, índice de sítio, clima, localização geográfica e tratos culturais, etc. Os efeitos em geral são interativos e difíceis de serem avaliados isoladamente (VITAL, 1984).

Observa-se que o menor valor de densidade básica foi registrado para a madeira da espécie *S. glandulosum* (0,29 g/cm<sup>3</sup>), bem como o menor valor de densidade aparente à umidade de 12% (0,33 g/cm<sup>3</sup>). Por consequência, esta espécie apresentou o maior valor de densidade da madeira saturada em virtude de que quanto mais porosa é a madeira, maior a quantidade de espaços vazios para o armazenamento de água líquida quando da imersão da mesma. Esta espécie com base em sua densidade básica pode ser classificada como “muito leve” de acordo com a classificação do Forest Products Laboratory (1974) apud Carneiro (2003).

As madeiras de *O. puberula* e *S. mauritanum* apresentaram os valores de densidade básica intermediária e podem ser classificadas como madeiras “moderadamente leves”, segundo a mesma referência. Já a espécie *Z. rhoifolium* apresentou a maior densidade básica e, portanto, a menor densidade saturada, e com relação a primeira pode ser classificada como madeira “moderadamente pesada”.

### 4.3 ENSAIO MECÂNICO DE FLEXÃO ESTÁTICA

Na tabela 7 constam os valores médios das propriedades de resistência, rigidez e carga máxima ao ensaio de flexão estática nas duas condições de umidade para cada espécie avaliada.

Tabela 7 – Comparação de médias dos parâmetros observados para as condições de umidade a 12% e saturada.

ESPÉCIE	MOE (N/mm <sup>2</sup> )		MOR (N/mm <sup>2</sup> )		Carga máxima (N)	
	Climatizada	Saturada	Climatizada	Saturada	Climatizada	Saturada
<i>O. puberula</i>	6.942 Ab*	4.583 Bb	61,40 Aa	30,81 Bb	1.413 Aa	789,5 Bb
<i>S. glanulosum</i>	3.797Ac	2.334 Bc	31,44 Ab	17.36 Bc	772,3 Ba	434,4 Cb
<i>S. mauritianum</i>	8.007Aa	5.449 Ba	60,77 Aa	34.09 Bab	1.364 Aa	908,8 Ab
<i>Z. rhoifolium</i>	7.806 Aa	5.829 Ba	60,99 Aa	35,45 Bb	821,0 Bab	1.364 Aa

MOE=Módulo de elasticidade; MOR= Módulo de ruptura. \*Tratamentos com letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade de erro.

De modo geral, a presença de água na madeira reduziu consideravelmente as propriedades mecânicas avaliadas, com a madeira climatizada apresentando propriedade mecânica superior, sendo que o MOR foi mais afetado pelo teor de umidade uma vez que essa propriedade foi 1,8 vezes maior para madeira climatizada em relação à madeira saturada, enquanto para o MOE esse incremento foi de 1,5 vezes e para a carga máxima de 1,6 vezes.

Os valores da razão madeira seca e verde de folhosas encontrada para todas as espécies, tanto para o MOE como para o MOR em flexão estática estão nos limites citados por Bodig e Jayne (1982), variando de 1,11 até 1,53 para MOE e de 1,32 até 2,10 para MOR.

Segundo Kollmann e Côté (1968) o aumento da resistência da madeira com o decréscimo no teor de umidade está atrelado tanto ao fortalecimento e rigidez dos elementos estruturais da madeira, como da sua compactação, devido à contração que acompanha a perda de água.

Ainda de acordo com Wiandy e Rowell (1984) apud Logsdon (1998) nos teores de umidade até o ponto de saturação das fibras (PSF) a quantidade de água presente na parede celular reduz as ligações por pontes de hidrogênio entre os polímeros orgânicos da parede das células, diminuindo a resistência da madeira.

Para a rigidez a espécie mais favorecida pela climatização da madeira foi *S. glanulosum*, cujo valor de MOE foi superior em 62,68% ao observado pela madeira saturada, seguida da



espécie *O. puberula* cuja mesma propriedade foi 51,45% superior, e das espécies *S. mauritianum* e *Z. rhoifolium*, superiores em 46,94% e 33,91%, respectivamente.

No que se refere à resistência a espécie *O. puberula* teve um incremento de 99,28% no MOR da madeira climatizada, seguida da espécie *S. glanulosum* (81,10%) e das espécies *S. mauritianum* (78,26%) e *Z. rhoifolium* (72,04%). Com relação a carga máxima suportada pelas madeiras foi observada o mesmo comportamento das espécies com porcentagens de incremento dessa propriedade em 99,28%, 81,10%, 78,26% e 72,04%, respectivamente.

Lucas Filho (2012) estudando a influência do teor de umidade na resistência e rigidez da madeira de *P. elliottii*, observou que o MOE aumentou em menor proporção que o MOR, indicando que a variação do teor de umidade afeta mais significativamente a resistência do que a elasticidade da madeira. Portanto, o comportamento verificado para as espécies avaliadas com relação à mesma influencia está de acordo com a literatura consultada.

Em comparação com as informações disponíveis na literatura para as mesmas espécies avaliadas observa-se que os valores de MOR e MOE encontrados para *O. puberula* são inferiores aos descritos por Araújo (2007) para a espécie de mesmo gênero *Ocotea neesiana* (Miq.) Kosterm, que menciona valores de 107,97 N/mm<sup>2</sup> e 1.186 N/mm<sup>2</sup> em madeira com densidade aparente de 12%. Da mesma forma para a espécie *S. glanulosum* os valores de MOR foram inferiores ao registrado por Melo et al. (2013), para a mesma espécie avaliada também na condição climatizada e saturada, tendo sido observados valores de 53,1 N/mm<sup>2</sup> e 36,4 N/mm<sup>2</sup>, respectivamente.

Para *Z. rhoifolium* os dados de MOR e MOE são inferiores ao descrito por Araújo (2007) para a espécie *Zanthoxylum regnelianum* à umidade de 12%, sendo estes 106,6 N/mm<sup>2</sup> e 10.787 N/mm<sup>2</sup>, respectivamente. Para a espécie *S. mauritianum* estudos de avaliação mecânica ainda são escassos.

Comparando os dados de resistência e rigidez obtidos para as espécies *Z. rhoifolium* e *O. puberula* com espécies de *Eucalyptus*, folhosa mais utilizada no setor madeireiro, os valores são inferiores dos encontrados por Silva et al. (2005) para *E. grandis* com 14 anos de idade, sendo estes 85,9 N/mm<sup>2</sup> e 13.926 N/mm<sup>2</sup>, respectivamente e dos valores encontrados por Gonçalves et al. (2009) para *E. urograndis* com 14 anos de idade, sendo estes 103,2 N/mm<sup>2</sup> e 10.140 N/mm<sup>2</sup>.

Apesar disso os resultados observados demonstram um grande potencial de uso para essas espécies, por se tratarem de espécies nativas sem qualquer forma de melhoramento, manejo ou fertilização que, do ponto de vista tecnológico de suas madeiras, poderão desencadear melhor produtividade e qualidade da madeira.

Na tabela 7 também consta o teste de médias resultante da interação dos fatores umidade e espécie para o módulo de elasticidade, módulo de ruptura e carga máxima.

Na análise fatorial, verificou-se que a interação entre os fatores espécie e umidade foi estatisticamente significativa (P valor < 0,01), ou seja, tanto o MOE como o MOR se comportam de modo dependente da combinação desses dois fatores.

Observa-se que para todas as espécies avaliadas houve influência estatística significativa do teor de umidade nas propriedades de resistência e rigidez, com valores superiores registrados pela espécie submetida à climatização, o que reflete o grau de importância da secagem no incremento das propriedades mecânicas da madeira.

Com relação ao fator espécie em cada condição isoladamente observa-se, no que se refere ao MOE, que as espécies *S. mauritanum* e *Z. rhoifolium* apresentaram os maiores valores de rigidez, diferindo estatisticamente das demais espécies, porém não entre si, seguidas da espécie *O. puberula* que apresentou a segunda maior rigidez que diferiu da espécie *S. glanulosum*. O mesmo comportamento das médias foi verificado para a condição de madeira saturada.

Com relação ao MOR observa-se que tanto na condição climatizada como saturada as espécies *S. mauritanum*, *Z. rhoifolium* e *O. puberula* apresentaram resistência estatisticamente igual entre si, diferindo da espécie *S. glanulosum*. De maneira geral a maior resistência e rigidez das madeiras estiveram associadas à densidade (Tabela 6) pelo fato de que a madeira mais frágil e quebradiça *S. glanulosum* foi também aquela de menor densidade básica e aparente. De acordo com Klock (1989), a densidade aparente influencia diretamente nas propriedades mecânicas, estando linearmente relacionada com o módulo de ruptura e o módulo de elasticidade.

Na tabela 8 constam as correlações realizadas entre as propriedades físicas e mecânicas avaliadas.

Tabela 8 – Correlações de Pearson entre as propriedades físicas e mecânicas avaliadas.

	DA	DB	TU	CM	MOE	MOR
DA	1					
DB*	0,61	1				
TU	0,87	-0,94	1			
CM	-0,52	0,78	-0,73	1		
MOE	-0,33	0,79	-0,62	0,86	1	
MOR	-0,56	0,87	-0,76	0,97	0,88	1

\*Correlação considerando o valor da densidade básica calculada apenas pelo lote submetido à saturação. DA= Densidade aparente; DB= Densidade básica; TU= Teor de umidade; CM= Carga máxima; MOE= Módulo de elasticidade; MOR= Módulo de ruptura.

Observa-se que as propriedades mecânicas avaliadas, quando correlacionadas com o teor de umidade e densidade aparente resultou em uma covariação inversamente proporcional entre as variáveis, ou seja, com o aumento do teor de umidade e da densidade aparente, houve uma redução dos valores das propriedades mecânicas avaliadas.

Observa-se uma alta correlação inversamente proporcional entre o teor de umidade e o MOR (-0,76) em relação à mesma correlação com o módulo de elasticidade (-0,62), comportamento também observado por Lucas Filho (2012).

O autor observou também uma correlação diretamente proporcional entre a densidade e a rigidez da madeira, resultado contrário ao observado com as madeiras avaliadas. No entanto, deve-se levar em consideração que no presente estudo a correlação negativa observada entre a densidade aparente e as propriedades mecânicas, está relacionada ao fato de que, o aumento observado para a densidade da madeira entre os lotes se deu em função do percentual de umidade nos corpos de prova, o que pode ser reforçado pela alta correlação positiva (0,87) observada entre a densidade aparente e o teor de umidade. Portanto o acréscimo da densidade aparente dos corpos de prova não correspondeu ao aumento da resistência, em função de que a resistência e rigidez reduziram proporcionalmente com o acréscimo da umidade.

A correlação só foi positiva entre as variáveis de resistência, rigidez e a densidade básica, pelo fato que no cálculo desta última, não é considerado o teor de umidade. A alta correlação negativa (-0,94) entre a densidade básica e o teor de umidade é um indicativo de que o aumento da densidade básica do material conduz a uma redução do teor de umidade máximo da madeira em função de sua menor porosidade.

## 5 CONCLUSÃO

Com relação a descrição anatômica foi possível identificar claramente as espécies avaliadas e compará-las com informações disponíveis na literatura apesar de escassas. Dentre as espécies que obtiveram melhores e piores características anatômicas voltados as propriedades físicas e mecânicas foram a *S. glanulosum* e *Z. rhoifolium* respectivamente.

A densidade básica calculada para as espécies avaliadas permitiu classificar a espécie *S. glandulosum* como “muito leve”, as madeiras de *O. puberula* e *S. mauritianum* como “moderadamente leves” e espécie *Z. rhoifolium* como de madeira “moderadamente pesada”.

A presença de água na madeira reduziu consideravelmente os valores de elasticidade e resistência. Para a rigidez a espécie mais favorecida pela secagem da madeira foi *S. glanulosum* e no que se refere à resistência a espécie *O. puberula*.

De maneira geral as espécies que mais se destacaram por possuírem maiores valores de resistência e rigidez foram *Z. rhoifolium*, *S. mauritianum* e *O. puberula*, já *S. glandulosum* foi a espécie que obteve o menor desempenho para todas as propriedades avaliadas, resultado atrelado a densidade das madeiras.

## **RECOMENDAÇÕES**

Diante do exposto e devido à carência de estudos voltados a tecnologia da madeira das referidas espécies, recomenda-se a continuidade de estudos complementares como ensaios mecânicos de compressão paralela e perpendicular as fibras, cisalhamento, dureza, entre outros, bem como, a complementação com o ensaio físico de estabilidade dimensional, com vistas a dar um melhor direcionamento ao uso das madeiras.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e Mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, p.399- 416, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 7190**: Projeto De Estruturas De Madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.
- BARALDI L.T; CALIL JUNIOR, C; Método de Ensaio de Ligações de Estruturas De Madeira por Chapas com Dentes Estampados. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, n. 18, p. 1-23, 2002.
- BELTRAME, R.; MODES, K. S., GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R. Resistência ao impacto da madeira de açoita-cavalo Em diferentes condições de umidade. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 499-504, 2010.
- BODIG, J.; JAYNE, B. **Mechanics of wood and wood composites**. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1982. 712 p.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; ROSADO, A. M.; VIDAURRE, G. B.; PAES, J. B.; TOMAZELLO FILHO, M.; LOIOLA, P. L. Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos. **Ciência da Madeira**, Pelotas – RS, v. 5. n.2, p. 127-137, 2014.
- BRASIL, **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato20112014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 11 dez. 2018.
- CARNEIRO, A. C. O. **Problemas Especiais: Anatomia da Madeira**. 2003. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/2262108/problemas-especiais---anatomia-da-madeirav>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- CARVALHO, P. E. R. **Canela Guaicá**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2002.11 p. (Circular técnica).
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo PR: Embrapa Florestas, 2006. 627 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras: Informação tecnológica**. Colombo, PR: Embrapa florestas, 2008. 593 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras. Coleção espécies Arbóreas**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2010. 644 p.
- CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda***. 2005. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba PR, 2005.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 555: 1973**. Método de Ensayo de Flexión Estática. Buenos Aires. 1973. 10 p.

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

CORDEIRO, I.; SECCO, R.; PSCHEIDT, A. C. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. 2010. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB017664>> Acesso em: 01 maio 2017.

COSTA, C.; SILVA, R. C.V. M.; GROppo, M.; MACIEIRA, A. P.; CARVALHO, L. T.; GOMES, J. I. **Conhecendo Espécies de Planta da Amazônia: Tamanqueira (*Zanthoxylum rhoifolium* Lam. – Rutaceae)**. 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109337/1/COM-249>> Acesso em: 20 nov. 2018.

CURY, G. **Descrição Da Estrutura Anatômica Do Lenho E Sua Aplicação Na Identificação De Espécies Arbóreas Do Cerrado E Da Mata Atlântica Do Estado De São Paulo**. 2001. 178 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba SP, 2001.

DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba-SP, n. 65, p. 102-113, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Monitoramento da fenologia vegetativa e reprodutiva de espécies nativas dos biomas brasileiros**. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31605/1/FenologiaJuveve.pdf>>. Acesso em: 8 out 2018.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – EPAGRI. **Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina**. 2002. Disponível em: <[http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=708&Itemid=483](http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=708&Itemid=483)>. Acesso em: 10 out. 2018.

GLORIA, B. A.; GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 473 p.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D. ; SARTÓRIO, C. R. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.501-509, 2009.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 221-332, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS (IBF). **Conheça as 6 espécies nativas resistentes a geadas para a produção de madeira.** 2017. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/blog/1109-conheca-o-ranking-das-6-especies-nativas-resistentes-a-geadas-para-a-producao-de-madeira.html>>. Acesso em: 10 out. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **INPE e SOS Mata Atlântica e divulgam dados do Atlas dos Remanescentes Florestais.** 2009. Disponível em: <[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=1834](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1834)>. Acesso em 10 out. 2018.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr e Golf.** 1989. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba –SC, 1989.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JUNIOR, W. A. **Principles of wood science and technology: solid wood.** Berlin: Springer-Verlag, 1968. 592 p.

LOBÃO, M. S. et al. Agrupamento de espécies florestais pela similaridade das características físico-anatômicas e usos da madeira. **Cerne**, Lavras, v. 16, p. 97-105, jul. 2010.

LOGSDON, N. B. **Propriedades de Resistência e Rigidez da Madeira.** 1998. 201 f. Tese (Doutorado em Engenharia de estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 1998.

LOPES, G. L. *Ocotea puberula* (Rich.) Nees **Canela-guaicá, canela-sêbo.** 2015. Disponível em: <<https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/8794-2/>> Acesso em: 10 out. 2018.

LOPES, G. L. *Sapium glandulosum* (L.) Morong **Pau-de-leite, leiteiro.** 2018. Disponível em: <<https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/8535-2/>>. Acesso em: 09 out 2018.

LOPES, G. L. *Solanum mauritianum* Scop. **Fumo-bravo.** 2017. Disponível em: <<https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/9432-2/>> Acesso em: 10 out. 2018.

LOPES, G. L. *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. **Mamica-de-porca.** 2012. Disponível em: <<https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/9271-2/>>. Acesso em: 09 out. 2018.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil.** 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.381 p.

LOUREIRO, A. A.; VASCONCELOS, F. J.; ALBUQUERQUE, B. P. Anatomia do lenho de 4 espécies de *Zanthoxylum* Linnaeus (Rutaceae) da Amazônia. **Acta amazônica**, Manaus, v. 11, n. 4, p. 809-820. 1981.

LUCAS FILHO, F.C. Efeito combinado do teor de umidade e da massa específica na resistência e rigidez da madeira de *Pinus elliottii* Floresta, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 519-526, 2012.

MAINIERI, C. **Madeiras do litoral Sul: São Paulo, Paraná e Santa Catarina.** São Paulo: Instituto Florestal, 1973. 86p.



- MELLO, R. L. **As propriedades da Madeira**. 2007. Disponível em:<[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3133/2/2007\\_RobertoLdeMello\\_2.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3133/2/2007_RobertoLdeMello_2.pdf)>. Acesso em: 11 out. 2018.
- MELO, R. R.; ARALDI, D. B., STANGERLIN, D. M., MÜLLER, M. T. GATTO, D. A. Uso das características tecnológicas da madeira para o agrupamento de espécies florestais. **Nativa**, Sinop, v. 01, n. 01, p. 01-07, 2013.
- MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; LOPES, G. A. Anatomia e características físico-químicas da madeira de *Zanthoxylum tingoassuiba* st. Hil. de ocorrência na região de Lavras-MG. **Cerne**, Lavras MG, v. 5, n.1, p. 15-23, 1999.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano Nacional com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais - PENSAF**. 2006. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/\\_arquivos/pensaf\\_v1.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/_arquivos/pensaf_v1.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2018.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Mata Atlântica**. 2018. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica\\_emdesenvolvimento](http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento)>. Acesso em: 10 out. 2018.
- MIRANDA, M. C.; CASTELO, P. A. R.; MIRANDA, D. L. C.; RONDON, E. V. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Parkia gigantocarpa* ducke. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 03, n. 02, p. 55-65, nov. 2012.
- MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira**. 4.ed. Curitiba: UFPR, 2014.194p.
- OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v.27, n.3, p. 381-385, 2003.
- PANSHIN, A. J. & ZEEUW, C. **Textbook of wood technology, structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada**. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 722p
- PEREIRA, M. I.; NETO j. R. P. Caracterização Anatômica Da Madeira De Lobeira (*Solanum Lycocarpum* A. St. Hil.). **Revista De Biotecnologia & Ciência**, Anápolis-GO, v. 2, n. 1, p. 47-61, 2012.
- REMADE. **Propriedades da madeira**, 2004. Disponível em:<[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=596&subject=Propriedades&title=Propriedades](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=596&subject=Propriedades&title=Propriedades)>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- PERTUZZATTI, A., CONTE, B., MISSIO, A. L., GATTO, D. A., HASELEIN, C. R., SANTINI, E. J. **Influência da umidade na resistência da madeira de eucalipto a impactos**. 2017. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.092514>> Acesso em: 17 nov. 2018.
- SANTOS, T. D. R.; FELIPE, V. A.; WATZLAWICK, F. L.; S. R.; SOARES, K. H. Determinação da Densidade Básica da Madeira de *Grandiuvia D'anta* (*Psychotria Cf. Sessilis* (Vell.) Muell. Arg.) ao Longo do Fuste. **Revista Caatinga**, v. 21, n.3, p. 49-53. 2008.

SCHWIRKOWSKI, P. **Projeto Flora São Bento do Sul (Flora SBS): *Sapium glandulosum*** – Leiteiro. 2002. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/florasbs/euphorbiaceae/leiteiro>>. Acesso em: 10 out. 2018.

SCHWIRKOWSKI, P. **Projeto Flora São Bento do Sul (Flora SBS): *Solanum mauritianum*** - Fumo-bravo. 2015. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/florasbs/solanaceae/fumo-bravo>> Acesso em: 10 out. 2018.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Estudo Setorial da Indústria Catarinense**. 2016. Disponível em :<[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/e26f1f6aab8f6a638471e4d4d16b44d3/\\$File/5748.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/e26f1f6aab8f6a638471e4d4d16b44d3/$File/5748.pdf)>. Acesso em: 09 out. 2018.

SIEGLOCH, A. M. **Anatomia do lenho de espécies de Euphorbiaceae nativas e cultivadas no Rio grande do sul**. 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria- RS. 2014.

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. S. ; WESCLEY, V. E. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis hill ex. Maiden*.R. **Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.795-799, 2005.

SILVA, C. **Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal**. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba SP. 87p.

STANGERLIN, D. M., MELO, R. R.; GATTO, D. A., CADEMARTORI, P. H. G. Propriedades de flexão estática da madeira de *Carya illinoensis* em duas condições de umidade. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 01, n. 02, p. 70-79, 2010.

VIEIRA, H. C. **Anatomia Da Madeira De Espécies Arbóreas Da Floresta Ombrófila Mista**. 2017. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages-SC. 2017.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação de densidade da madeira.1984**. Disponível em: <[http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1984\\_Metodos\\_determinacao\\_densidade.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1984_Metodos_determinacao_densidade.pdf)> Acesso em: 20 nov. 2018.

VITORIO, L. A. P. **Densidade da Madeira de Espécies da Caatinga**. 2013. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande –PB. 2013.

VIVIAN, M. A.; MODES, K. S.; BELTRAME, R.; MORAIS, W. C.; SOUZA, J. T.; MACHADO, W. G.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R. Resistência da madeira decanáfistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) ao PSF e a umidade de equilíbrio. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v.1, n.1, p.12-25, 2010.

ZIECH, R. Q. S. **Características tecnológicas da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem)**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 2008.

## APÊNDICE A – ANOVA Flexão estática

Tabela 1 – Análise de variância para módulo de elasticidade (MOE).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Madeira	3	494.250.576	164.750.192.253	130.683	0.0000*
Umidade	1	220.221.052.312	220.221.052.312	174.684	0.0000*
Madeira*Umidade	3	30.289.196.715	10.096.398.905	8.009	0.0000*
Erro	215	271.047.474.391.058	1.260.685.927.400		

CV (%) = 20,21

Em que: \* significativo em nível de confiança de 5% ( $p < 0,01$ )

Tabela 2 – Análise do desdobramento do fator umidade dentro de cada nível do fator madeira.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Umidade	1	29.937.207.382	29.937.207.382	23.747	0.0000*
Umidade	1	56.604.620.037	56.604.620.037	44.900	0.0000*
Umidade	1	84.925.074.126	84.925.074.126	67.364	0.0000*
Umidade	1	79.043.347.482	79.043.347.482	62.699	0.0000*
erro	215	271.047.474.391	1.260.685.927		

Em que 1: *S. glanulosum*, 2: *Z. rhoifolium*, 3: *S. mauritianum*, 4: *Ocotea puberula*. \* significativo em nível de confiança de 5% ( $p < 0,01$ ).

Tabela 3 – Teste de médias para a variável MOE nas duas condições de umidade para a espécie *S. glanulosum*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	2.334.398	b
2	3.797.648	a

Em que: 1: saturado; 2: seco. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Teste de médias para a variável MOE nas duas condições de umidade para a espécie *Z. rhoifolium*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	5.829.953	b
2	7.806.924	a

Em que: 1: saturado; 2: seco. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Teste de médias para a variável MOE nas duas condições de umidade para a espécie *S. mauritianum*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	5.449.401	b
2	8.007.208	a

Em que: 1: saturado; 2: climatizado. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6 – Teste de médias para a variável MOE nas duas condições de umidade para a espécie *O. puberula*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	4.583.604	b
2	6.942.059	a

Em que: 1: saturado; 2: climatizado. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7 – Teste de médias entre espécies para a variável MOE saturado.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	2.334.398	c
4	4.583.604	b
3	5.449.401	a
2	5.829.953	a

Em que: 1: *S. glanulosum*; 2: *Z. rhoifolium*; 3: *S. mauritianum*; 4: *Ocotea puberula*. Teste de tukey a 5% de probabilidade

Tabela 8 – Teste de médias entre espécies para a variável MOE climatizado.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	3.797.648	c
4	6.942.059	b
2	7.806.924	a
3	8.007.208	a

Em que: 1: *S. glanulosum*; 2: *Z. rhoifolium*; 3: *S. mauritianum*; 4: *Ocotea puberula*. Teste de tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 9 – Análise de Variância para o módulo de ruptura (MOR).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Madeira	3	20.505.649	6.835.216	152.020	0.0000*
Umidade	1	30.917.653	30.917.653	687.631	0.0000*
Madeira*Umidade	3	3.836.098	1.278.699	28.439	0.0000*
Erro	215	9.666.953	44.962		

CV (%) = 16,30

Em que: \* significativo em nível de confiança de 5% ( $p < 0,01$ )

Tabela 10 – Análise do desdobramento do fator umidade dentro de cada nível do fator madeira.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Umidade	1	2.769.898	2.769.898	61.605	0.0000*
Umidade	2	9.453.834	9.453.834	210.260	0.0000*
Umidade	3	9.231.805	9.231.805	205.322	0.0000*
Umidade	4	13.298.213	13.298.213	295.762	0.0000*
Erro	215	9.666.953	44.962		

Em que 1: *S. glanulosum*; 2: *Z. rhoifolium*; 3: *S. mauritianum*; 4: *Ocotea puberula*. \*significativo em nível de confiança de 5% ( $p < 0,01$ )

Tabela 11 – Teste de médias para a variável MOR nas duas condições de umidade para a espécie *S. glanulosum*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	17.364	b
2	31.438	a

Em que: 1: saturado; 2: climatizado. Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 12 – Teste de médias para a variável MOR nas duas condições de umidade para a espécie *Z. rhoifolium*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	35.449	b
2	60.998	a

Em que: 1: saturado; 2: climatizado. Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 13 – Teste de médias para a variável MOR nas duas condições de umidade para a espécie *S. mauritianum*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	34.097	b
2	60.765	a

Em que: 1: saturado; 2: climatizado. Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 14 – Teste de médias para a variável MOR nas duas condições de umidade para a espécie *O. puberula*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	30.811	b
2	61.401	a

Em que: 1: saturado; 2: climatizado. Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 15 – Teste de médias entre espécies para a variável MOR na condição saturada.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	17.364	c
4	30.811	b
3	34.097	ba
2	35.449	a

Em que: 1: *S. glanulosum*; 2: *Z. rhoifolium*; 3: *S. mauritianum*; 4: *Ocotea puberula*. Teste de tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 16 – Teste de médias entre espécies para a variável MOR na condição climatizada.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	31.438	b
3	60.765	a
2	60.998	a
4	61.401	a

Em que: 1: *S. glanulosum*; 2: *Z. rhoifolium*; 3: *S. mauritanum*; 4: *Ocotea puberula*. Teste de tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 17 – Análise de variância para a carga máxima.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Madeira	3	9.750.161.666	3.250.053.888	114.305	0.0000*
Umidade	1	11.889.990.495	11.889.990.495	418.172	0.0000*
Madeira*Umidade	3	1.332.712.042	444.237.347	15.624	0.0000*
Erro	215	6.113.144.075	28.433.228		

CV (%) = 17,42

Em que: \* significativo em nível de confiança de 5% ( $p < 0,01$ ).

Tabela 18 – Análise do desdobramento do fator umidade dentro de cada nível do fator madeira.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Umidade	1	1.596.304.889	1.596.304.889	56.142	0.0000*
Umidade	2	3.392.646.733	3.392.646.733	119.320	0.0000*
Umidade	3	2.698.081.780	2.698.081.780	94.892	0.0000*
Umidade	4	5.535.669.134	5.535.669.134	194.690	0.0000*
Erro		6.113.144.075	28.433.228		

Em que: 1: *S. glanulosum*; 2: *Z. rhoifolium*; 3: *S. mauritanum*; 4: *Ocotea puberula*. \* significativo em nível de confiança de 5% ( $p < 0,01$ )

Tabela 19 – Teste de médias para a variável carga máxima nas duas condições de umidade da espécie *S. glanulosum*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	434.493	b
3	772.380	a

Em que: 1: saturado; 2: climatizado. Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 20 – Teste de médias para a variável carga máxima nas duas condições de umidade da espécie *Z. rhoifolium*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	821.043	b
3	1.305.041	a

Em que: 1: saturado; 2: climatizado. Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 21 – Teste de médias para a variável carga máxima nas duas condições de umidade da espécie *S mauritianum*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	908.886	b
3	1.364.794	a

Em que: 1: saturado; 2: climatizado. Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 22 – Teste de médias para a variável carga máxima nas duas condições de umidade da espécie *O. puberula*.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	789.587	b
3	1.413.724	a

Em que: 1: saturado; 2: climatizado. Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 23 – Análise de variância do desdobramento do fator madeira dentro de cada nível do fator umidade.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Madeira	1	3.560.483.430	1.186.827.810	41.741	0.0000*
Madeira	2	7.522.390.278	2.507.463.426	88.188	0.0000*
Erro		6.113.144.075	28.433.228		

Em que: \* significativo em nível de confiança de 5% ( $p < 0,01$ ).

Tabela 24 – Teste de médias entre espécies para a variável carga máxima na condição saturada.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	434.493	c
4	789.587	b
2	821.043	ba
3	908.886	a

Em que: 1: *S. glanulosum*; 2: *Z. rhoifolium*; 3: *S. mauritianum*; 4: *Ocotea puberula*. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 25 – Teste de médias entre espécies para a variável carga máxima na condição climatizada.

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	772.380	b
2	1.305.041	a
3	1.364.794	a
4	1.4137.24	a

Em que: 1: *S. glanulosum*; 2: *Z. rhoifolium*; 3: *S. mauritianum*; 4: *Ocotea puberula*. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.