

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Rodrigo Coldebella

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E
ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Maclura tinctoria* (L.) D. DON EX
STEUD.**

Santa Maria, RS
2016

Rodrigo Coldebella

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E
ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Maclura tinctoria* (L.) D. DON EX STEUD.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Tecnologia de Produtos Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristiane Pedrazzi

Santa Maria, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Coldebella, Rodrigo

CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Maclura tinctoria* (L.) D. DON EX STEUD. / Rodrigo Coldebella.-2016.

87 p.; 30cm

Orientadora: Cristiane Pedrazzi

Coorientador: Clóvis Roberto Haselein

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2016

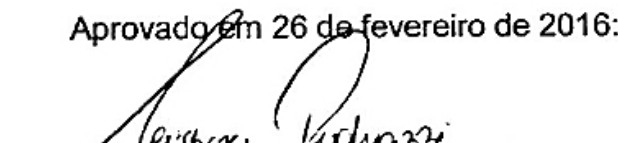
1. *Maclura tinctoria* 2. Propriedades Químicas da Madeira 3. Propriedades Físicas da Madeira 4. Propriedades Anatômicas da Madeira I. Pedrazzi, Cristiane II. Haselein, Clóvis Roberto III. Título.


Rodrigo Coldebella

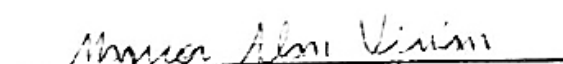
CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Maclura tinctoria* (L.) D. DON EX STEUD.

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Tecnologia de Produtos Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Aprovado em 26 de fevereiro de 2016:


Prof^a Dr^a Cristiane Pedrazzi
(Presidente/Orientadora)


Rafael Beltrame, Dr. (UFPEL)


Magnos Alan Vivian, Dr. (UFSC)

Santa Maria, RS
2016

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todo o caminho traçado que me fez chegar onde estou hoje.

Aos dois maiores mestres que a vida me deu, a quem me espelho todo dia: Pai e Mãe, ou como todos chamam carinhosamente de Professor Elizeu e Professora Marli, os responsáveis pelos meus maiores e melhores ensinamentos. Obrigado por tudo e, obrigado pela Vida.

Aos meus irmãos Liamara, André e Valeska, por poder contar com o carinho e amizade de vocês, hoje e sempre.

À minha orientadora, Cristiane, pela sabedoria e pelo amor dedicado à profissão e a esses dois anos de convivência. Serei eternamente grato.

Ao toque feminino do LAQUIM, às meninas, aos meus anjos: Bruna, Evelyn, Francieli, Indiara, Jaqueline e Marina. Muito desse trabalho eu devo à paciência e ao carinho de vocês.

Aos homens de “palavra” que conheci quando em busca da Tajuva: Ao Sr. José, por me apresentar a árvore; ao Sr. Dallabona, o “caçador de Tajuvas” e, um dos maiores viabilizadores desse projeto, um grande amigo que a vida me deu, por todo ensinamento, Sr. Augusto ou, como eu prefiro: Sócrates. Mil gracias!

Aos colegas da anatomia da madeira, na figura do Professor Marchiori pelas sábias palavras; à Talita, pela confecção das lâminas; e, ao grande amigo Paulo Fernando “PF”, pela perseverança em me ensinar anatomia da madeira.

Aos membros da banca examinadora e amigos Rafael Beltrame e Magno Vivian.

À todo pessoal do LPF: ao professor Clóvis pela “ficha apostada”; ao Danilo pela força; ao André Missio, pela ajuda em todo o projeto; ao Joel pelo incentivo para me tornar um Mestre; à paciência do Anderson; ao Henrique; Fernando; às meninas Camila, Fernanda, Fernanda e Sabrina. Ao Tarso, em especial pela mão amiga e pelas boas ideias. Agradeço.

Por poder agradecer à todos, devo isso a uma pessoa em especial, a minha maior incentivadora: minha noiva Ronize. Assim, como num jogo de xadrez, o Rei só está no jogo pois a Rainha o protege e, é a última a ser derrotada. Muito Obrigado. Te amo.

Rodrigo C.

Acredite. Até uma árvore pode mudar a tua vida!

RESUMO

CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Maclura tinctoria* (L.) D. DON EX STEUD.

AUTOR: Rodrigo Coldebella

ORIENTADORA: Prof^a Dr^a Cristiane Pedrazzi

A eminência da construção da barragem Panambi, no município de Alecrim, Rio Grande do Sul, afetando o município de Porto Mauá, a qual alagará milhares de hectares de mata atlântica, habitat da *Maclura tinctoria* e, a grande exploração da espécie na região motivaram o início desse trabalho de pesquisa. Popularmente, a espécie é conhecida como Tajuva, apresenta porte arbóreo, e pertence à família botânica Moraceae, nativa do Rio Grande do Sul. É uma espécie semicaducifolia, com altura entre 10 a 30 metros e, com até 100 cm de diâmetro; fuste curto, com casca lisa, verde acinzentada com numerosas lenticelas amareladas, muitas vezes, com presença de espinhos ramificados. O estudo teve como objetivo a descrição anatômica, a caracterização química e a determinação das densidades básica e ponderada da madeira de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud. As cinco árvores estudadas foram obtidas através de licenciamento ambiental, de acordo com a legislação vigente. Três amostras do lenho, retiradas do DAP foram utilizadas para a confecção de lâminas histológicas e para a quantificação das fibras. Para a determinação da densidade da madeira e para as análises químicas da madeira, foram retirados discos do tronco e divididos em cunhas. Foram utilizadas cunhas opostas retiradas de seis alturas pré-estabelecidas (base, DAP, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial). Utilizou-se as normas da ASTM para determinação da densidade, e da TAPPI para as análises químicas da madeira. O lenho foi anatomicamente descrito e ilustrado com fotomicrografias. O tecido lenhoso é constituído principalmente por fibras ($60 \pm 3,4\%$) e raios ($20 \pm 2,3\%$), totalizando aproximadamente 80%. O restante, ou seja, 20 % estão divididos entre vasos ($12 \pm 4\%$) e parênquima axial ($8 \pm 3\%$). Os valores médios, para a densidade básica média (pb) e ponderada (ppond), foram de 0,539 e 0,555 g/cm³, respectivamente. Os constituintes macromoleculares da madeira de cerne e alburno foram determinados separadamente. Os teores médios encontrados para extrativos totais (18,92; 6,32%); lignina Klason (17,58; 17,55%); holocelulose (63,45; 78,59%); alfa celulose (35,44; 44,38%); hemiceluloses (28,01; 34,21%) e cinzas (1,08; 1,35%), para cerne e alburno, respectivamente, totalizando $102,42 \pm 3,1\%$. O lenho da Tajuva reúne as características anatômicas predominantes em Moraceae, enquadrando a espécie em sua respectiva família botânica. É considerada uma espécie evoluída anatomicamente. A densidade apresenta decréscimo de valores em relação à posição axial da planta. O cerne é constituído por compostos fenólicos e ácidos em maior proporção em relação ao alburno, que apresenta maiores teores de amido. Estudos sobre a durabilidade natural e a qualidade da madeira são fundamentais para indicar a melhor aplicação da madeira.

Palavras chave: Tajuva; Anatomia da Madeira; Densidade Básica e Ponderada; Constituintes Macromoleculares, Cerne e Alburno.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF PHYSICAL, CHEMICAL AND ANATOMICAL PROPERTIES OF *Maclura tinctoria* (L.) D. DON EX STEUD.

AUTHOR: Rodrigo Coldebella

SUPERVISOR: Prof^a Dr^a Cristiane Pedrazzi

The imminence of Panambi's dam construction, in the municipality of Alecrim, Rio Grande do Sul, affecting the municipality of Porto Mauá, which will overflow thousands of hectares of rainforest, *Macluratinctoria's* habitat and, the great exploitation of the specie in the region led to the initiation of this research work. The specie is commonly known as Tajuva, presents arboreal sized, and belongs to the botanical family Moraceae, native of Rio Grande do Sul. It is a semideciduous specie, with heights between 10 to 30 meters and, up to 100 cm of diameter; short trunk, with a smooth bark, grayish green with many yellowed lenticels, many times, with the presence of branched thorns. The study aimed to the realization of anatomical description, the chemical characterization and the basic and weighted densities of *Maclura tinctoria*(L) D. Don Ex Steud wood. The five studied exemplars were obtained through environmental license, in accordance with current legislation. Three wood samples, taken from BHD were used for the manufacture of histological slides and for the fibers quantification. To the determination of wood density and the chemical analysis of wood, disks were removed from the trunk and divided into opposing wedges. It were used opposing wedges removed from six pre-established heights (base, DAP, 25%, 50%, 75% and 100% of commercial height). It was used the ASTM standards to determinate the density, and from TAPPI to the chemical analysis of wood. The wood was anatomically described and illustrated with photomicrographs. The woody tissue consist mainly of fibers ($60 \pm 3,4\%$) and rays ($20 \pm 2,3\%$), totaling approximately 80%. The remaining, in other words, 20% are divided into vessels ($12 \pm 4\%$) and axial parenchyma ($8 \pm 3\%$). The mean values, to the basic density (pb) and weighted density (ppond), were 0,539 and 0,555 g/cm³, respectively. The macromolecular constituents of heartwood and sapwood were determinate separately. The average content found for extractives (18,92; 6,32%); Klason lignin (17,58; 17,55%); holocellulose (63,45; 78,59%); alpha-cellulose (35,44; 44,38%); hemicelluloses (28,01; 34,21%) and ashes (1,08; 1,35%), to the heartwood and sapwood, respectively, totaling $102,42 \pm 3,1\%$. The Tajuva's wood brings together the anatomical characteristics prevalent in Moraceae, framing the specie in their respective botanical family. It is considered an evolved specie anatomically. The density presents a decrease in the values in relation to the axial position of the plant. The heartwood is constituted of phenolic compounds and acids in a higher proportion relative to the sapwood, which presents higher starch contents. Studies about the natural durability and the wood quality are fundamental to indicate the best application of wood.

Key- words: Tajuva; Wood anatomy; Basic and Weighted Density; Macromolecular constituents. Heartwood and Sapwood.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conteúdo dos principais componentes da madeira.....	27
Tabela 2 - Principais características dos componentes macromoleculares.	33
Tabela 3 - Dados dendrométricos e a localização geográfica das cinco árvores selecionadas.	39
Tabela 4 - Características do lenho de <i>Maclura tinctoria</i>	60
Tabela 5 - Composição química do lenho de Tajuva.	74
Tabela 6 - Composições Químicas Médias do Lenho da Tajuva e de Outras Madeiras (%).	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhes da Tajuva.	16
Figura 2 - Detalhes da transição entre lenho inicial (LI) e lenho tardio (LT).	20
Figura 3 - Ultraestrutura da parede celular.....	21
Figura 4 - Ultraestrutura da parede celular em micrografia eletrônica.....	22
Figura 5 - Planos anatômicos convencionais de corte.	23
Figura 6 - Estrutura macroscópica do caule.	23
Figura 7 - Estrutura molecular da celulose.....	28
Figura 8 - Estrutura hierárquica da molécula de celulose.	29
Figura 9 - Estrutura química parcial da xilana.	30
Figura 10 - Estrutura química da galactoglucomanana.	30
Figura 11 - Precursores da lignina.	31
Figura 12 - Estrutura química da lignina.....	31
Figura 13 - Principais flavonóides da Tajuva.....	34
Figura 14 - Localização geográfica de Porto Mauá - RS.....	36
Figura 15 - Malha hidrográfica de Porto Mauá, RS.	37
Figura 16 - Amostragem dos discos na tora.....	40
Figura 17 - Amostragem em cunhas opostas.....	41
Figura 18 - Confecção das lâminas anatômicas.....	42
Figura 19 - Determinação da densidade básica da madeira.	44
Figura 20 – Palitos produzidos a partir das cunhas, alburno (A) e cerne (B).	45
Figura 21 - Balança de precisão (A), Estufa a 105° C. (B) e Dessecador (C).	47
Figura 22 - Processo de determinação do teor de cinzas.	48
Figura 23 - Processo de extração da madeira.....	50
Figura 24 - Determinação do teor de lignina.	53
Figura 25 - Determinação do teor de holocelulose.....	55
Figura 26 - Determinação do teor de alfa-celulose.....	57
Figura 27 - Composição dos diferentes tipos celulares do tecido lenhoso da Tajuva.	58
Figura 28 - Fotomicrografias do lenho de <i>Maclura tinctoria</i>	62

Figura 29 - Valores médios e equação de regressão para densidade básica (A) e densidade verde (B) no sentido base-topo, para cada árvore (T).	63
Figura 30 - Valores médios para densidade básica ponderada no sentido base-topo, para cada árvore (T).....	65
Figura 31 - Teores de extrativos nas diferentes alturas estudadas para cerne e alburno da madeira de Tajuva.....	67
Figura 32 - Teores de lignina klason nas diferentes alturas estudadas para cerne e alburno da madeira de Tajuva.....	69
Figura 33 - Teores de holocelulose nas diferentes alturas estudadas para cerne e alburno da madeira de Tajuva.....	70
Figura 34 - Teores de alfa celulose nas diferentes alturas estudadas para cerne e alburno da madeira de Tajuva.....	72
Figura 35 - Teores de cinzas nas diferentes alturas estudadas para cerne e alburno da madeira de Tajuva.....	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	A ESPÉCIE ESTUDADA	15
2.2	PROPRIEDADES ANATÔMICAS DA MADEIRA	19
2.3	PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA	24
2.4	PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1	ÁREA DE COLETA DO MATERIAL	36
3.2	SELEÇÃO DO MATERIAL.....	38
3.3	LICENCIAMENTO FLORESTAL	39
3.4	AMOSTRAGEM.....	40
3.4.1	Confecção das Lâminas Anatômicas	41
3.4.2	Determinação da Densidade Básica	43
3.4.3	Amostragem Para Análises Químicas	45
3.5	ANÁLISES QUÍMICAS.....	46
3.5.1	Determinação do Teor de Umidade – Norma TAPPI t210 cm-93	46
3.5.2	Determinação de Cinzas - TAPPI T 211 om-93.....	47
3.5.3	Determinação do Teor de Extrativos Totais - TAPPI T264 cm-97 - ADAPTADA	48
3.5.4	Determinação de Lignina Klason - Norma TAPPI T222 om-98	51
3.5.5	Determinação de Holocelulose - Metodologia LCP Viçosa - adaptada..	53
3.5.6	Determinação de Alfa-Celulose - NORMA TAPPI T203 cm-99	55
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.1	DESCRIÇÃO DA ANATOMIA DA MADEIRA.....	58
4.2	PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA	63
4.2.1	Densidade Básica, Verde e Ponderada.....	63
4.3	ANÁLISE QUÍMICA DA MADEIRA	66
4.3.1	Teor de Umidade.....	66
4.3.2	Teor de Extrativos Totais.....	66
4.3.3	Teor de Lignina Insolúvel (Klason)	68
4.3.4	Determinação do Teor de Holocelulose	70
4.3.5	Teor de Alfa Celulose	71
4.3.6	Teor de Cinzas	73
4.3.7	Composição Química	74
5	CONCLUSÕES	76
	REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

A eminência da construção da barragem Panambi, no município de Alecrim, Rio Grande do Sul, afetando o município de Porto Mauá, a qual alagará milhares de hectares de mata atlântica, habitat da *Maclura tinctoria* e, a grande exploração da espécie na região motivaram o início desse trabalho de pesquisa.

Relatos da literatura citam a comercialização da espécie como sendo um importante corante natural da antiguidade, extraído a partir do cerne da madeira, muitas vezes colhida no Brasil ou em países da América do Sul e transportada para a Europa no porão de navios mercantes. Pode-se destacar, relatos descritos pelo Padre Manuel Aires de Casal, em 1817: “*A Tatagiba, que e o Morus tinctoria de Lineu, dá uma excelente tinta amarela, extraida por cozimento do seu lenho em agua comum, juntando-se-lhe uma porcao de pedra ume*”. E, por Joaquim António Guimarães Gonçalves (2006) ao qual cita: “*...a Viuva Antunes recebeu de Pernambuco, em Abril de 1818, açúcar, algodão, milho, aguardente, vaquetas, sola, cera, unto e tatajuva pelo bergantim Boa Esperança, no qual carrega para o mesmo destino sal, pano de linho, chapéus e ferragens...*”.

Regionalmente, a exploração ocorreu devido à alta qualidade da madeira e, a relativa abundância de plantas, atingindo seu ápice com o auxílio de serrarias locais e, posterior decréscimo, em razão da ampliação da fiscalização e ao maior do rigor nas leis ambientais.

Madeiras nativas, diferentemente de espécies exóticas comerciais, não são comumente estudadas, fato esse que impede sua exploração sustentável pela falta de conhecimentos técnicos ou científicos sobre a madeira.

A exemplo da Tajuva, madeira que já foi mercadoria de troca em outros tempos, amplamente utilizada como corante e, de acordo com Gomes et al. (2010) é considerada uma espécie em processo de extinção devido à exploração predatória da madeira e à baixa taxa de germinação das sementes, mesmo tolerando diferentes tipos de solos e apresentando crescimento relativamente rápido a pleno sol.

Estudos sobre a caracterização tecnológica da madeira da Tajuva são escassos, para a química, destacam-se trabalhos sobre flavonoides (EL-SOHLY et al., 1999), antioxidantes (CIOFFI et al., 2003) e polifenóis (LAMOUNIER, 2010), sendo todos direcionados à indústria farmacêutica.

Este trabalho, portanto, tem o objetivo de caracterizar a anatomia do lenho, que é ilustrada com fotomicrografias, determinar as densidades básica, verde e ponderada e, caracterizar quimicamente a madeira do cerne e alburno em seis alturas pré-definidas, contribuindo dessa forma com os estudos já publicados para a *Maclura tinctoria* (Tajuva).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A ESPÉCIE ESTUDADA

A família Moraceae inclui cerca de 50 gêneros e 1500 espécies, distribuídas, principalmente, nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (SOUZA; LORENZI, 2012), os mesmos autores afirmam que, no Brasil, há a ocorrência de 18 gêneros e aproximadamente 200 espécies, destas, 65 são consideradas endêmicas (ROMANIUC NETO et al., 2010).

São características da família: a presença de estípulas terminais livres ou unidas, os canais laticíferos, distribuídos por todas as partes da planta, látex branco, amarelo ou creme, de ralo a espesso (SANTOS, 2012), as cicatrizes estipulares amplexicaules (MARCHIORI, 1997), bem como pelos ramos inermes ou, menos frequentemente, armados. As folhas são simples, alternas, de bordos inteiros ou recortados, as inflorescências são do tipo sicônio, racemo ou espiga e, os frutos do tipo aquênio ou drupa (SOBRAL et al., 2013).

Apresentam, principalmente, hábitos arbóreos mas, são representados também por ervas, arbustos, trepadeiras e hemiepífitas (SOUZA, 2009).

A *Maclura tinctoria*, é regionalmente conhecida por Tajuva, com variações dos nomes populares tais como: amoreira-branca, amoreira-de-espinho, taiúva, tatajuba, tatayba, tatayuva, estas últimas são procedentes do Tupi-Guarani: *tata*= fogo, do latim *ignis* e *yba*= árvore, do latim *arbor*; *atá* (T.) tirar e, *juba/yuva*= amarelo; tatayba ou pau-de-fogo (VARNHAGEM, 1851).

Segundo o The International Plant Names Index (IPNI), é sinônimo botânico da *Maclura tinctoria*: *Chlorophora tinctoria* (L.) Gaudich. Ex Benth & Hook. F.

De acordo com a etimologia, o gênero *Maclura*, é uma homenagem a William Maclure (1763-1840) (SALEM, 2013), considerado o “pai” da geologia norte-americana (PITZER, 1989). Já o epíteto *tinctoria*, refere-se à coloração amarelada da madeira e, do exsudado, quando a casca, as folhas ou ramos são feridos (Figura 1B) (CARAUTA, 1996).

Figura 1 - Detalhes da Tajuva.



Sendo: A – detalhes do tronco. B – exsudado do caule. C – lenticelas no caule de indivíduo de pequeno porte. D – espinhos ramificados. E – folha em face abaxial. F – raízes expostas e de coloração amarelada. GH – detalhes do cerne e albúmeno.

Fonte: Autor.

A espécie apresenta distribuição desde o Sudeste do Brasil até o norte da América do Sul (VIANNA FILHO, 2007). No Rio Grande do Sul, espalha-se nas mais variadas formações florestais, segundo Sobral et al. (2006), ocorre na mata atlântica, na floresta do Alto Uruguai e na floresta da encosta meridional da Serra Geral. Em

Porto Mauá, pode ser encontrada em toda extensão margeada pelo Rio Uruguai, não mais distante de 2000 metros das margens, tanto em áreas de pastagens e, via de regra, nas bordas de matas secundárias.

De hábito heliófilo, com crescimento relativamente rápido a plena luz, ocorre em solos úmidos de planícies e encostas, desenvolve-se muitas vezes perto de rios e córregos, podendo também tolerar solos secos (CORDERO; BOSHIER, 2003) e, até mesmo solos pedregosos (PAULA; ALVES, 1997).

É uma espécie arbórea (Figura 1A), semicaducifólia, com altura entre 10 a 30 metros e, com até 100 cm de diâmetro (LORENZI, 2008). Fuste curto, com casca lisa, verde acinzentada com numerosas lenticelas amareladas (Figura 1C) (CORDERO; BOSHIER, 2003), muitas vezes, com presença de espinhos ramificados (Figura 1D) (MARCHIORI, 1997). Little Junior et al. (1988) destaca que, as raízes secundárias são de brilhante coloração amarela e, quando expostas, servem de apoio a identificação da espécie (Figura 1F).

A copa é globosa ou umbeliforme (MARCHIORI, 1997), larga e espalhada, de folhagem rala (LITTLE JUNIOR et al., 1988), muito bem definida por José de Saldanha da Gama e Filho (1865), salientando que, uma única árvore, poderia sombrear uma área grande de terreno devido aos seus longos galhos, formando uma copa larga e elegante.

As folhas são simples e alternas (Figura 1E), de pecíolo curto, com comprimento variando de 5 a 13 cm e, largura entre 2 a 6 cm (LITTLE JUNIOR et al., 1988). Santos (2012) descreve a face adaxial como sendo pubérula a hirsuta e, a face abaxial hirsuta, com tricomas concentrados nas nervuras. O limbo pode ser ovado, elíptico, oblongo-lanceolado, ovado-elíptico e, com ápice longo acuminado, base aguda a obtusa ou arredondada (LITTLE JR et al., 1988; CARVAJAL, 2007; SOUZA, 2009; JACOMASSI et al., 2010). A margem da folha tende a ser serrilhada, com os dentes muito pertos entre si, podendo assumir formas inteiras ou crenadas (CORDERO; BOSHIER, 2003; CARVAJAL, 2007; SOUZA, 2009).

A espécie, sendo dióica, apresenta flores masculinas e femininas em árvores distintas (CORDERO; BOSHIER, 2003). As inflorescências masculinas são em forma de espigas delgadas com até 15 cm de comprimento (CARVAJAL, 2007), solitárias e fixas na base das folhas ou dos nós, compostas de cálice pequeno e de estames com coloração amarelo pálido. Já a inflorescência feminina é globosa, de até 2 cm de

diâmetro, solitária, com ovário pequeno, filiforme e de coloração esbranquiçada (LITTLE JUNIOR et al., 1988).

Lorenzi (2008) destaca que a planta floresce nos meses de setembro a outubro e a maturação dos frutos ocorre de dezembro a janeiro. Souza (2009) cita ainda que podem ocorrer florações e frutificações esporádicas.

O fruto é globoso, múltiplo, composto por diminutas drupas (OYAMA; SOUZA, 2011), leve e carnosos (CARVAJAL, 2007), muito suculento e doce quando maduro (LITTLE JUNIOR et al., 1988), com diâmetro de até 2 cm (JACOMASSI et al., 2010). Battilani et al. (2006) sugerem que frutos como os da Tajuva, atraem vertebrados frugívoros, a exemplo, do morcego-das-frutas (OPREA et al., 2007; WEBER et al., 2011) e do bugio (AGUIAR et al., 2003), tornando a espécie atrativa para a fauna local.

O fruto contém muitas sementes achatadas, minúsculas, de coloração marrom (LITTLE JUNIOR et al., 1988) e elípticas (SOUZA, 2009; JACOMASSI et al., 2010). O número de sementes por quilograma varia de 200.000 (CORDERO; BOSHIER, 2003) a 384.000 (LORENZI, 2008).

A madeira é densa e pesada, com densidade básica aparente variando de 0,76 a 0,97 g/cm³ (PAULA; ALVES, 1997). Little Junior; Dixon (1983) determinaram a densidade da madeira verde, encontrando o valor de 1,15 g/cm³, Gonzaga (2006) cita, a 15% de umidade, a densidade de 0,88 g/cm³, mesmo valor citado por Lorenzi (2008). A aplicação da madeira, sugerida por Reitz et al. (1983), é a carpintaria naval, desde a fabricação da sobre quilha, passando pela forração interna até o convés, já Gonzaga (2006), cita a madeira como sendo de fino acabamento, ótima para fabricação de móveis, assoalhos, peças decorativas e esquadrias internas e externas. Cordero; Boshier (2003) sugerem usos mais amplos para a madeira, como sua utilização em carrocerias, parquetes, chapas e laminados, barris e tonéis, cabos de ferramentas, dormentes, pontaletes de pontes, postes, esteios de casas, esculturas, artesanatos e, lenha de alta qualidade, mesmo sendo difícil de ser rachada, aspecto esse devido à presença de grã reversa (LORENZI, 2008).

O alburno, de tom esbranquiçado (LITTLE JUNIOR et al., 1988) é muito bem diferenciado do cerne, que apresenta coloração amarela intensa logo após a madeira ser cortada, passando a um castanho ou marrom dourado quando exposta ao ar (Figura 1GH) (CORDERO; BOSHIER, 2003).

Cordero; Boshier (2003) assim como Lorenzi (2008), destacam a alta resistência da madeira ao ataque de organismos xilófagos (cupins e fungos de podridão branca e parda), mesmo em condições de apodrecimento.

De acordo com Reitz et al. (1983), a madeira apresenta baixa permeabilidade em relação a soluções preservantes, mesmo sob pressão e, o cerne não é tratável (IBAMA, 1997).

2.2 PROPRIEDADES ANATÔMICAS DA MADEIRA

A descrição anatômica, além da identificação e classificação de espécies (FERREIRA, 2012), tem sido amplamente utilizada na área da tecnologia de produtos florestais, com o objetivo de descrever as características estruturais da madeira (PAULA, 2003), formando assim, uma base de aplicações tecnológicas, sendo de fundamental importância para o melhor aproveitamento das espécies (OLIVEIRA et al., 2006). Zenid; Ceccantini (2007), destacam a importância da identificação de madeiras serradas, através das propriedades anatômicas, com a finalidade de detecção de enganos e fraudes na comercialização da madeira.

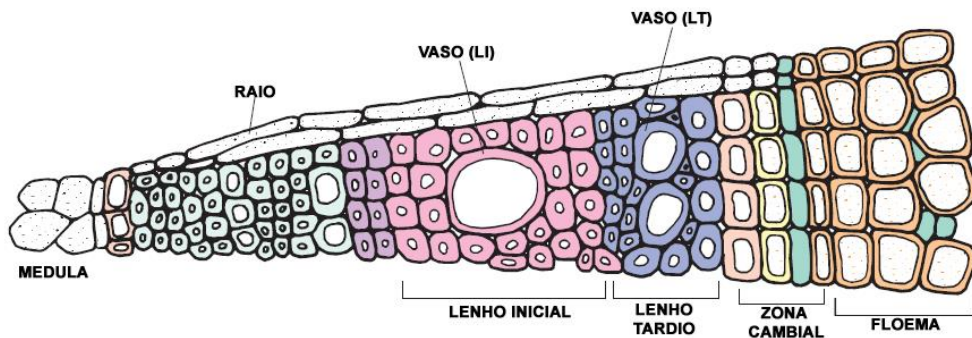
Gonçalves (2006) ressalta que, para aplicações tecnológicas de caráter industrial, é fundamental que se conheça a estrutura anatômica da madeira, uma vez que todo seu comportamento químico, físico e mecânico está diretamente associado à estrutura celular.

Para o estudo anatômico em madeiras, são levados em consideração os caracteres macro e microscópicos. Através de observações da estrutura anatômica macroscópica, é possível identificar algumas das propriedades da madeira (CHIMELO, 1980). Os caracteres macros, não sensoriais, são observados com auxílio de lupa com aumento de 10 vezes, onde são definidas as camadas de crescimento, os tipos de parênquimas, vasos/poros e raios (ZENID; CECCANTINI, 2007). De acordo com Burger; Richter (1991), as características macroscópicas sensoriais ou organolépticas englobam a cor, cheiro, gosto, tipo de grã, textura, massa específica (peso da madeira) e a dureza.

Sobre as características microscópicas, a Associação Internacional de Anatomistas da Madeira (IAWA, 1989) faz uma relação de todas que devem ser levadas em consideração na descrição anatômica, citando como principais: os anéis de crescimento, vasos, placas de perfuração, parênquima, raios e cristais.

Os anéis de crescimento são produzidos pelo câmbio vascular, durante um determinado período de tempo, acarretando na formação de dois lenhos distintos: o lenho inicial e o lenho tardio (WIEDENHOEFT, 2010). Segundo Kaennel; Schweingruber (1995), a transição entre os lenhos resulta na alteração das dimensões das células, como demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Detalhes da transição entre lenho inicial (LI) e lenho tardio (LT).



Fonte: Myburg; Sederoff, 2001 - Adaptado.

Os vasos são células especializadas na condução de líquidos na planta no sentido ascendente, normalmente axiais, interligados nas extremidades pelas placas de perfurações, formando uma estrutura tubiforme de comprimento indeterminado e, quando observados em seção transversal na madeira, aparecem como diminutos orifícios denominado de poros (CHIMELO; ANGYALOSSY, 1983; SILVA, 1987; BURGER; RICHTER, 1991; WIEDENHOEFT, 2010).

Os raios são formados por tecidos parenquimáticos, convergindo para a medula, tem a função de armazenamento, transformação e condução transversal da seiva elaborada. Durante a secagem, podem facilitar o surgimento de fendas na madeira (PEREIRA, 1933; BURGER; RICHTER, 1991; COSTA, 2001)

As funções de sustentação e suporte mecânico são desempenhadas pelas fibras, distribuídas no sentido paralelo ao tronco da árvore, apresentando paredes espessas e com poucas e pequenas pontuações simples. A espessura de suas paredes é o principal fator que determina a densidade e a alteração volumétrica na madeira (FERREIRINHA, 1958; BURGER; RICHTER, 1991; WIEDENHOEFT, 2010)

A estrutura da parede celular vegetal é composta por uma mistura de polissacarídeos (celulose, hemiceluloses e pectinas), proteínas, lignina, compostos fenólicos e sais minerais (FARINAS, 2011).

O principal componente da parede primária (PP) no xilema é uma rede desorganizada de fibrilas de celulose que permitem que a parede celular possa se expandir de acordo com o crescimento da célula, enquanto a parede secundária (PS) é formada internamente, durante e após essa expansão (MYBURG; SEDEROFF, 2001).

Burger; Richter (1991) citam que as microfibrilas de celulose, depositadas junto à parede primária, seguem certa orientação, o mesmo é afirmado por Myburg; Sederoff (2002), salientando que essa disposição acontece de forma regular, em camadas alternadas e com ângulos fixos, reforçando a célula e, ao mesmo tempo, mantendo a natureza elástica da parede primária.

A parede celular secundária da madeira é composta por três camadas S1, S2 e S3 (Figura 3 e Figura 4), cada camada pode ser considerada como uma fibra natural reforçada, onde a celulose cristalina e hidrofóbica está envolta em uma matriz hidrófila de celulose amorfa, hemicelulose e lignina (RAFSANJANI et al., 2014).

De acordo com Côté (1967), as espessuras relativas, em relação ao tamanho total da parede celular são: Parede primária $\pm 1\%$; S1 ± 10 a 20% ; S2 ± 40 a 90% e S3 ± 2 a 8% .

Figura 3 - Ultraestrutura da parede celular.

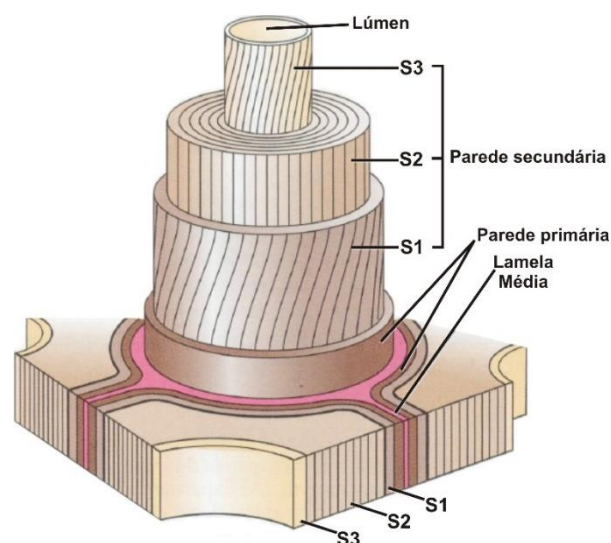
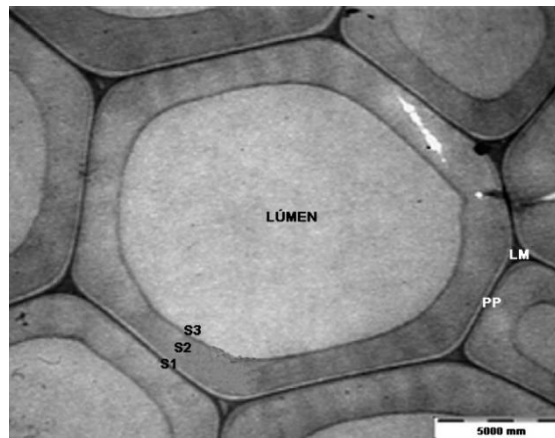


Figura 4 - Ultraestrutura da parede celular em micrografia eletrônica.



Fonte: Khalil et al., 2010 - adaptado.

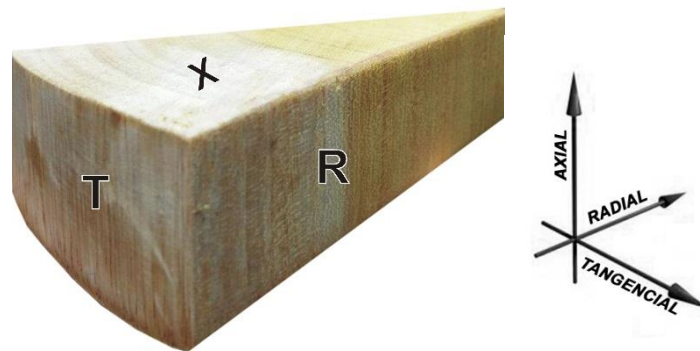
Brändström et al. (2003) propuseram que a camada S1 consiste de uma única lamela, em que a orientação das microfibrilas é mais ou menos perpendicular ao eixo da célula, salientando que essa camada é homogênea e rígida.

Sobre a camada S2, Rafsanjani et al. (2014), destacam a espessura e a importância estrutural para a célula, proporcionando suporte mecânico para o tecido. Os mesmos autores salientam a orientação das microfibrilas, estas quase em paralelo ao longo do eixo da célula. Devido ao grande volume ocupado pela camada S2, pode-se concluir que ela contribui nas variações dimensionais, como a contração e inchamento da madeira, densidade e resistência mecânica.

Para a camada interna, S3, Burger; Richter (1991), destacam os espessamentos especiais que por ventura possam ocorrer. Fahlén (2005), descreve a localização da camada S3, adjacente ao lúmen e a orientação das microfibrilas, perpendiculares ao eixo da célula. Wiedenhoeft (2010), cita a baixa concentração de lignina na camada S3, sendo esta, uma camada essencial para a condução de água na planta.

Embora a madeira possa ser seccionada em qualquer direção para estudos anatômicos, a organização e as inter-relações entre os eixos radiais e axiais (Figura 5) é que fornecem as melhores perspectivas, das quais são obtidas todas as informações.

Figura 5 - Planos anatômicos convencionais de corte.

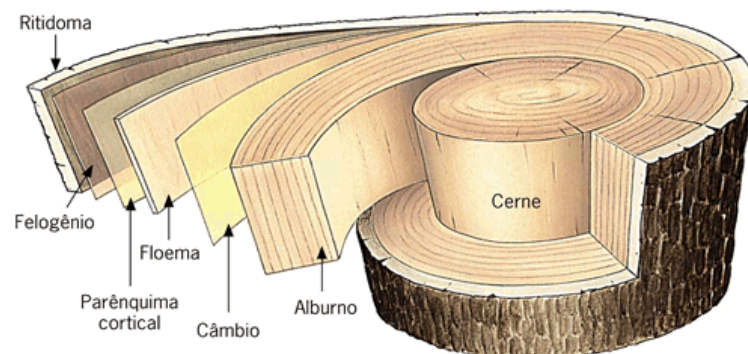


Fonte: Autor.

Conforme exemplificado na Figura 5, são adotados os seguintes planos: transversal (X), plano perpendicular ao eixo da árvore, face exposta quando a árvore é cortada fornecendo informações tanto na direção medula-casca quanto na direção circunferencial. Radial (R), paralelo aos raios e, tangencial (T), tangenciando os anéis de crescimento. Ambos são referidos como secções longitudinais, devido ao fato de estenderem-se paralelamente ao longo do eixo axial (BURGER; RICHTER, 1991; WIEDENHOEFT, 2010). A união dos três planos anatômicos demonstra a organização tridimensional da estrutura da madeira e, o modo em que as células estão organizadas.

A Figura 6, em corte esquemático, caracteriza macroscopicamente o caule. A partir da extremidade em direção ao centro, estão a casca externa, casca interna, câmbio vascular, alburno, cerne e a medula.

Figura 6 - Estrutura macroscópica do caule.



Fonte: blog Químiciabiologia, 2013.

A casca externa (tecido morto) oferece proteção mecânica para a casca interna (tecido vivo) e também, ajuda a limitar a perda água por evaporação, a casca interna é o tecido através do qual os açúcares, produzidos por fotossíntese são translocados a partir das folhas para as raízes (WIEDENHOEFT, 2010). Para Burger; Richter (1991), além do armazenamento e condução de nutrientes pelo floema, a casca auxilia na identificação de árvores vivas e contribui para a distinção entre espécies semelhantes.

O câmbio situado entre o xilema e o floema, permanece ativo durante toda a vida da planta, sendo responsável pela formação dos tecidos secundários que constituem o xilema e a casca (BURGER; RICHTER, 1991).

Wiedenhoeft (2010), define o alburno como sendo um tecido ativo, condutor de água e sais minerais, por absorção das raízes, até as folhas. Já o cerne, não apresenta atividade fisiológica, possui um tecido mais compacto, com baixo teor de nutrientes, coloração diferenciada, apresentando uma durabilidade natural superior em relação ao alburno. Tem função exclusiva de sustentação do vegetal (Burger; Richter, 1991; Costa, 2001).

A medula, localizada no centro do tronco, é o último remanescente do crescimento primário do tronco, antes da madeira ser formada (xilema secundário). É suscetível ao ataque de organismos xilófagos, produzindo uma tora oca (BURGER; RICHTER, 1991; COSTA 2001; WIEDENHOEFT, 2010).

2.3 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

A madeira é o único material em que as características químicas e anatômicas são conexas com suas propriedades físico-mecânicas e com sua durabilidade natural. Dentre as propriedades físicas da madeira, podemos destacar: o teor de umidade, a densidade (massa específica) e a retratibilidade.

A umidade pode ser definida como a quantidade de água presente na madeira. É encontrada em duas formas básicas, água ligada na parede celular, adsorvida às moléculas de celulose e, água livre, na forma líquida ou de vapor, nos espaços vazios da madeira, mantendo a umidade no lúmen das células (SIAU, 1984; BOUSQUET, 2000).

Reeb (1997) destaca que a água livre pode ser removida da madeira com facilidade até o ponto de saturação das fibras (PSF), ou seja, a partir de quando a

água está aderida apenas na parede celular a teores que variam de 20 à 30%. Segundo Bousquet (2000), quando os valores do teor de umidade caem abaixo do PSF, a parede celular perde água e contrai, aumentando assim, a sua resistência.

O teor de umidade da madeira é definido como o peso de água contido em seu interior, expresso em porcentagem (TU%) e, obtido através de uma relação entre o peso úmido/verde com o peso seco em estufa (SIMPSON; TENWOLDE, 1999; MORESCHI, 2014).

De acordo com Oliveira et al. (2005), a determinação do teor de umidade e de sua variação no tronco das árvores ou em peças, é de extrema importância na utilização e industrialização da madeira. Para Glass; Zelinka (2010), as propriedades físicas e mecânicas da madeira estão intimamente relacionadas e são dependentes do seu teor de umidade.

Em relação ao teor de umidade, Foelkel et al. (1971), destacam a inversão da proporcionalidade em relação à densidade e, quanto maior a quantidade de água, menores são as quantidades dos elementos químicos presentes na madeira. Kollmann; Côté (1968), relacionam a natureza orgânica, heterogênea, porosa e higroscópica da madeira para justificar a influência do teor de umidade na densidade da madeira.

De acordo com Kuklík (2008), a relação de dependência da densidade em relação ao teor de umidade deve-se ao fato da água acrescentar massa à madeira, fazendo com que seu volume aumente.

A densidade básica ou massa específica (ρ), é definida pela relação entre a massa – m (g) e o volume – V (cm^3) de um corpo. O peso e a massa são comumente determinados com a utilização de balanças, então, pode-se aceitar que o peso determinado é igual à massa ($P = m$), o método utiliza o princípio de Arquimedes, onde se determina o volume por meio de pesagem do volume de líquido deslocado (MORESCHI, 2014).

Segundo Shimoyama; Barrichelo (1991) e Pinto (2007), a densidade é reconhecida como um dos mais importantes parâmetros para avaliação da qualidade de madeiras, fornecendo inúmeras informações sobre suas características, pois tem íntima relação com outras propriedades.

A densidade calculada para determinada espécie, deve ser considerada como um valor médio ou aproximado, devido à variação natural da estrutura e composição da madeira (SIMPSON; TENWOLDE, 1999).

Para Foelkel et al. (1971), a densidade, uma variável complexa, é resultante da combinação de fatores como a dimensão das fibras, espessura da parede celular, volume de vasos e parênquimas, lenho inicial e tardio e, o arranjo dos elementos anatômicos. Kolmann; Côté (1968), salientam a influência da idade da árvore, genótipo, clima, localização geográfica e os tratamentos silviculturais na alteração da densidade, explicando que, para madeiras de mesma espécie, a variação é decorrente da alteração de componentes estruturais e químicos.

Glass; Zelinka (2010), citam que para algumas espécies, os teores de extrativos e minerais contidos na madeira alteram a sua densidade.

A densidade e o teor de umidade, além de outros fatores inerentes à madeira, exercem influência direta na estabilidade dimensional, ou seja, na contração e inchamento da madeira. Em geral, a maior contração está associada com uma maior densidade (GLASS; ZELINKA, 2010), a variação do teor de umidade afeta a geometria das peças, alterando a resistência e a estrutura dos elementos da madeira (PINTO, 2007). Siau (1984), cita que a variação dimensional está diretamente associada com a densidade básica e o ponto de saturação das fibras (PSF). Panshin; Zeeuw (1980), ressaltam que a contração da madeira varia de acordo com sua posição na árvore.

A perda de água resulta em mudanças nas propriedades da madeira, talvez, a de maior importância seja a perda de umidade nas paredes celulares, abaixo do PSF, acarretando a contração da madeira (BOUSQUET, 2000).

Oliveira et al. (2010), sugerem que o princípio da retratibilidade deve-se ao fato de que as moléculas de água ligam-se através de pontes de hidrogênio às microfibrilas que formam a madeira. Quando forçadas a sair, aumentam os espaços vazios da célula e, a ação de forças de coesão agem, reaproximando as microfibrilas resultando na contração da madeira.

Moreschi (2014), ressaltam que o inchamento deve-se à inclusão de moléculas de água na parede celular, entre as micelas e nas suas regiões amorfas, afastando-as e alterando as dimensões da madeira.

Para Kollmann; Côté (1968), a diferença entre a retratibilidade tangencial e a radial em algumas espécies, pode ser explicada pela influência restritiva dos raios na direção radial e, pelo arranjo helicoidal das microfibrilas nas paredes tangenciais e radiais.

Em geral, a contração na direção tangencial é, aproximadamente, duas vezes maior do que na direção radial, a razão entre a contração tangencial e radial (relação

T/R), comumente chamada de fator de anisotropia, geralmente varia de 1,5 a 2,5, e tornou-se um índice muito importante nos estudos de contração de madeira (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

Durlo; Marchiori (1992), asseguram que as variações dimensionais e a anisotropia são características indesejáveis da madeira, limitando o uso para diversas finalidades. Para Rezende (2003), o estudo do comportamento das variações dimensionais da madeira é essencial para a sua utilização industrial.

2.4 PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA

Toda madeira é composta por quantidades variáveis de celulose, hemicelulose, lignina, extrativos e de um pequeno teor de minerais (cinzas). Muitas das características intrínsecas das espécies tem estreita relação com essa composição química, a qual pode influenciar nas propriedades físico-mecânicas das madeiras.

De acordo com Pettersen (1984), a composição química da madeira não é regida por definição precisa, visto que, existe certa variação dos componentes em relação às diferentes alturas, partes da planta (raiz, caule e folhas), tipo de lenho, localização geográfica, clima e solos.

A Tabela 1 apresenta a composição química média para a madeira de coníferas e madeira de folhosas.

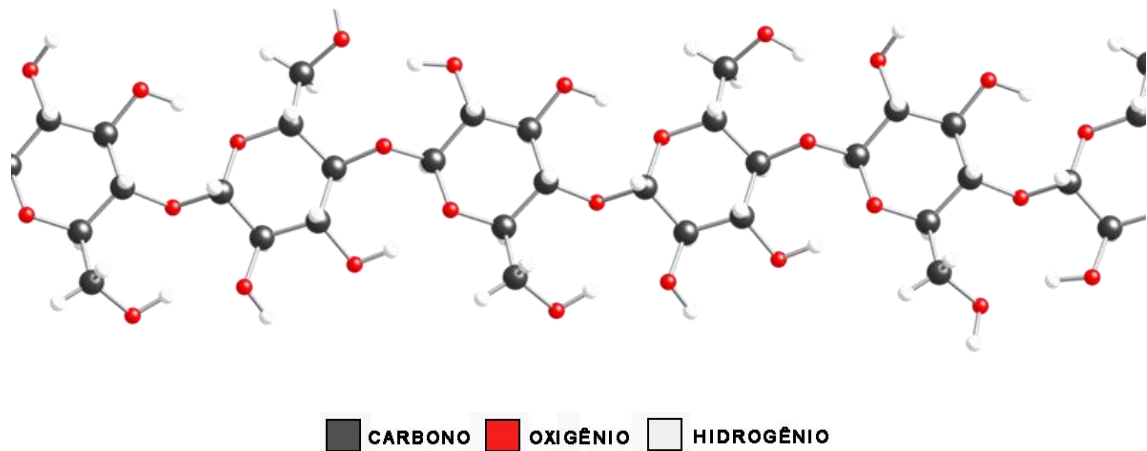
Tabela 1 - Conteúdo dos principais componentes da madeira.

	Celulose	Hemicelulose	Lignina	Extrativos
Coníferas	40 - 44	25 - 29	25 - 31	1 - 5
Folhosas	43 - 44	25 - 35	16 - 24	2 - 8

Fonte: Adaptado de Sjöström (1993).

A organização das moléculas de celulose, reunidas em feixes, forma a estrutura da parede celular, onde as fibras são preenchidas com hemicelulose e cimentadas com lignina (CHEN, 2014). A Figura 7 representa a organização da estrutura molecular da celulose.

Figura 7 - Estrutura molecular da celulose.



Fonte: Nishiyama et al., 2002.

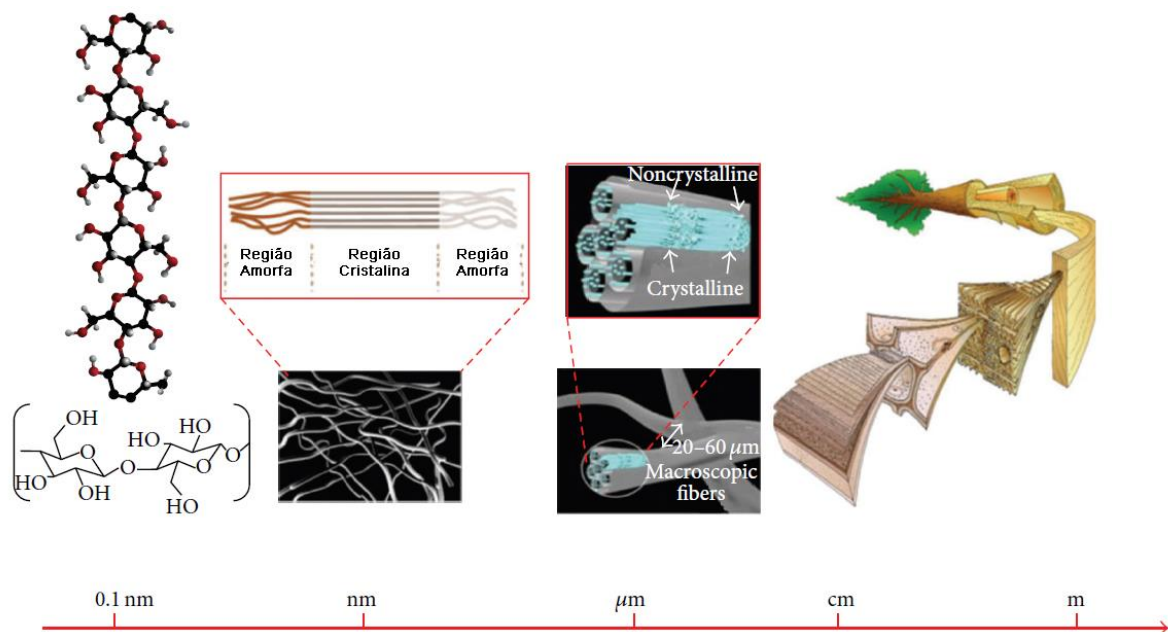
De acordo com a Figura 7, quimicamente, a celulose ($C_6H_{10}O_5$) pode ser definida como um polímero linear, formado por monossacarídeos de β -D glucose, unidos por ligações glicosídicas (C – O – C) do tipo 1 – 4 e com alto peso molecular (MOKFIENSKI, 2004; ATADANA, 2010).

O comprimento da cadeia celulósica é dado pelo grau de polimerização, DP (degree of polymerization), ou seja, o número de unidades de açúcares que ela possui, em média 3000, podendo chegar a 15000 unidades (PETTERSEN, 1984; FENGEL; WENEGER, 1989).

A organização molecular da celulose não é uniforme ao longo da sua estrutura (Figura 8), apresentando regiões cristalinas, onde a fibra apresenta maior resistência à tração, ao alongamento e à solvatação e regiões amorfas, onde a fibra apresenta uma maior flexibilidade, sendo suscetível ao ataque de reagentes e absorção de água (KADLA; GILBERT, 2000; MOKFIENSKI, 2004; KLEM et al., 2005).

A celulose é insolúvel na maioria dos solventes, incluindo álcalis fortes, ou seja, é difícil de isolar a partir da madeira em forma pura, quando está intimamente associada com a lignina e hemicelulose (PETTERSEN, 1984).

Figura 8 - Estrutura hierárquica da molécula de celulose.



Fonte: Luo et al., 2014 - Adaptado.

A Figura 8 representa a estrutura hierárquica da celulose, salientando sua estrutura molecular, as regiões cristalinas e amorfas e sua estrutura em feixes.

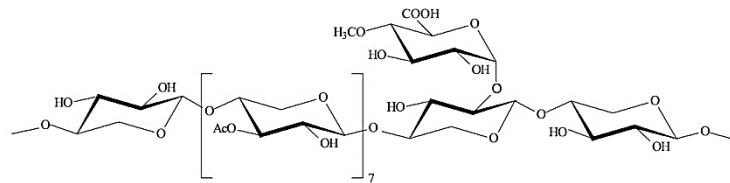
As hemiceluloses são polímeros formados por diferentes tipos de açúcares, ligados por condensação, geralmente de menor peso molecular (50 – 300 DP) em relação à celulose, podendo ser ramificadas e, essencialmente amorfas. Estão ligadas à celulose, formando a parede celular, contribuindo assim como um componente estrutural para a planta (PETTERSEN, 1984; FENGEL; WEGENER, 1989).

Algumas hemiceluloses, a exemplo do amido, exercem uma função de armazenamento, em combinações com moléculas de celulose e lignina, aumentam a resistência à degradação enzimática e a insolubilidade dos componentes da parede celular, no entanto, a teoria mais aceita é que a principal função da hemicelulose é a constituição da estrutura da parede celular e a regulação do processo de crescimento celular (CHEN, 2014).

Quatro grupos bem definidos de hemiceluloses ocorrem em todas as plantas: glucouranoxilanas ou xilanas (Figura 9), galactoglucomananas (Figura 10), glucomananas e arabinoglucouranoxilanas.

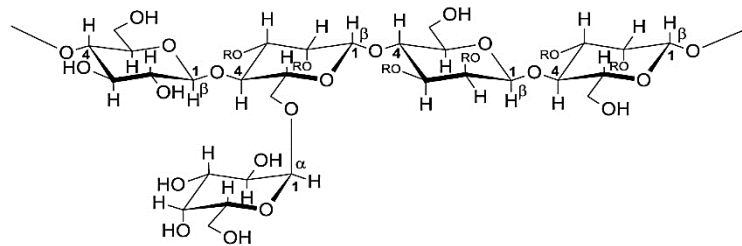
Em coníferas, a principal hemicelulose é a glucomanana (18-25%), seguida de galactoglucomanana (8-20%) e arabinoglucouranoxilana (5-12%). Na madeira de folhosas, predomina a glucouranoxilana (20-35%) e traços de glucomananas (2-5%) (KLOCK et al., 2005; LAINE, 2005; CHEN, 2014).

Figura 9 - Estrutura química parcial da xilana.



Fonte: Palmeiras et al., 2010.

Figura 10 - Estrutura química da galactoglucomanana.



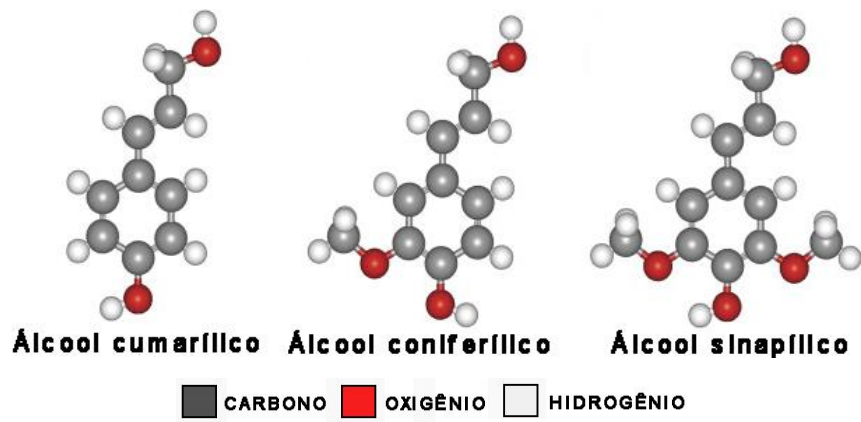
Fonte: Morais et al., 2005.

A lignina é derivada do latim, *lignum* que significa madeira. É um dos polímeros orgânicos mais abundante do reino vegetal, logo atrás da celulose, sendo uma composição química exclusiva das gimnospermas e angiospermas (CHEN, 2014).

Origina-se a partir da biossíntese do álcool cumarílico, álcool coniferílico e álcool sinapílico (Figura 11), ligados através de ligações do tipo éter e do tipo carbono-carbono (PETTERSEN, 1984; CHRISTIERNIN, 2005; SILVEIRA; MILAGRES, 2009).

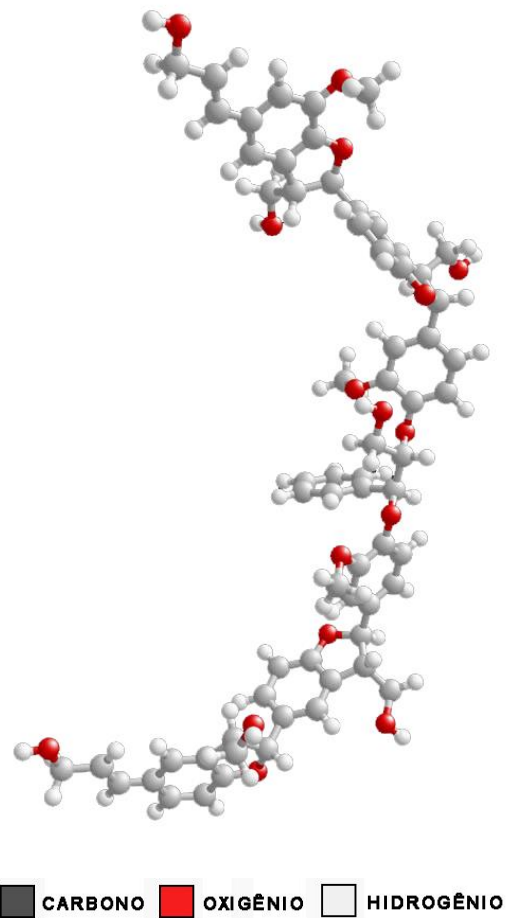
É um composto fenólico complexo, tridimensional, derivado de unidades aromáticas de fenil propano (C₆C₃) repetidas de forma irregular (Figura 12).

Figura 11 - Precursores da lignina.



Fonte: Christian Steen.

Figura 12 - Estrutura química da lignina.



Fonte: Christian Steen.

Na célula, é depositada na parede secundária, proporcionando rigidez estrutural, mantendo a orientação vertical e reforçando a parede celular para que durante a condução de água, suporte a pressão negativa gerada na transpiração do vegetal (WENG; CHAPPLE, 2010).

Na planta, os tecidos lignificados resistem ao ataque de micro-organismos, impedindo a penetração de enzimas degradadoras da parede celular (PHILLIP; D'ALMEIDA, 1988). A lignina permite o crescimento em altura (CHRISTIERNIN, 2005), auxilia no transporte de nutrientes, água e metabólitos (SANTOS, 2008). Na vegetação morta, a lignina é um dos últimos componentes a entrar em decomposição.

As ligninas são classificadas, com base na suscetibilidade à hidrólise, em lignina não core, que consiste de compostos de baixa massa molecular, liberados da parede celular por hidrólise e representada por ácidos *p*-hidroxicinâmico estér ligados. A lignina core, é formada por polímeros de fenilpropanóides da parede celular, altamente condensados e muito resistentes à degradação, são compostos de unidades de *p*-hidroxifenilas (H), guaiacila (G) e siringila (S) (LAPIERRE, 1993).

Chen (1991), destaca a ocorrência de guaiacila (G) e siringila (S) nas ligninas de madeiras das folhosas, enquanto que, em coníferas, as ligninas são formadas por guaiacila (G).

A Tabela 2 apresenta, de um modo geral, as características dos componentes químicos encontrados na estrutura da parede celular das madeiras.

Tabela 2 - Principais características dos componentes macromoleculares.

	Lignina	Hemicelulose	Celulose
Subunidades	Guaiacila Siringila phidroxifenila	Xylose Manose Arabinose Galctose Ácido glucourânico	β -D glucose
Ligações entre as subunidades	Éter Carbono-Carbono	1-4 Glicosídica (cadeia principal) 1-2, 1-3 e 1-6 Glicosídica (cadeia lateral)	β 1-4 Glicosídicas
Polimerização	4000	menos de 200	média 3000
Composição	Amorfa, Não linear, Polímero tridimensional	Tridimensional, molécula amorfa, pequena região cristalina	Tridimensional, molécula linear, região cristalina e amorfa
Ligações entre 3 componentes	Ligação com a hemicelulose	Ligação com a lignina	Sem ligações químicas

Fonte: Adaptado de Chen, 2014.

Os extrativos são componentes naturais estranhos à parede celular, podem ser encontrados mas, não necessariamente estão ligados quimicamente, sendo removidos, através de extrações com solventes inertes como o éter, benzeno, álcool, acetona e água fria (ROWE; CONNER, 1979).

Compreendem uma grande variedade de compostos orgânicos, incluindo as gorduras, ceras, alcalóides, proteínas, fenóis, açúcares simples, pectinas, gomas, resinas, terpenos, amidos, glicosídeos, saponinas e óleos essenciais. Ao contrário dos componentes macromoleculares, os extrativos não formam a parede celular (PETTERSEN, 1984).

Tylor et al. (2002), ressaltam que os extrativos são biossintetizados com a árvore em pé, durante o processo de cernificação da madeira, estando concentrados em maior quantidade no cerne. Servem como mecanismo de defesa em situações de stress na planta.

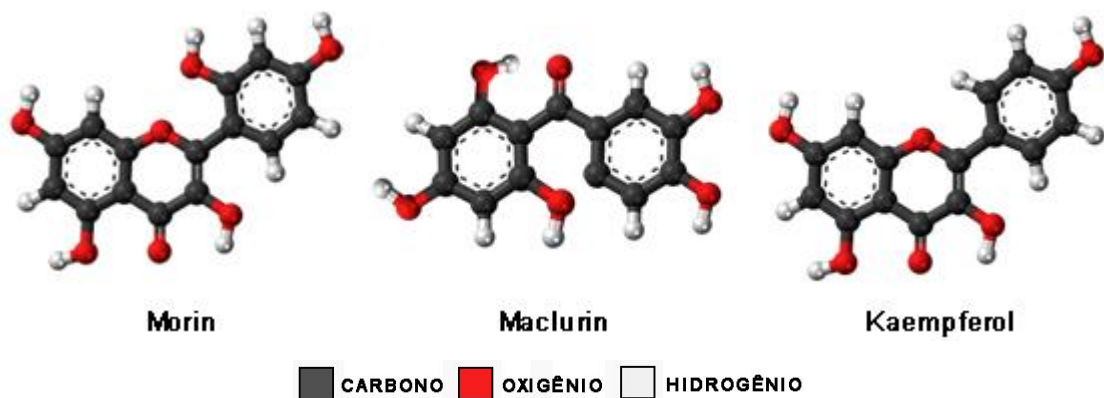
Rowe; Conner (1979), destacam que os extrativos podem influenciar nas propriedades da madeira e no produto final desejado. A exemplo, protegem a madeira do apodrecimento, adicionam cor e cheiro à madeira, influenciam no padrão da grã e melhoram as propriedades de resistência. Ao contrário, em relação, ao produto final, podem inibir a adesão de colas, tintas e acabamentos, aceleram a corrosão de metais em contato com a madeira, alguns causam alergias e alteram a coloração quando a madeira é exposta à luz.

Para Kirker et al. (2013), os extrativos da madeira, contribuem para a durabilidade em madeiras, sem adição de qualquer preservante.

Os flavonóis são os principais cromóforos em corantes amarelos naturais, mantendo uma elevada importância têxtil, ao passo que, da mesma forma que o tanino, são extremamente suscetíveis à degradação fotoquímica por oxidação tornando-se difícil o controle da coloração final (FERREIRA et al., 2004).

A Figura 13 apresenta a estrutura química dos principais flavonóides presentes na Tajuva, compostos com propriedades antioxidantes que auxiliam no combate ao câncer e à doenças cardiovasculares.

Figura 13 - Principais flavonóides da Tajuva.



Fonte: Wikimedia commons.

As cinzas, ou minerais da madeira, são obtidos através da queima em fornos de alta temperatura, sendo quantificados como resíduos inorgânicos na forma de

óxidos (CHEN, 2014). Para Foelkel (2011), a cinza é classificada como um resíduo sólido mineral que sobra da queima de biomassa.

Os principais minerais encontrados em madeiras são: potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e, em menores quantidades: sódio (Na), manganês (Mn), ferro (Fe), alumínio (Al). Radicais como carbonatos, silicatos, cloretos e sulfatos podem ser encontrados, assim como traços de zinco (Zn), cobre (Cu) e cromo (Cr) (FREDDO, 1997).

Os teores de cinzas variam dependendo da espécie e do tipo de solo, sabe-se que cada parte da planta exerce uma função específica em seu crescimento e, a deposição de minerais, varia de acordo com a exigência nutricional do vegetal (CHEN, 2014). Klock et al. (2005), citam que madeiras de climas tropicais podem conter até 5% de cinzas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE COLETA DO MATERIAL

A coleta do material botânico ocorreu no município de Porto Mauá, noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 14), município este inserido na bacia do Rio Uruguai e no bioma Mata Atlântica, com formação florestal nativa típica da Floresta Estacional Decidual.

Figura 14 - Localização geográfica de Porto Mauá - RS.



Fonte: Autor.

Porto Mauá, faz divisa com a Província de Misiones – Argentina, é margeado pelo Rio Uruguai em 27 quilômetros de sua área total de 106,55 Km², sendo que em seu território, cruzam dois grandes afluentes da bacia do rio Uruguai: ao norte, o rio Santa Rosa e, ao oeste, o rio Santo Cristo (Figura 15).

Figura 15 - Malha hidrográfica de Porto Mauá, RS.



Fonte: Plano de gerenciamento de resíduos sólidos da Prefeitura de Porto Mauá, 2012.

O bioma mata atlântica conta com proteção e utilização da vegetação nativa definida pela Lei 11.428 de 22 de dezembro de 2006 e, pelo Decreto 6.660 de 21 de novembro de 2008 que regulamenta a Lei da Mata Atlântica.

A Floresta Estacional Decidual é caracterizada, além da vegetação típica, pelos meses de frio, onde a temperatura não oscila, em médias, acima dos 15° C. (2 a 3 meses), fazendo com que essa estação fria restrinja o crescimento de diversas espécies de plantas, ocorrendo a queda das folhas caracterizando a decidualidade de grande parte da vegetação nativa.

De clima Cfa, segundo a classificação de Köppen-Geiger (KOTTEC et al., 2006), com verões quentes e úmidos e invernos moderados, características típicas de climas subtropicais úmidos de latitudes médias.

Os solos são predominantemente da classe Ce2, ou seja, uma associação de cambissolos eutróficos de horizonte A chernozêmico, de moderada textura argilosa e

fase pedregosa, com solos litólicos eutróficos de horizonte A chernozêmico, com textura média e argilosa, com substrato de basalto. São características desses solos, a presença de terra roxa estruturada (IBGE – mapa de solos do RS).

O relevo apresenta afloramento rochoso com características de forte ondulado a montanhoso que colaboram na formação da calha do rio, forçando-o a percorrer uma grande curva ao norte, formando a Volta Grande, uma das mais belas paisagens do Município.

A propriedade em que as árvores se encontravam, está localizada na localidade denominada Barra do Santo Cristo, possui uma área de 150.000 m² e, está registrada como fração do lote rural número 133 no cartório de registros de imóveis sob matrícula de número 4137 na comarca de Santa Rosa/RS.

3.2 SELEÇÃO DO MATERIAL

Para realização deste trabalho, partiu-se de um processo de amostragem que incluiu um censo do número de Tajuvas presentes em parte da região costeira de Porto Mauá – RS. Definidas as árvores passíveis de licenciamento florestal, foram escolhidas as que apresentavam ótimo estado fitossanitário, sem defeitos aparentes como tortuosidade ou excesso de galhos.

Para a coleta do material, foi levada em conta a legislação vigente (Código Florestal Lei nº 12.727, de 2012) onde a Área de Preservação Permanente (APP) é de 500 metros, para rios com mais de 600 metros de largura.

A partir do censo, constatou-se que a maioria do material botânico em potencial para a pesquisa encontrava-se dentro dessa faixa de preservação, com exceção dos exemplares abatidos que, em média, estavam localizados a uma distância de 1550 metros da margem do rio.

As árvores foram identificadas, mensuradas, cubadas e georreferenciadas com auxílio de GPS (Tabela 3). Este processo é de suma importância, sendo parte integrante do licenciamento florestal.

Tabela 3 - Dados dendrométricos e a localização geográfica das cinco árvores selecionadas.

Árvore	DAP (cm)	Ht (m)	Hc (m)	Localização
1	42,2	20	14,75	27°35'26" S -54°40'46" O
2	24	14	9,4	27°35'29" S -54°40'52" O
3	27,2	17,5	12,5	27°35'29" S -54°40'53" O
4	25	12,2	7,2	27°35'29" S -54°40'53" O
5	24	13,7	7,7	27°35'29" S -54°40'53" O

Sendo: DAP = diâmetro a altura do peito; Ht = altura total; Hc = altura comercial.

Fonte: Autor.

3.3 LICENCIAMENTO FLORESTAL

Todo processo de licenciamento foi tramitado na Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), Departamento de Florestas e Áreas Protegidas (Defap), Agência Regional de Santa Rosa/RS e está registrado sob o número 0030671 D.

A espécie não consta como ameaçada de extinção, na lista de espécies da flora ameaçadas de extinção da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB).

Atendendo as premissas do licenciamento (não estando em APP, não sendo os únicos exemplares da espécie na área, não constando na lista de espécies ameaçadas de extinção) e, após a vistoria do técnico responsável, a licença foi emitida, sendo autorizado o abate e a retirada das árvores do local.

Todo projeto de licenciamento está registrado no IBAMA, assim como o proprietário da área, passando por etapa de certificação digital e a conferência de débitos ambientais.

Após todo processo do licenciamento ser aprovado, foi emitido o Documento de Origem Florestal (DOF) que acompanha a carga durante seu transporte e, atesta que o produto vem de um licenciamento florestal fiscalizado e aprovado por órgão competente.

Com o porte do DOF, o material foi transportado para o Laboratório de Produtos Florestais (LPF), prédio 88 da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) onde foi realizada a amostragem final e o desdobro das toras.

3.4 AMOSTRAGEM

De posse das cinco toras de Tajuva, iniciou-se o processo de amostragem, retirando-se os discos de cada tronco, com auxílio de motosserra, de espessuras que variaram de 3 a 10 cm, para os maiores diâmetros e menores diâmetros respectivamente.

Foram consideradas as disposições em seis alturas: 0% ou base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% (Figura 16). A amostragem em 100% corresponde ao diâmetro comercial pré-fixado em 8 cm com casca (cc).

Figura 16 - Amostragem dos discos na tora.

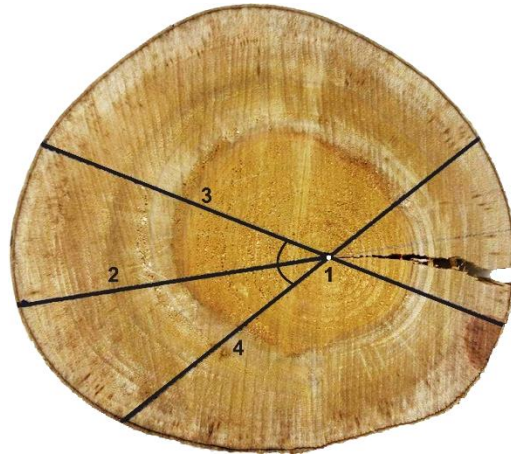


Fonte: Autor.

Após a confecção dos discos, iniciou-se o processo de amostragem em cunhas opostas (Figura 17), para emprego nas análises químicas e na determinação da densidade.

O processo consiste na localização e marcação da medula (1), medição e marcação do maior raio na direção medula-casca (2) e, posterior marcação à direita (3) e à esquerda (4) da linha central, com auxílio de esquadro de 45°, de duas linhas que cruzam nas direções casca-medula-casca. As cunhas foram retiradas do disco com o auxílio de uma serra-fita.

Figura 17 - Amostragem em cunhas opostas.



Fonte: Autor.

3.4.1 Confeção das Lâminas Anatômicas

Inicialmente, das 5 árvores abatidas, foram escolhidos, aleatoriamente, três discos, retirados do DAP. De cada disco amostrado, foram seccionados três corpos de prova com dimensões aproximadas de 3 x 3 x 3 cm, cada qual com sua orientação nos planos transversal (X), longitudinal radial (R) e longitudinal tangencial (T). Para a confecção da lâmina de fibras maceradas, mais três blocos de menores dimensões foram extraídos.

Para operação em micrótomo (Figura 18D), os blocos do lenho foram fervidos, com o objetivo de facilitar o corte. Para tal, os blocos foram inseridos em erlenmeyer de 250 mL, onde foram adicionadas 200 mL de água, tampados com papel laminado e, postos a ferver em chapa de aquecimento a 150°C., por mais de 20 horas (Figura 18 AC).

Os blocos foram seccionados a uma espessura de 20 μm (Figura 18E), as lâminas acondicionadas em placas de petri contendo água para posterior coloração por imersão em solução 70% de azul de astra e 30% de safranina, permanecendo por um período de 15 minutos a 2 horas, de acordo com a metodologia descrita por Burger; Richter (1991). A maceração foi realizada pelo método ácido nítrico-acético (BARRICHELO et. al., 1983) e, tingida apenas com safranina.

Para lâminas permanentes, os cortes foram desidratados por passagem em álcool 30%, 50%, 70%, 95% e, por mais duas vezes, em álcool absoluto.

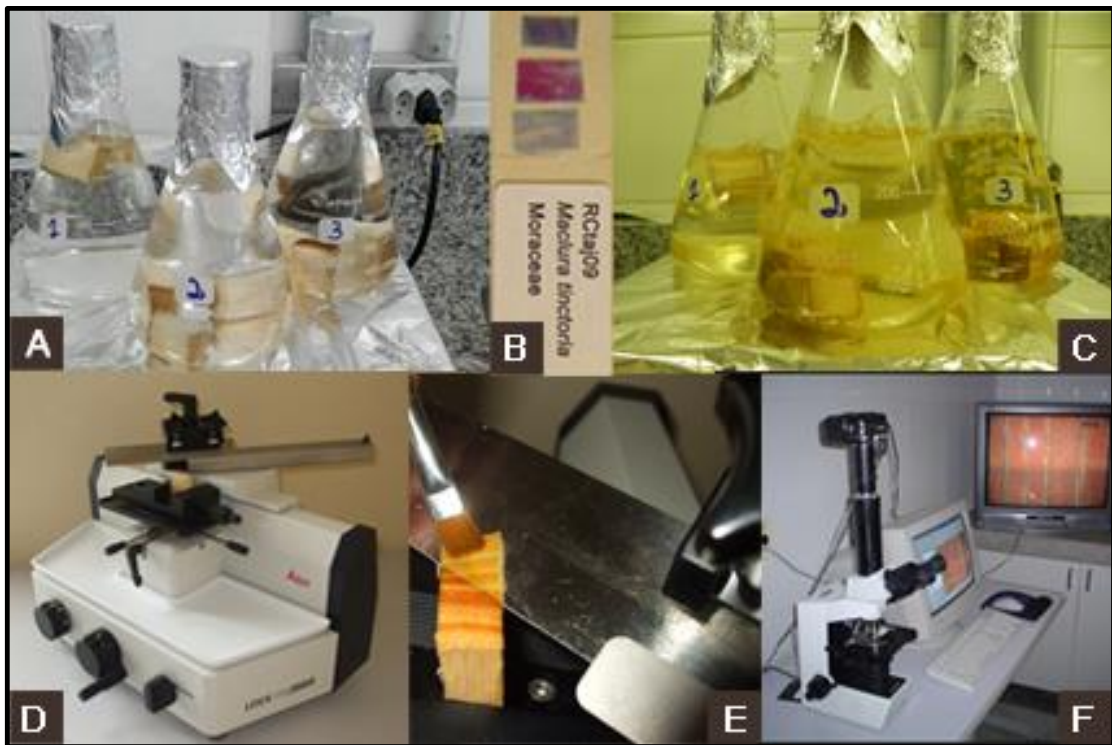
Os cortes orientados, foram dispostos sobre lâmina de vidro, na sequência: transversal (X), longitudinal radial (R) e, longitudinal tangencial (T), respectivamente. Sobre os planos referidos, foi depositada uma lamínula para evitar o surgimento de bolhas de ar. A lâmina completa, continha, além dos três planos anatômicos, um número de referência, o nome da espécie e a família a qual pertence.

Após a secagem das lâminas, iniciou-se as avaliações qualitativas e quantitativas de cada plano, bem como a análise do macerado, em microscópio óptico de acordo com a IAWA (1989).

As fotomicrografias foram tomadas em microscópio Leica DM 1000, equipado com câmera digital Olympus Camedia CX-40 (Figura 18F), no Laboratório de Anatomia da Madeira do Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (CESNORS/ UFSM), campus de Frederico Westphalen.

A Figura 18 demonstra parte do processo de confecção das lâminas anatômicas.

Figura 18 - Confecção das lâminas anatômicas.



Sendo: A – processo de fervura da amostra. B – lâmina completa. C – sequência do processo de fervura. D – micrótopo. E – secção do bloco. F – obtenção das micrografias.

Fonte: Autor.

3.4.2 Determinação da Densidade Básica

Os discos retirados das seis alturas foram submersos em água com a finalidade de evitar a perda de água e/ou compensar a umidade evaporada, tendo assim, madeira com teor de umidade em 100% (madeira saturada). Após, os discos foram marcados em cunhas (Figura 19AB) e, determinadas suas massas.

Para a execução deste procedimento são necessários os seguintes materiais: água, guilhotina de madeira, balde, béquer plástico de 4000 mL, estufa a 105°C. e balança.

Com a balança analítica, determina-se o peso das cunhas (Figura 19D), para determinação da massa verde (g) e, então são submetidas ao método da balança hidrostática (Figura 19EFG), para determinação do volume verde (cm³) de acordo com a metodologia proposta por Vital (1984).

A determinação do volume saturado das cunhas (Figura 19C) foi realizado conforme a norma ASTM D 2395 – 93 (1997). O peso seco foi obtido após a secagem em estufa a 105° C., através de pesagens sucessivas até peso constante.

A densidade básica (ρ_b , em g/cm³), é então definida pela Equação 1:

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_u} \quad (1)$$

Onde:

ρ_b - densidade básica, em g/cm;

M_s – massa seca em estufa a 105°C, em gramas;

V_u – volume saturado, em gramas.

A densidade verde (ρ_v) foi calculada, da mesma forma que a equação anterior, porém, utilizando-se a massa verde das cunhas.

Já a densidade básica ponderada ($\rho_{b_{pond}}$), também foi determinada, baseado no volume de cada secção do tronco (torete) relacionado com a densidade básica calculada para cada altura e com o volume total da árvore.

A densidade básica ponderada ($\rho_{b_{pond}}$, em g/cm³), pode ser então definida pela Equação 2:

$$\rho_{b_{pond}} = \frac{\sum \rho_{b_i} \cdot V_i}{V} \quad (2)$$

Onde:

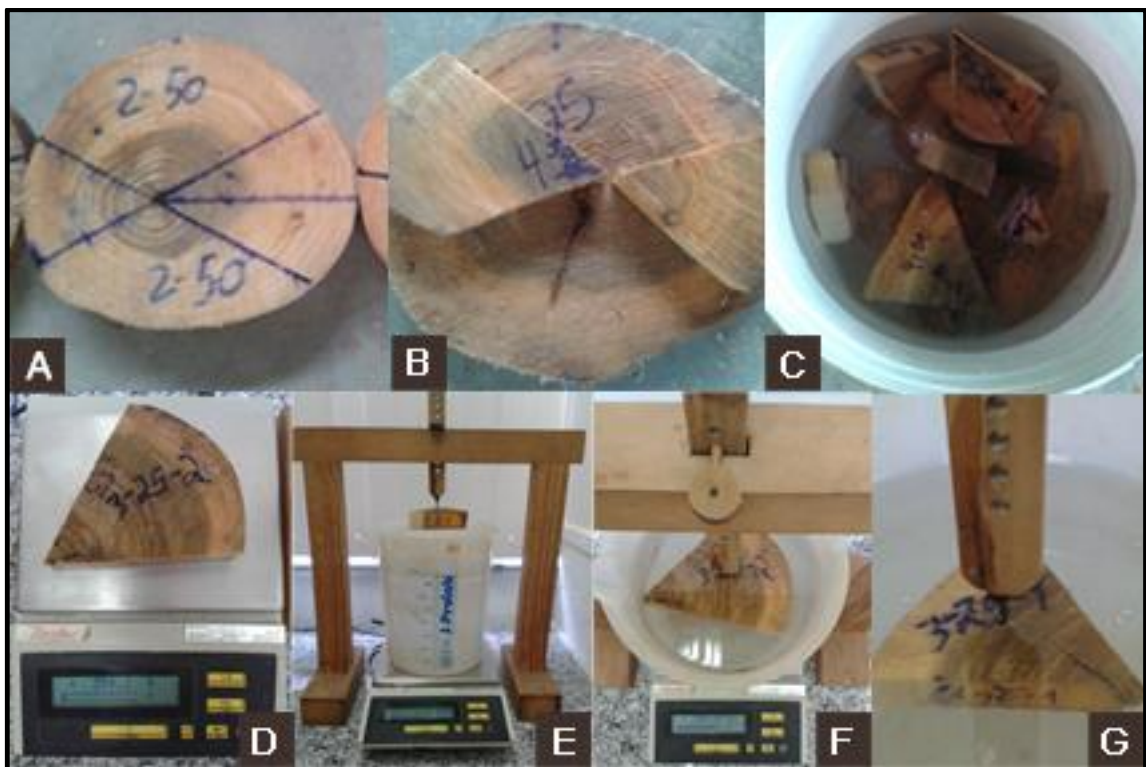
$\rho_{b_{pond}}$ - densidade básica ponderada;

ρ_{b_i} – densidade básica, na posição “i”, em g/cm³;

V_i – volume, sem casca do torete, em m³.

V – volume comercial, sem casca da árvore, em m³.

Figura 19 - Determinação da densidade básica da madeira.



Sendo: A – Marcação das cunhas opostas. B – Seccionamento das cunhas. C – manutenção da umidade. D – pesagem das cunhas saturadas. EFG – determinação do volume verde por método da balança hidrostática.

Fonte: Autor.

3.4.3 Amostragem Para Análises Químicas

De posse das cunhas opostas, o cerne foi separado do albúneo com um formão e, as subamostras restantes, foram reduzidas a palitos (Figura 20) com auxílio de uma guilhotina, para posterior secagem ao ar.

Figura 20 – Palitos produzidos a partir das cunhas, albúneo (A) e cerne (B).



Fonte: Autor.

Para ser empregada em análises químicas, a madeira deve ser transformada em serragem, para isso utilizou-se moinho de facas do tipo Willey, marca Tecnal® modelo TE- 680.

Após o processamento de moagem, o material deve ser classificado para a uniformização do tamanho e da proporção das partículas. Esse processo foi realizado em um agitador de peneiras, equipado com peneiras da fração 40 mesh (0,420 mm) e 60 mesh (0,250 mm). A fração da amostra selecionada é a -40 +60 mesh, ou seja, a fração retida na peneira 60 mesh. O padrão de agitação, na frequência 3, foi de 15 minutos para cada amostra. Após a classificação o material foi armazenado em frascos de vidro hermeticamente fechados.

3.5 ANÁLISES QUÍMICAS

3.5.1 Determinação do Teor de Umidade – Norma TAPPI t210 cm-93

Tratando-se de análises químicas, a normatização da Associação Técnica da Indústria de Celulose e Papel – TAPPI (TAPPI, 1995) requer amostras absolutamente secas (a.s), para tal, a determinação da umidade deve ser realizada de forma precisa, para que haja a compensação, de forma correta, do relativo peso em madeira na forma de serragem para cada norma utilizada.

A determinação do teor de umidade (TU) foi realizada com o auxílio de balança analítica laboratorial (precisão 0,1 mg), conforme apresentado na Figura 21A.

A norma TAPPI estabelece a determinação do TU através de secagem do material em estufa a 105° C. ($\pm 3^\circ$ C) (Figura 21B) durante o período de oito horas, até sua secagem completa. Após, o material é transferido para um dessecador (Figura 21C) para resfriamento e posterior pesagem até a constância dos valores.

O procedimento consiste em pesar, em vidraria com peso definido, 2 gramas de serragem, que logo após são levados à estufa para secagem.

Para determinação da umidade da serragem de Tajuva, foram realizadas amostras em triplicatas para cada altura pré-definida, divididas entre cerne e alburno.

A umidade da amostra, dada em porcentagem (TU%), é então definida pela Equação 3:

$$TU = \frac{P1 - P2}{P1} \cdot 100 \quad (3)$$

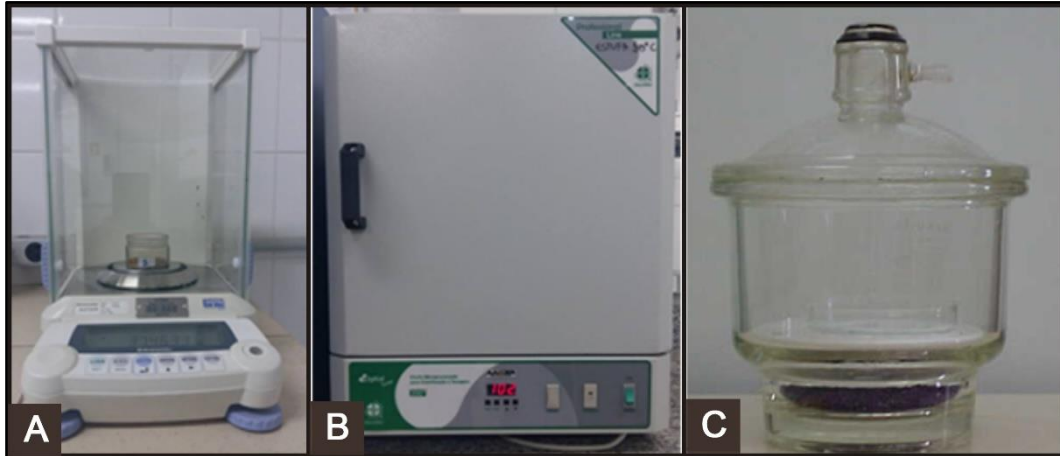
Onde:

TU - Teor de umidade (%);

P1 - Peso inicial da amostra (g);

P2 - Peso da amostra seca em estufa (g).

Figura 21 - Balança de precisão (A), Estufa a 105° C. (B) e Dessecador (C).



Fonte: Autor.

3.5.2 Determinação de Cinzas - TAPPI T 211 om-93

O teor de cinzas fornece informações da quantidade de substâncias inorgânicas, provenientes principalmente da seiva bruta. A determinação da taxa de minerais é realizada por incineração, em mufla, com temperatura e tempo definidos.

Na execução do procedimento são necessários os seguintes materiais: cadinhos de porcelana ou de níquel, mufla, balança de precisão, tenaz, dessecador e serragem com teor de umidade definido.

Primeiramente, os cadinhos, são levados para a mufla na temperatura de 525°C. durante três horas, após são transferidos para dessecador, onde ficam até o completo resfriamento para posterior pesagem em balança analítica.

Posteriormente, são pesados, diretamente nos cadinhos, dois gramas de serragem absolutamente seca (a.s). De posse de todas as repetições, os cadinhos são inseridos na mufla, desligada, fecha-se a porta, liga-se a mufla e, quando a temperatura atingir 525° C. (Figura 22AB) passa-se a contar o tempo de três horas. Após o término do tempo, desliga-se a mufla para iniciar seu resfriamento, que ocorre em ± 8 horas. As amostras são transferidas para dessecador para o completo resfriamento.

Pesa-se as amostras (Figura 22C) e procede-se o cálculo para obtenção do teor de cinzas (TC%), através da Equação 4.

$$TC = \frac{PC}{P} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

TC - teor de cinzas (%);

PC - Peso das cinzas (g);

P - Peso da amostra absolutamente seca (g).

Figura 22 - Processo de determinação do teor de cinzas.



Sendo: A – cadinho mais amostra acondicionados no interior da mufla. B – mufla 525 C°. C – amostras incineradas.

Fonte: Autor.

3.5.3 Determinação do Teor de Extrativos Totais - TAPPI T264 cm-97 - ADAPTADA

Na extração e análise da madeira, os extrativos são apenas quantificados, sendo que, sua posterior análise dá-se por meio de liofilização, cromatografia, espectroscopia no infravermelho dentre outras.

Para a quantificação dos extrativos da Tajuva, utilizou-se o método da perda de massa, ou seja, o resultado é definido pelo desconto do material lixiviado (extrativos) em relação à composição natural a madeira.

A metodologia consiste na extração, em aparelho soxhlet (Figura 23F), da serragem pré-classificada e com teor de umidade definido. Na execução do

procedimento são necessários os seguintes materiais: serragem, extrator de sohxlet completo, kitassato, béqueres de 100 e 600 mL, papel filtro, funil, bomba de vácuo, bastão de vidro, pisseta, chapa de aquecimento, banho-maria, pinça, placas de petri e estufa a 105° C.

Inicialmente, pesou-se dois gramas de serragem absolutamente seca (a.s), ou seja, dois gramas mais o teor de umidade (TU%). Esse material foi acondicionado em cartucho de papel filtro, o qual deve ser grampeado para evitar a perda de material e, inserido no tubo de extração do sohxlet com o auxílio de uma pinça.

No balão de vidro de 250 mL do aparelho de sohxlet foi colocado o solvente, 170 mL, volume suficiente para que ocorra o refluxo.

A primeira extração (Figura 23ABCD), realizada com solução de álcool etílico absoluto ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) – Toluol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$) na proporção de 1:2, com duração de sete horas, contadas a partir do primeiro refluxo do solvente. Posterior a esse tempo, a bancada de extração foi desligada para resfriamento do solvente, que foi acondicionado em frascos de vidro para descarte.

A segunda extração (Figura 23E) foi realizada utilizando-se como solvente apenas o álcool etílico absoluto ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) e, com duração de 5 horas contadas a partir do primeiro refluxo. Após o resfriamento, a amostra foi transferida para o funil, anexado ao kitassato e à bomba da vácuo, iniciando-se o processo de lavagem e filtragem da amostra.

A primeira lavagem, tem a finalidade de retirar o excesso de solvente, foi realizada com 300 mL de água deionizada quente com o auxílio da bomba de vácuo e filtro de papel.

Em seguida, a serragem foi transferida para um béquer de 600 mL, onde são adicionados 400 mL de água deionizada e levado ao banho-maria onde permaneceu por uma hora a temperatura de 90° C.

Ocorreu então, a segunda lavagem, dessa vez com 100 mL de água deionizada quente e com auxílio da bomba de vácuo. A amostra foi lavada e filtrada em funil e papel filtro. Após, a serragem foi transferida para placa de petri, onde secou ao ar por 24 horas, sendo inserida posteriormente em estufa a 105° C. até peso constante.

Através da Figura 23G nota-se a diferença entre a madeira livre de extrativos da madeira com extrativos.

O teor de extrativos da amostra, definido em porcentagem (TE%), é então definido pela Equação 5:

$$TE\% = \frac{P1 - P2}{P1} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde:

TE - teor de extrativos (%);

P1 - Peso inicial da amostra (g);

P2 - Peso da amostra livre de extrativos, seca em estufa (g).

Figura 23 - Processo de extração da madeira.



Sendo: ABCD – processo de extração da madeira. E – troca de solvente. F – aparelho soxhlet completo. G – diferença entre a madeira livre de extrativos da madeira com extrativos.

Fonte: Autor.

3.5.4 Determinação de Lignina Klason - Norma TAPPI T222 om-98

A metodologia consiste na remoção da holocelulose, em meio ácido, da serragem livre de extrativos e com teor de umidade definido.

Neste processo, o teor de lignina residual é determinado, não sendo diferenciadas as porcentagens de lignina p-hidroxifenila, guaiacila e siringila.

Na execução do procedimento são necessários os seguintes materiais: serragem livre de extrativos, béqueres de 600 mL, pipeta de 15 mL, bastão de vidro, termômetro, gelo, chapa de aquecimento, bacia plástica, cadinho filtrante de porosidade 2, kitassato, bomba de vácuo, tenaz, balança de precisão, dessecador, estufa a 105° C., água deionizada e ácido sulfúrico (H₂SO₄) em concentração de 72%.

Inicialmente preparou-se o banho-maria a uma temperatura de 20°C., para esse procedimento utilizou-se gelo (quando necessário) e termômetro para o controle da temperatura (Figura 24A).

Pesou-se um grama de amostra, livre de extrativos e absolutamente seca, transferiu-se para o béquer de 600 mL., acondicionando-o em banho-maria. Lentamente e sob agitação, adicionou-se 15 mL de H₂SO₄, homogeneizando a amostra + ácido, continuamente durante 1 minuto, friccionando bem a amostra contra as paredes do béquer.

A mistura permaneceu em banho-maria (20°C) por duas horas, deve-se friccionar e agitar a mistura a cada dez minutos para que o ácido penetre na serragem de forma uniforme.

Após decorrido o tempo de duas horas, adicionou-se 560 mL de água deionizada no béquer, homogeneizando bem a amostra + ácido + água deionizada, após transferiu-se o béquer para a chapa de aquecimento, onde ferveu por mais quatro horas, manteve-se o nível de água constante por adição eventual de água deionizada.

Transcorrido o tempo de fervura, a amostra foi filtrada em cadinho filtrante, com o auxílio da bomba de vácuo (Figura 24BC). Encerrado o procedimento de filtragem, a amostra retida no cadinho filtrante foi levada para a estufa a 105°C, onde permaneceu por oito horas, tempo estimado para secagem.

Com auxílio da tenaz, retirou-se o cadinho da estufa e acondicionou-se no dessecador para resfriamento e posterior pesagem em balança de precisão.

As Figuras 24DE mostram a lignina seca em estufa.

O teor de lignina da amostra, definido em porcentagem (%L), é então definido pela Equação 6:

$$\%L = \frac{P1}{P2} \cdot 100 \quad (6)$$

Onde:

L - teor de lignina (%);

P1 - Peso do resíduo, em gramas;

P2 - Peso inicial da amostra (a.s), livre de extrativos, em gramas.

Como o cálculo leva em consideração a madeira livre de extrativos como sendo 100%, deve-se corrigir o valor calculado, diminuindo o valor encontrado para os extrativos (TE%) do total de 100%, sendo que a correção é definida pela Equação 7:

$$\%L_{cor} = \frac{P1}{P2} \cdot (100 - TE\%) \quad (7)$$

Onde:

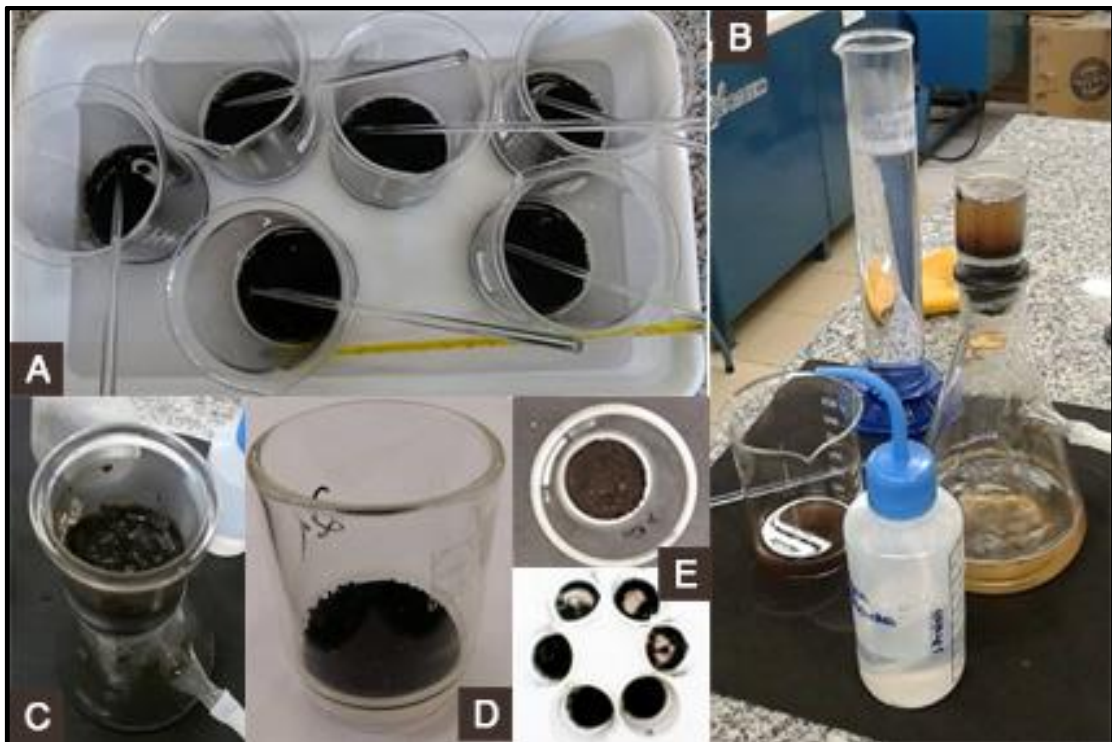
%L_{cor} - Teor de lignina corrigida (%);

P1 - Peso do resíduo, em gramas;

P2 - Peso inicial da amostra (a.s), livre de extrativos, em gramas.

TE% - Teor de extrativos da amostra (%).

Figura 24 - Determinação do teor de lignina.



Sendo: A – amostra mais ácido acondicionadas em banho-maria. BC– processo de lavagem e filtragem da amostra. DE – lignina seca em estufa.

Fonte: Autor.

3.5.5 Determinação de Holocelulose - Metodologia LCP Viçosa - adaptada

A metodologia consiste na deslignificação, em meio ácido, da serragem livre de extrativos e com teor de umidade definido. Com o processo, o teor de holocelulose foi determinado, não sendo diferenciadas as porcentagens de hemicelulose e celulose (α e β).

Na execução do procedimento são necessários os seguintes materiais: serragem livre de extrativos, erlenmeyer de 250 mL, béqueres de 50 mL, balão volumétrico de 100 mL, cadinho filtrante de porosidade 2, bastão de vidro, chapa de aquecimento, capela de exaustão de gases, bacia plástica, gelo, banho-maria, bomba de vácuo, pipeta de 1 mL, kitassato, tenaz, balança de precisão, dessecador, estufa a 70° C., água deionizada e ácido acético glacial (CH_3COOH), clorito de sódio (NaClO_2) e acetato de sódio (CH_3COONa).

Inicialmente pesou-se dois gramas de serragem a. s., livre de extrativos e transferiu-se para o erlenmeyer. Pesou-se, em béqueres de 50 mL, separadamente, 0,5 g de clorito de sódio, 1 g de acetato de sódio.

Em capela de exaustão, ligou-se o banho-maria a 70°C., com o erlenmeyer acondicionado, adicionou-se, inicialmente 80 mL de água deionizada quente. Após, transferiu-se 0,5 g de clorito e 1 g de acetato para o erlenmeyer, na sequência, foi pipetado 1 mL de ácido acético, transferindo para o erlenmeyer. Esse conteúdo foi adicionado a cada hora, sendo realizadas 4 repetições, totalizando 5 horas de reação. Após cada adição de reagentes, o erlenmeyer foi tampado com o balão volumétrico de 100 mL, colocado invertido, com o objetivo de manter o dióxido de cloro formado, preso aos recipientes, otimizando a reação e, evitando a fuga do gás tóxico (Figura 25A).

Passadas quatro horas, os recipientes foram transferidos para banho-maria com gelo, resfriando a reação, diminuindo a produção de dióxido de cloro, o que facilitou no processo de filtração (Figura 25BCD). Após terminado esse procedimento, a amostra foi filtrada, com o auxílio da bomba de vácuo e, lavada, com 1000 mL de água deionizada morna (Figura 25E).

O cadinho filtrante com amostra foi transferido para estufa a 70°C. onde permaneceu por 8 horas, após, com auxílio de tenaz, transferiu-se para o dessecador para resfriamento e posterior pesagem em balança de precisão.

O teor de holocelulose da amostra, definido em porcentagem (%H), é então definido pela Equação 8:

$$H = \frac{Ph}{P} \cdot 100 \quad (8)$$

Onde:

H - teor de holocelulose (%);

Ph - Peso da holocelulose, em gramas;

P - Peso inicial da amostra (a.s), livre de extrativos, em gramas.

A exemplo da lignina, a holocelulose deve ser corrigida, em função de ter seu valor inicialmente contabilizado, considerando que a madeira, livre de extrativos, corresponde a 100%, sendo que a correção é definida pela Equação 9:

$$H_{cor} = \%H \cdot (100 - TE\%) \quad (9)$$

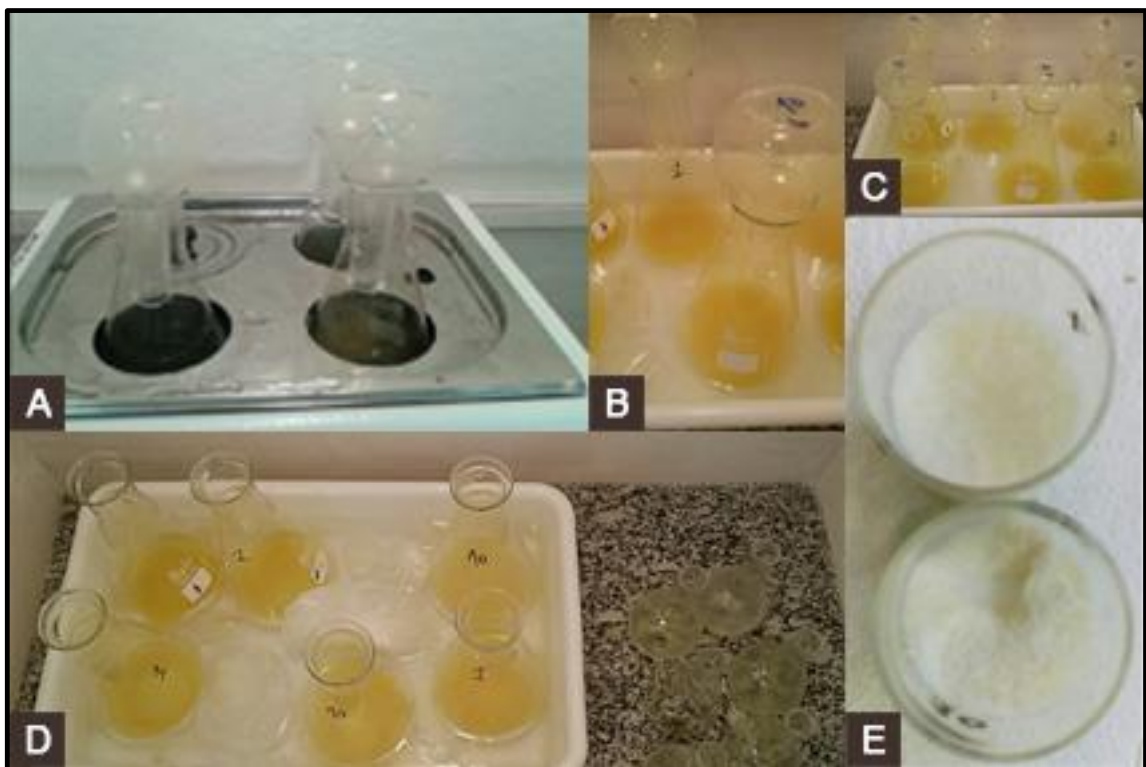
Onde:

H_{cor} – Teor de holocelulose corrigido (%);

H – Teor de holocelulose, em gramas;

TE - Teor de extrativos da amostra (%).

Figura 25 - Determinação do teor de holocelulose.



Sendo: A – amostra mais reagentes acondicionadas em banho-maria 70° C. BCD– processo de resfriamento da reação. E – holocelulose filtrada.

Fonte: Autor.

3.5.6 Determinação de Alfa-Celulose - NORMA TAPPI T203 cm-99

A metodologia consiste na dissolução, em meio ácido, da serragem livre de extrativos e deslignificada, ou seja, trabalha-se com a holocelulose. A amostra foi colocada em papel filtro e levada para estufa a 70°C. durante 24 horas, para secagem. Nesta etapa não utiliza-se o teor de umidade para quantificar a amostra a.s. e, sim,

seu peso seco em estufa, em baixa temperatura para que não ocorra a degradação dos carboidratos.

Na execução do procedimento são necessários os seguintes materiais: 1 grama de holocelulose a.s., cadinho filtrante de porosidade 2, bastão de vidro, balança de precisão, dessecador, estufa a 70° C, água deionizada, bomba de vácuo, kitassato, almofariz de 100 mL com pistilo, proveta de 100 mL, pipeta de 15 mL e solução de hidróxido de potássio a 17,5% (KOH).

Inicialmente, pesou-se um grama de holocelulose a.s. e transferiu-se para o almofariz (Figura 26A), adicionou-se 15 mL de uma solução de KOH 17,5% (Figura 26B), deixando reagir por dois minutos. Após transcorrido esse tempo, triturou-se o material com o pistilo por mais oito minutos (Figura 26C). Após, adicionou-se 40 mL de água deionizada ao almofariz e o conteúdo foi transferido para o cadinho filtrante, a solução foi filtrada a vácuo, lavada com 1000 mL de água deionizada para que o filtrado atinja um pH neutro, próximo ao da água (Figura 26DE).

O cadinho filtrante foi inserido em estufa a 70°C. por um período de 8 horas, para posterior resfriamento em dessecador e pesagem em balança de precisão (Figura 26F).

O teor de alfa-celulose da amostra, definido em porcentagem (% α), é então definido pela Equação 10:

$$\alpha = \frac{P\alpha}{P} \cdot 100 \quad (10)$$

Onde:

α - alfa-celulose (%);

$P\alpha$ - Peso da alfa celulose, em gramas;

P - Peso inicial da amostra (a.s), em gramas.

A exemplo da lignina e da holocelulose, a alfa-celulose deve ser corrigida (Equação 11), em função de ter seu valor inicialmente contabilizado, considerando que a madeira, livre de extrativos e lignina, corresponde a 100%.

$$\alpha_{cor} = \frac{\%H_{cor} \cdot T\alpha}{100} \quad (11)$$

Onde:

α cor – teor de alfa celulose corrigido (%);

Hcor – Teor de holocelulose corrigido, em gramas;

T α – Teor de alfa-celulose, em gramas.

E, através de uma relação simples (Equação 12), podemos obter o teor de hemiceluloses:

$$\text{Hem} = \text{THcor} - \alpha\text{cor} \quad (12)$$

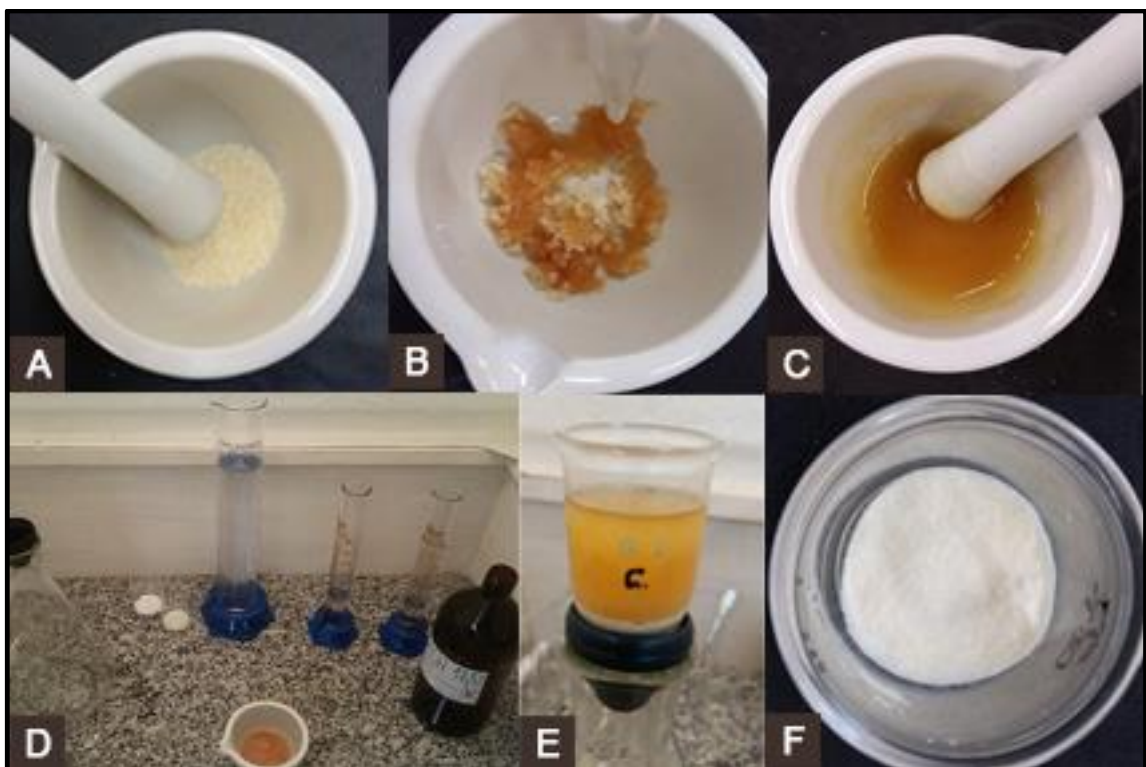
Onde:

Hem – Teor de hemicelulose (%);

THcor – Teor de holocelulose corrigido, em gramas;

α cor – Teor de alfa-celulose corrigido, em gramas.

Figura 26 - Determinação do teor de alfa-celulose.



Sendo: A – holocelulose. B – adição de KOH 17,5%. C – maceração da mistura. DE – processo de filtragem da amostra. F – alfa celulose seca em estufa.

Fonte: Autor.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram tabelados no programa Excel 2013®, e avaliados estatisticamente pelo uso do software Statgraphics Centurion XV.II. As médias das análises químicas foram comparadas pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro.

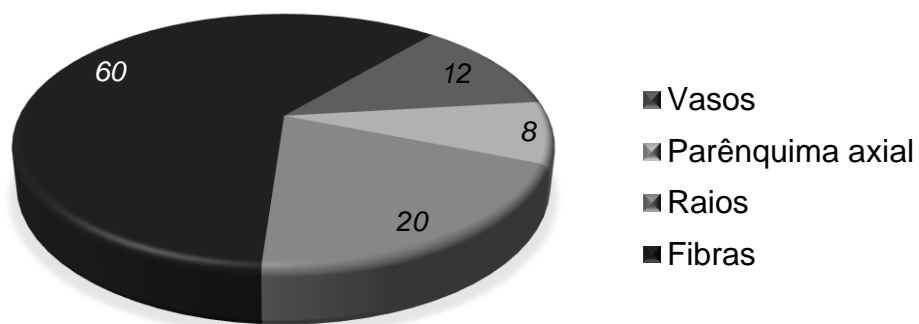
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESCRIÇÃO DA ANATOMIA DA MADEIRA

O tecido lenhoso da espécie é constituído principalmente por fibras ($60 \pm 3,4\%$) e raios ($20 \pm 2,3\%$), totalizando aproximadamente 80%. O restante, ou seja, 20 % estão divididos entre vasos ($12 \pm 4\%$) e parênquima axial ($8 \pm 3\%$) (Figura 27).

A madeira da *Maclura tinctoria* apresenta anéis de crescimento fracamente delimitados por parênquima marginal e alargamento de células radiais (MACHADO et al., 2015).

Figura 27 - Composição dos diferentes tipos celulares do tecido lenhoso da Tajuva.



Fonte: Autor.

A seguir, é apresentada a descrição anatômica do lenho da *Maclura tinctoria* e, na Tabela 4 são apresentados os dados observados para os caracteres anatômicos da Tajuva.

Vasos: escassos a pouco numerosos ($5,6 \pm 2,7$ (2 – 9,5) poros/mm²). Porosidade difusa. Poros solitários (74%), em múltiplos radiais de 2-5 (24%) e racemiformes (2%), circulares ou ovais (146 ± 40 (50 – 195) μm), em frequente contato com raios, e de paredes espessas $7 \pm 1,7$ (5 – 10) μm (Figura 28 AB). Elementos vasculares curtos (259 ± 50 (120 – 330) μm), com placas de perfuração simples, oblíquas ou transversais ao vaso (Figura 28 DE). Apêndices, geralmente curtos ($25,6 \pm 16$ (10 – 50) μm), em uma extremidade. Pontoações intervasculares pequenas ($6,3 \pm 1,1$ (5,2 – 8,2) μm), alternas, circulares ou poligonais, ornamentadas, com abertura em fenda inclusa, frequentemente coalescente (Figura 28 DE). Pontoações raiovasculares, aparentemente simples, por vezes estendidas ($9 \pm 1,2$ (7,2 – 10,3) μm). Espessamentos espiralados, ausentes. Conteúdo, presente.

Parênquima axial: em arranjo paratraqueal vasicêntrico, vasicêntrico incompleto, por vezes aliforme, aliforme confluyente, paratraqueal escasso e em faixa marginal no limite do anel de crescimento (Figura 28 AB). Conteúdo, ausente. Séries parenquimáticas de 368 ± 63 (280 – 513) μm de altura, com 2 – 4 (até 7) células, (Figura 28 CD). Cristais romboédricos com 4-20 cristais por série (Figura 28 F), também visualizados em seção transversal.

Raios: numerosos ($6 \pm 1,1$ (4 – 7) raios/mm), unisseriados (4%), bisseriados (13%), trisseriados (45%) e tetrasseriados (38%). Tecido radial homogêneo, composto inteiramente de células procumbentes (Figura 28 CD). Os multisseriados, de 256 ± 75 (113 – 425) μm e 7 – 26 células de altura. Os unisseriados, de 87 ± 36 (38 – 175) μm e 2 – 8 células de altura. Raios agregados, células envolventes, células radiais de paredes disjuntas, células perfuradas e conteúdos, ausentes. Raios fusionados, cristais e tubos laticíferos, presentes (Figura 28 F).

Fibras: libriformes, de comprimento médio (980 ± 110 (750 – 1170) μm), com $12 \pm 1,9$ (7,5 – 15) μm de largura, e paredes finas a espessas ($2,3 \pm 0,6$ (0,6 – 3,1) μm) (Figura 28 AB). Espessamentos espiralados, fibras septadas e traqueídeos, ausentes. Fibras gelatinosas, abundantes (Figura 28 AB).

Outros caracteres: variantes cambiais, canais intercelulares, células oleíferas, células mucilaginosas, estratificação, máculas medulares, ausentes. Cristais e tubos laticíferos, presentes (Figura 28 F).

O lenho de *Maclura tinctoria* reúne as características anatômicas predominantes em Moraceae, de acordo com Metcalfe e Chalk (1972): poros geralmente solitários, pouco numerosos, de diâmetro médio; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares pequenas; pontoações raio-vasculares circulares ou transversalmente alongadas; parênquima paratraqueal; raios homogêneos; fibras libriformes de comprimento médio; e tubos lactíferos, presentes.

Tabela 4 - Características do lenho de *Maclura tinctoria*.

CARACTERES ANATÔMICOS	N	MÍN	MÉDIA	MÁX	σ
Fração de vasos (%)	600	6	12	17	4
Abundância de vasos (vasos/mm ²)	25	2	5,6	9,5	2,7
Diâmetro do lúmen dos vasos (μm)	25	50	145,9	195	40,38
Comprimento de elementos vasculares (μm)	25	120	254	330	49,5
Parênquima axial (%)	600	4	8	12	3
Altura de parênquima (μm)	25	280	368	513	63
Altura de parênquima (células)	25	2	2,72	7	0,93
Fração de raios (%)	600	17	20	24	2,31
Frequência de raios (raios/mm)	12	4	6,16	7	1,02
Altura de raios unisseriados (μm)	25	37,5	86,9	175	36,13
Largura de raios unisseriados (μm)	25	25	38,7	57,5	7,71
Altura de raios unisseriados (células)	25	2	4,6	8	1,73
Altura de raios multisseriados (μm)	25	112,5	255,5	425	75,11
Largura de raios multisseriados (μm)	25	37,5	86,9	175	36,13
Altura de raios multiisseriados (células)	25	7	16,08	26	5,23
Fração de fibras (%)	600	55	60	65	3,45
Espessura da parede (μm)	25	0,625	2,3	3,125	0,61
Comprimento das fibras (μm)	25	750	980	1170	110,07

Sendo: N o número de observações; MÍN o valor mínimo encontrado; MÉDIA a média dos valores; MÁX o valor máximo encontrado; e σ o valor do desvio padrão.

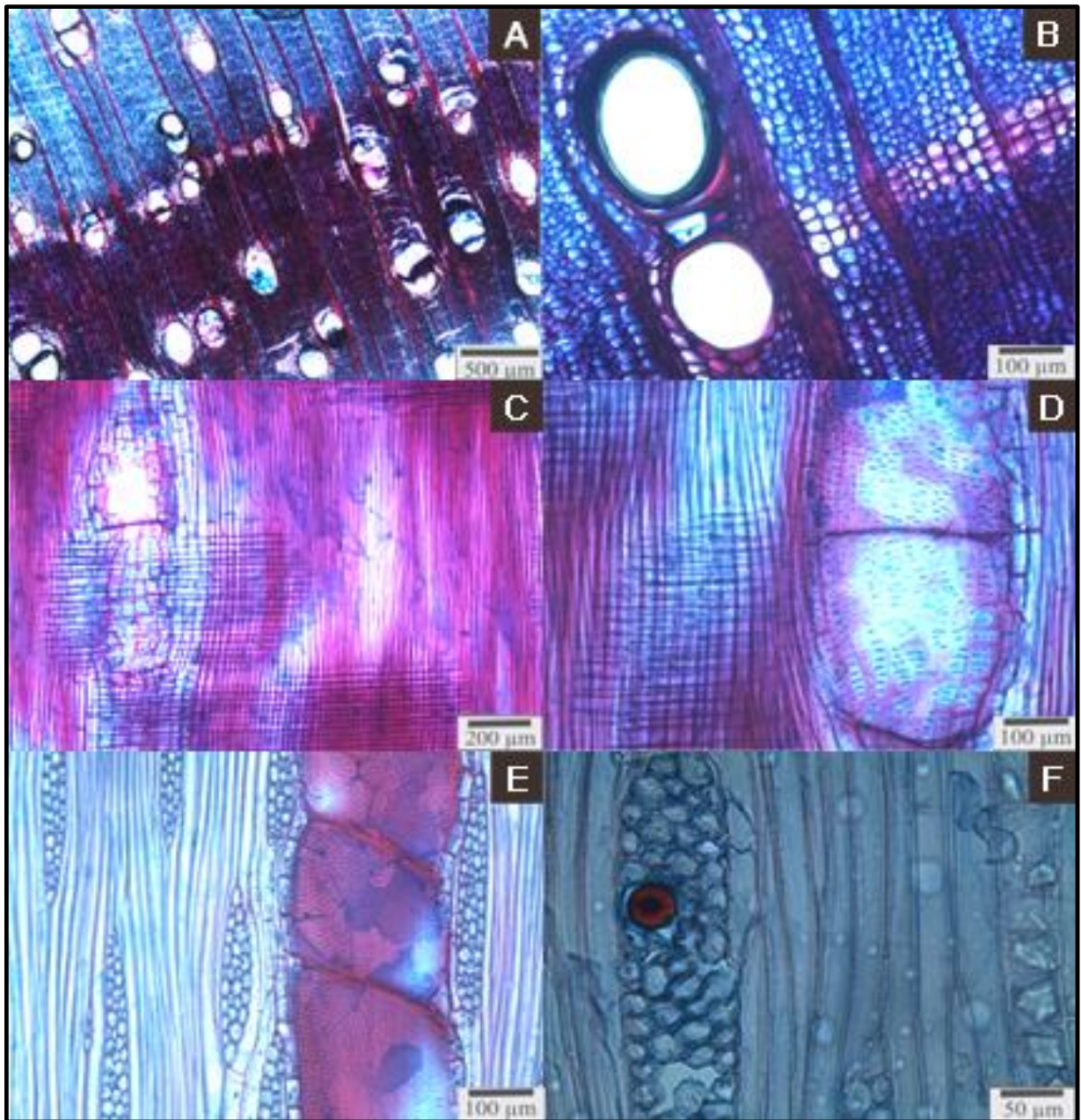
Fonte: Autor.

A espécie pode ser considerada evoluída, de acordo com Marchiori (1997), pois apresenta placas de perfuração simples, parênquima tipicamente paratraqueal, raios homogêneos e fibras libriformes.

A presente descrição corrobora com Tortorelli (2009), ao constatar a presença de poros solitários e em curtos múltiplos de 2 - 3, ovais ou elípticos, de elementos vasculares de comprimento médio, pontoações intervasculares alternas, de parênquima axial com 2 - 4 (até 8) células de altura, de raios numerosos, homogêneos, com células cristalíferas, e de fibras libriformes de paredes finas a espessas. Ao contrário desse autor, entretanto, observou-se, no material examinado a presença de anéis de crescimento fracamente distintos, delimitados por parênquima marginal e alargamento de raios no limite do anel; predominância de parênquima vasicêntrico e aliforme, de raios tetrasseriados e a presença de tubos laticíferos. O último caráter também é confirmado por Metcalfe; Chalk (1972) e Marchiori (1997) para o gênero e espécie em estudo, respectivamente.

Para o gênero *Maclura*, Record; Hess (1949), citam, ainda: porosidade em anel, poros agrupados no lenho tardio, tiloses, elementos vasculares com espessamentos espiralados; pontoações intervasculares alternas coalescentes, parênquima tipicamente vasicêntrico; e presença de fibras gelatinosas.

Figura 28 - Fotomicrografias do lenho de *Maclura tinctoria*.



Sendo: A – Parênquima marginal no limite do anel de crescimento, porosidade semi-difusa, poros solitários e em curtos múltiplo radiais, parênquima vasicêntrico, por vezes confluyente (seção transversal). B – mesma seção, destacando o parênquima marginal e tênue alargamento de raios. C – Raios homogêneos, em seção radial, compostos inteiramente de células procumbentes. D – Células procumbentes de raio, vaso com pontoações alternas e placa de perfuração transversal (seção radial). E – Raios multisseriados e vaso com placas de perfuração oblíquas. F – Raio tetrasseriado com tubo laticífero e séries cristalíferas no parênquima axial (seção tangencial).

Fonte: Machado et. al, 2015.

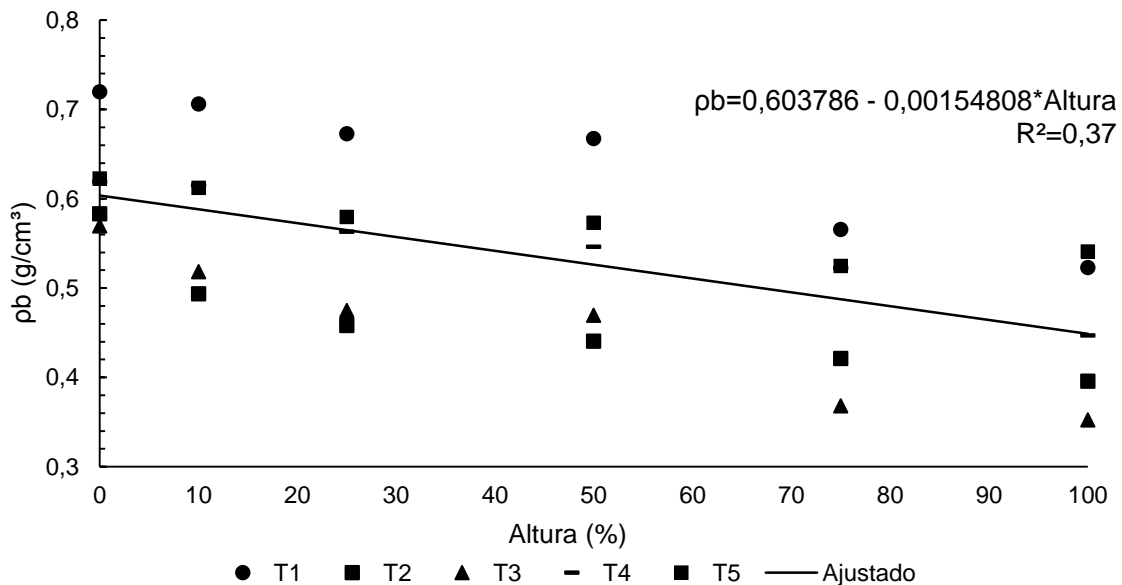
4.2 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

4.2.1 Densidade Básica, Verde e Ponderada

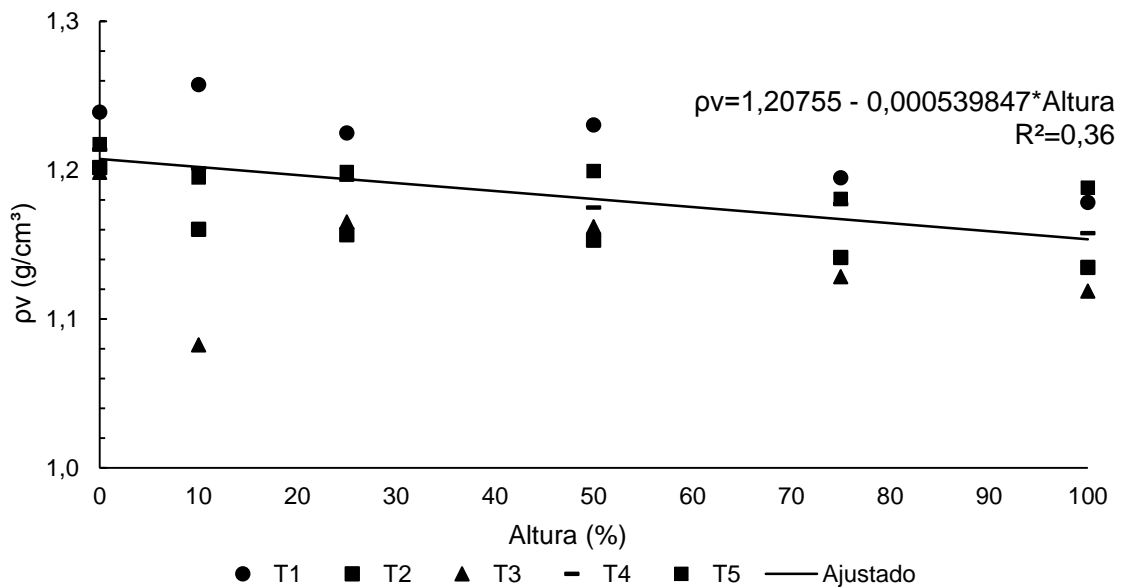
Os valores médios, para a densidade básica (ρ_b) e densidade verde (ρ_v) (Figura 29) foram de $0,539 \text{ g/cm}^3$ e $1,180 \text{ g/cm}^3$, respectivamente.

As madeiras nativas, mais utilizadas na região de estudo, como o angico (*Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan), a guajuvira (*Cordia americana* (L.) Gottsb. & J. S. Mill) e o cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), por exemplo, apresentam valores de densidade básica de $0,850 \text{ g/cm}^3$, $0,780 \text{ g/cm}^3$ e $0,550 \text{ g/cm}^3$, respectivamente (LORENZI, 2008). Vivian et al. (2015) determinaram para a madeira de *Pinus taeda* a densidade básica de $0,435 \text{ g/cm}^3$.

Figura 29 - Valores médios e equação de regressão para densidade básica (A) e densidade verde (B) no sentido base-topo, para cada árvore (T).



A – densidade básica.



B – densidade verde.

Fonte: Autor.

A densidade básica apresentou decréscimo de valores em relação ao sentido da base-topo, mesma tendência encontrada para a madeira de *Ateleia glazioveana* Baill (ELOY et al., 2013), e para a madeira de guajuvira (TRAUTENMÜLLER et al., 2014).

Glass; Zelinka (2010) salientam que a variação da densidade dentro de determinada espécie pode ocorrer devido às características anatômicas, como a proporção entre cerne e alburno.

Em outras palavras, a densidade aumenta conforme o aumento da proporção de células com paredes mais espessas, em madeiras denominadas duras, a densidade não depende somente da espessura da parede das fibras, mas, da quantidade de espaços vazios ocupados por vasos e parênquima (WIEDENHOEFT, 2010).

Pereira et al. (2013) destacam a existência de maior quantidade de madeira jovem nas posições mais altas do tronco, enquanto que as maiores proporções de cerne são encontrados na base da árvore, fato que explica o decréscimo da densidade nas posições superiores à base.

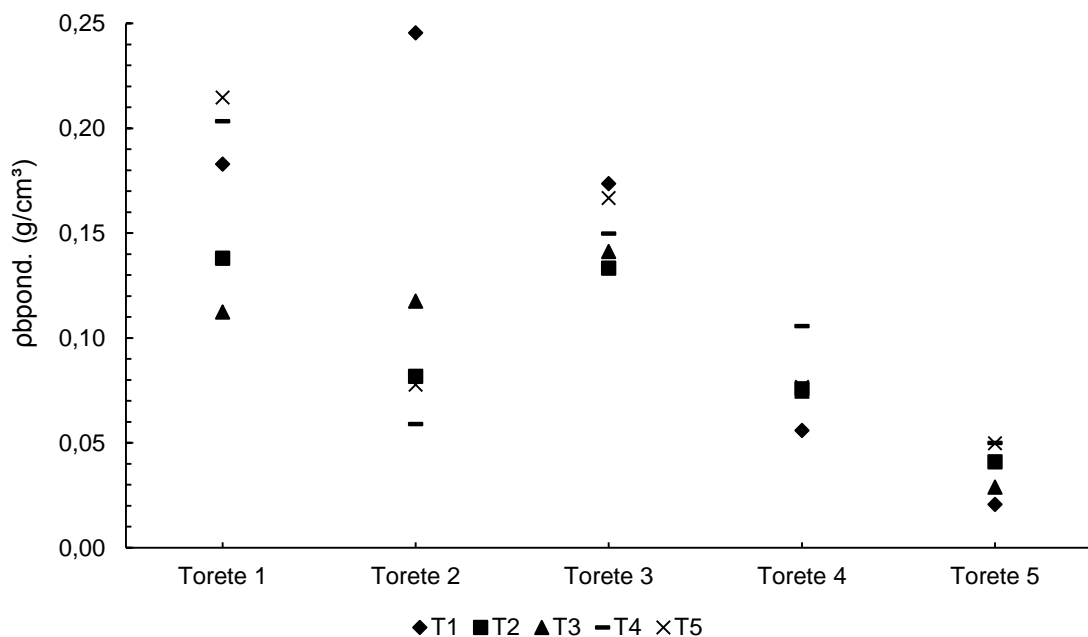
Nogueira (2008), em estudo sobre a biomassa e emissão de carbono na Amazônia, a partir de discos com casca, retirados do DAP, obteve valores para a

densidade básica da Tajuva, de 0,668 g/cm³. Araujo (2007), analisando as relações funcionais de madeiras tropicais brasileiras, encontrou a densidade básica de 0,730 g/cm³, mesmo valor encontrado no banco de dados do Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro para a madeira de Tajuva.

Para a madeira de canemaçu (*Tetrorchidium rubrivenium* Poeppig & Endlicher), foram encontrados valores médios para a densidade verde de 1,088 g/cm³ (GUMA, 2013).

A densidade básica ponderada (pbpond), determinada em função do volume comercial sem casca, apresentou valores de 0,555 g/cm³. A Figura 30 apresenta os valores médios de cada torete para cada árvore.

Figura 30 - Valores médios para densidade básica ponderada no sentido base-topo, para cada árvore (T).



Fonte: Autor.

Estudando diversos clones de *Eucalyptus spp.*, Beltrame (2012) obteve valores médios para a pbpond. de 0,428 g/cm³. Para a guajuvira (*Cordia americana* (Linnaeus) Gottshling & J.E. Mill), Trautenmüller et al. (2014) determinaram valores médios de 0,629 g/cm³.

A família moraceae destaca-se pelos figos e amoras (GONZAGA, 2006), não sendo portanto, madeiras de grande destaque econômico. Além da Tajuva, o autor ressalta mais três espécies da família, consideradas madeiras de lei: a guariúba (*Clarisia racemosa* Ruiz & Pav.), madeira muito parecida com a Tajuva, com pb de 0,560 g/cm³; a muirapiranga (*Brosinum paraense* Huber), adequada para construções navais, com pb de 0,880 g/cm³ e, a bagaceira ou tatajuba (*Bagassa guianensis* Aubl.), outra madeira confundida com a Tajuva, com pb de 0,82 g/cm³.

Shimoyama; Barrichelo (1991) e Pinto (2007), descrevem a densidade como um dos mais importantes parâmetros para avaliação da qualidade em madeiras, fornecendo inúmeras informações sobre suas características devido a íntima relação com outras propriedades.

4.3 ANÁLISE QUÍMICA DA MADEIRA

4.3.1 Teor de Umidade

O teor de umidade médio na madeira de cerne foi de 8,26 %, enquanto que para o alburno, os valores encontrados foram de 9,15 %. A altura correspondente a 100% não apresentava cerne.

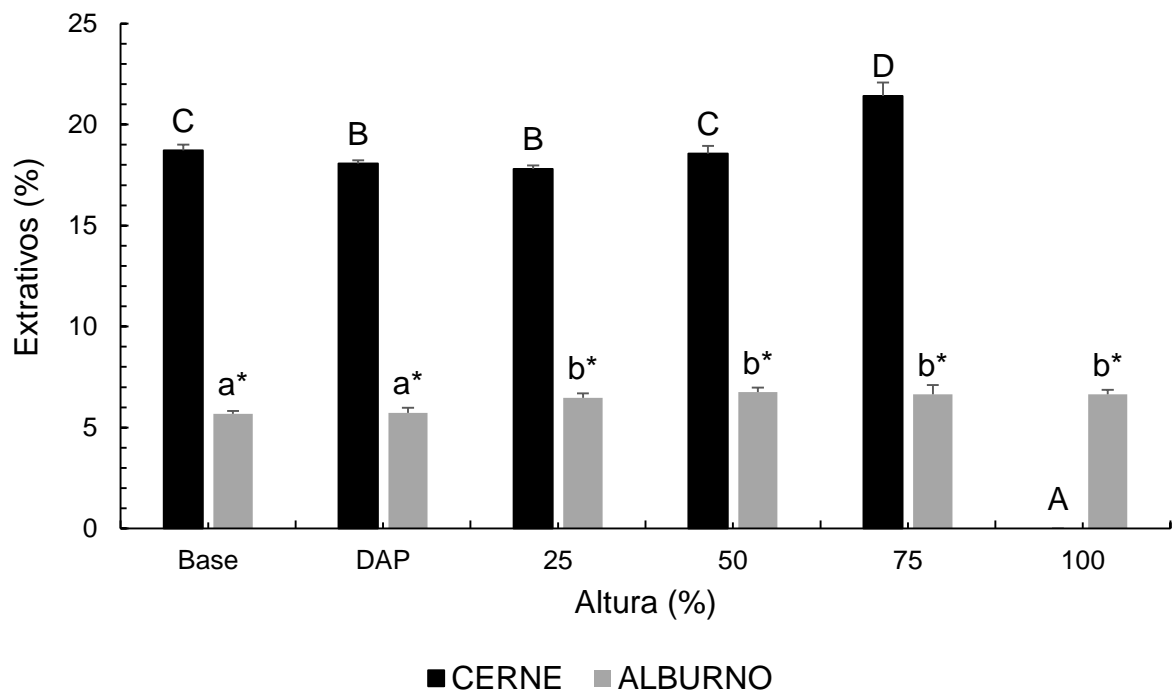
O teor de holocelulose está diretamente associado com a higroscopicidade da madeira (SKAAR, 1972), demonstrando uma relação direta entre os maiores valores encontrados para teores de umidade e teores de holocelulose para a madeira do alburno da Tajuva.

4.3.2 Teor de Extrativos Totais

Os valores médios, para os extrativos no cerne foram de 18,92 %, enquanto que no alburno os valores foram de 6,32%. Valores médios de extrativos para todo o lenho ficaram em torno de 12,6 %.

A Figura 31 apresenta os valores de extrativos obtidos para cerne e alburno nas diferentes alturas estudadas.

Figura 31 - Teores de extrativos nas diferentes alturas estudadas para cerne e alburno da madeira de Tajuva.



Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula e minúscula, entre colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro. Na coluna (altura), médias seguidas de * diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro. A barra de erros representa o desvio padrão.

Fonte: Autor.

O teor de extrativos totais para a madeira do cerne da Tajuva, apresentou uma tendência de decréscimo do a partir da base até a altura correspondente a 25%. Já para as posições 50 e 75%, houve um acréscimo significativo nos teores de extrativos (exceto em 100%, sem presença de cerne). Para o alburno, houve a tendência de crescimento dos valores a partir da base até a altura correspondente a 100%.

Lamounier (2010), em estudo sobre a Tajuva, sem a diferenciação entre cerne e alburno, encontrou para os extrativos valores médios de 10,79 %. Estudando os efeitos da durabilidade natural de madeiras, Gonçalves et al. (2013) realizaram a extração da madeira de Tajuva com ciclo-hexano, acetato de etila e metanol, determinando um total de 10,87 % de extrativos. Os valores de extrativos obtidos para a mesma espécie, em outras pesquisas são, em média, 12% considerados mais baixos em relação ao estudo desenvolvido. Essa diferença pode ser observada devido

à diferenças de solo e clima, da idade das plantas, dos processos de amostragem e a metodologia de extração empregada.

Já para a *Bagassa guianensis* Aubl., madeira da mesma família e muitas vezes confundida com a da Tajuva, Santana; Okino (2007), determinaram um teor de 9,4 % de extrativos totais.

Em comparação com espécie de reflorestamento (*Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden), madeira versátil e de amplo uso, Silva et al. (2005) determinaram o teor de extrativos em plantas com 10, 14, 20 e 25 anos, obtendo valores de 3,41 %, 3,85 %, 4,60 % e 4,46 % respectivamente. Missio et al. (2015), encontraram para a mesma variedade de eucalipto, com 21 anos de idade, o teor de 1,05 % para os extrativos totais, podendo-se afirmar que a madeira de Tajuva possui um teor de extrativos 12 vezes maior que a madeira de *Eucalyptus grandis*.

Os altos teores encontrados para os extrativos no cerne são explicados por Jankowsky (1979), onde o autor afirma que o teor de extrativos tende a diminuir com o afastamento da medula, referindo-se ao surgimento do alburno e, sugerindo, a correlação do teor de extrativos com a densidade na madeira de folhosas. Para Chafe (1987), os extrativos determinam a durabilidade da madeira, contendo em sua composição a presença de compostos fungicidas e inseticidas.

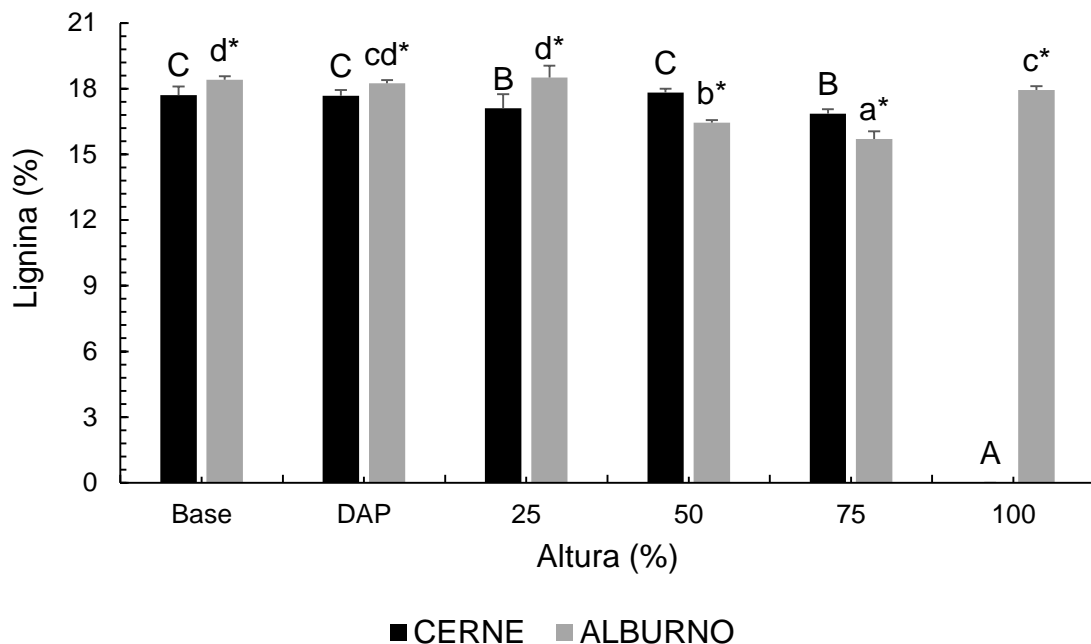
Já Browning (1963), destaca que o cerne é constituído por compostos fenólicos e ácidos em maior proporção em relação ao alburno, que apresenta maiores teores de amidos.

4.3.3 Teor de Lignina Insolúvel (Klason)

Os valores médios para a lignina no cerne foram de 17,58 %, enquanto que no alburno, os valores foram de 17,55 %.

A Figura 32 apresenta os teores de lignina Klason obtidos para cerne e alburno nas diferentes alturas estudadas.

Figura 32 - Teores de lignina klason nas diferentes alturas estudadas para cerne e alburno da madeira de Tajuva.



Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula e minúscula, entre colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro. Na coluna (altura), médias seguidas de * diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro. A barra de erros representa o desvio padrão.

Fonte: Autor.

Utilizando o mesmo processo descrito no item 3.5.4, Lamounier (2010), encontrou na Tajuva, o teor médio de 19,22 % para a lignina Klason, ou seja, cerca de 9% a mais quando comparado aos teores obtidos no presente estudo.

Para a Tatajuba (*Bagassa guianensis* Aubl.), Santana; Okino (2007) determinaram um teor de 34,2 % de lignina insolúvel, valores que correspondem, aproximadamente, ao dobro dos valores obtidos para a madeira da Tajuva.

Já Salem; Mohamed (2013), em estudos com a *Maclura pomifera* (Raf.) C. K. Schneid, da família moraceae e adaptada para o clima egípcio, determinaram os teores de lignina klason de 40 %, valores altos como os encontrados pelos autores podem ser explicados devido à adaptação aos déficits hídricos sofridos pela planta (MOORE et al., 2008).

Estudos realizados por Klitzke et al. (2008) com madeira de Jatobá (*Hymenaea* sp.), para a madeira de cerne e alburno, obtiveram valores de 30,39 % e 28,69 %

respectivamente, demonstrando valores obtidos, aproximados para cerne e alburno, a exemplo dos valores obtidos para a madeira da Tajuva.

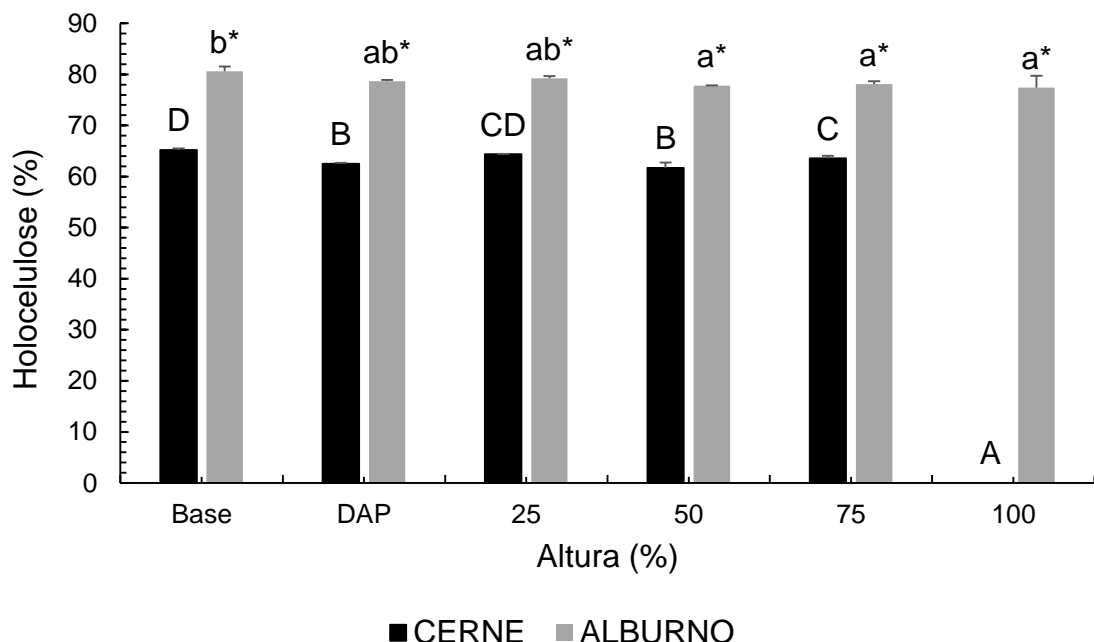
Para o *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, Silva et al. (2005) determinaram o teor de lignina em plantas com 10, 14, 20 e 25 anos, obtendo valores de 25,53 %, 27,12 %, 28,29 % e 27,95 % respectivamente.

4.3.4 Determinação do Teor de Holocelulose

Os valores médios para a holocelulose no cerne foram de 63,45 %, enquanto que no alburno, os valores foram de 78,59 %. A média para o lenho da Tajuva foi de 71,02 %.

A Figura 33 apresenta os teores de holocelulose obtidos para cerne e alburno nas diferentes alturas estudadas.

Figura 33 - Teores de holocelulose nas diferentes alturas estudadas para cerne e alburno da madeira de Tajuva.



Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula e minúscula, entre colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro. Na coluna (altura), médias seguidas de * diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro. A barra de erros representa o desvio padrão.

Fonte: Autor.

A holocelulose apresentou valores inversamente proporcionais aos teores de extrativos. Fato esse, observado com relação aos teores de ambos, obtidos nas posições analisadas para o cerne da madeira, visto que, teores de lignina permaneceram constantes nas amostras de cerne e alburno.

Lamounier (2010), encontrou na Tajuva, o teor médio de holocelulose de 69,43 %. Para a tatajuba (*Bagassa guianensis* Aubl.), Santana; Okino (2007) encontraram um teor de 64,9 % de holocelulose.

A madeira de *Maclura pomifera* (Raf.) C. K. Schneid, apresentou teor de 50,34 % de holocelulose (SALEM; MOHAMED, 2013). O *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, nas idades de 10, 14, 20 e 25 anos, os valores em holocelulose de 69,46 %, 70,61 %, 67,11 % e 67,59 % respectivamente (SILVA et al., 2005).

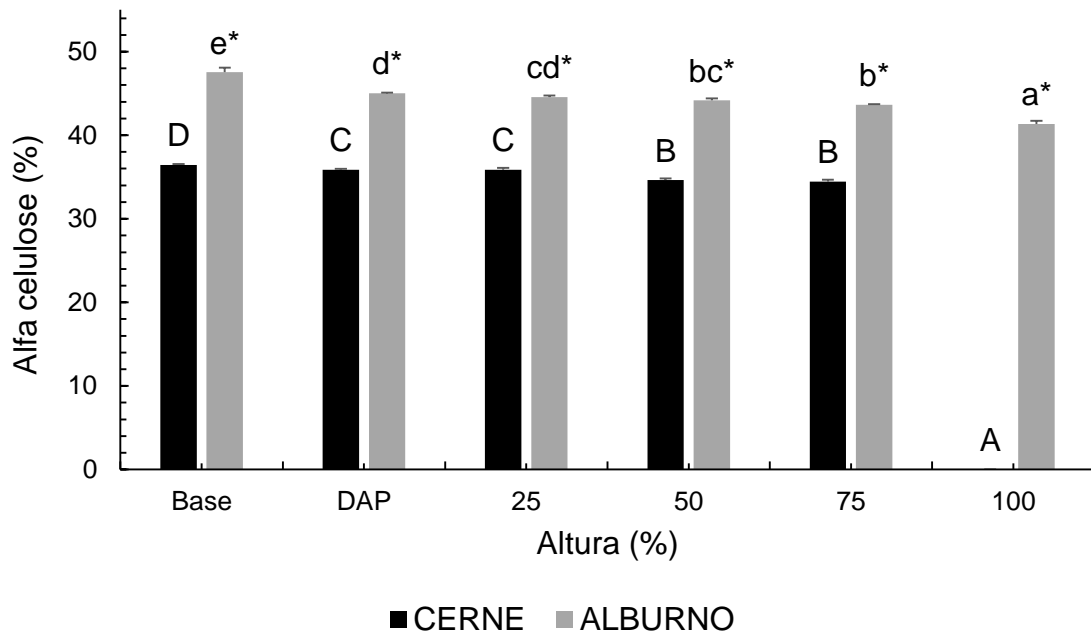
A madeira de *Pinus elliottii* Engel é composta por 68,80 % de holocelulose (BALLONI, 2009), já o *Pinus taeda* apresenta em sua composição 70,46 % de holocelulose (VIVIAN et al., 2015).

4.3.5 Teor de Alfa Celulose

Os valores médios para a alfa celulose no cerne foram de 35,44 %, enquanto que no alburno, os valores foram de 44,38 %. A média para o lenho da Tajuva foi de 39,91 %.

A Figura 34 apresenta os valores de alfa celulose obtidos para cerne e alburno nas diferentes alturas estudadas.

Figura 34 - Teores de alfa celulose nas diferentes alturas estudadas para cerne e alborno da madeira de Tajuva.



Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula e minúscula, entre colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro. Na coluna (altura), médias seguidas de * diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro. A barra de erros representa o desvio padrão.

Fonte: Autor.

Para a tatajuba (*Bagassa guianensis* Aubl.), Santana; Okino (2007) encontraram um teor de 43,4 % de holocelulose. Já Lamounier (2010), na determinação de alfa celulose para a Tajuva, obteve valores de 46,02 %, diferença obtido devido à metodologia e, aos reagentes empregados. Nesse caso, o autor utilizou primeiramente uma solução menos concentrada e, na sequência, uma mais concentrada, ou seja, KOH a 5% e KOH a 24%, respectivamente, metodologia que difere da aplicada para este estudo.

Morais et al. (2005), analisando quimicamente a madeira de *Pinus oocarpa*, com 15 cm de DAP, obtiveram valor de 59,05 % para a alfa celulose. O híbrido de *Eucalyptus urograndis* analisado por Mello Júnior (2010) resultou em 49,78 % de alfa celulose. Ambas amplamente utilizadas para obtenção de celulose de fibra longa e fibra curta, respectivamente.

Na *Acacia bakeriana* Craib., os valores encontrados por Cunha (2013) foram de 35,35 %, valores relativamente baixos devido ao elevado teor de taninos presentes na espécie.

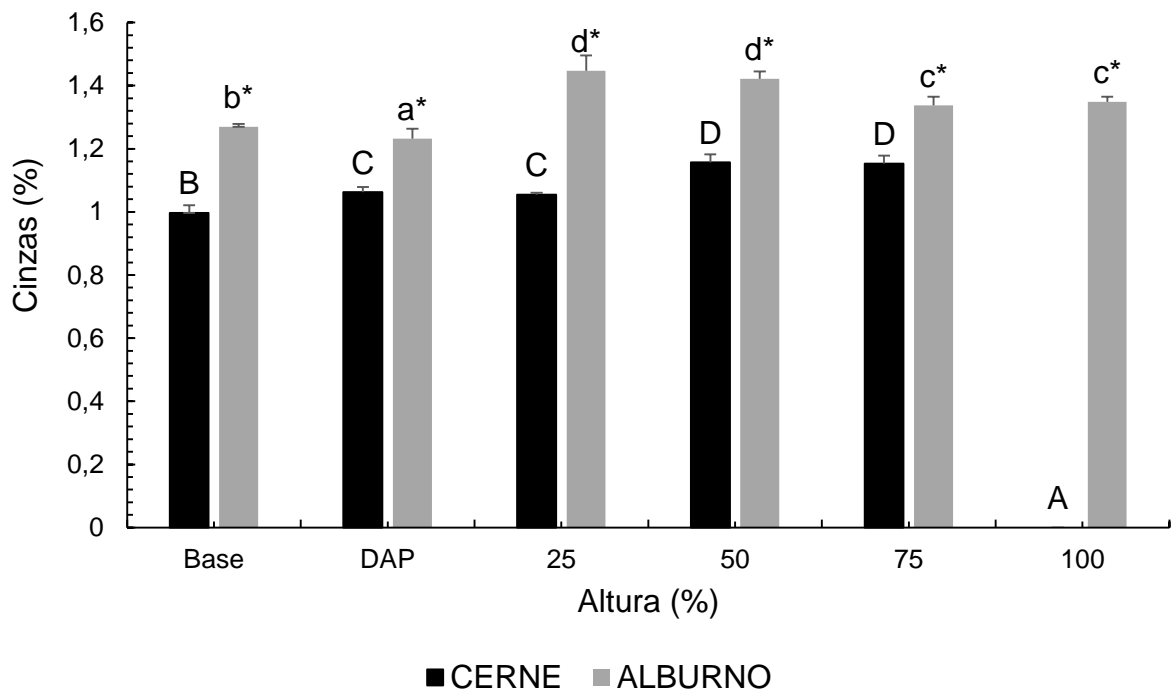
Os teores de alfa celulose estão diretamente ligados aos de holocelulose, visto que o tratamento alcalino realizado na holocelulose, solubiliza as hemiceluloses e, o resíduo fibroso que não reage durante o processo, resulta em teores de alfa celulose.

4.3.6 Teor de Cinzas

Os valores médios para o teor de cinzas no cerne foram de 1,08 %, enquanto que no alburno, os valores foram de 1,35 %. A média para o lenho da Tajuva foi de 1,21 %.

A Figura 35 apresenta os teores de cinzas obtidos para cerne e alburno nas diferentes alturas estudadas.

Figura 35 - Teores de cinzas nas diferentes alturas estudadas para cerne e alburno da madeira de Tajuva.



Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula e minúscula, entre colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro. Na coluna (altura), médias seguidas de * diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fisher em 5% de probabilidade de erro. A barra de erros representa o desvio padrão.

Fonte: Autor.

No processo de determinação dos minerais da madeira, Gonçalves et al. (2013) encontraram valores de 1,42 % para o teor de cinzas no lenho da Tajuva. A madeira de *Pinus elliottii* Engel é composta por 0,41 % de cinzas (BALLONI, 2009).

Sobre os minerais da madeira, Barcellos et al. (2005), ressaltam a importância em considerar as quantidades dos lenhos juvenil e adulto na árvore, visto que as atividades metabólicas no alburno são maiores em relação ao cerne, explicando assim, o maior teor de cinzas encontrados para o alburno da Tajuva. Fato que corrobora com Burger; Richer (1991), ao afirmarem que o cerne apresenta um menor teor de umidade devido à redução da atividade fisiológica e por apresentar tecido mais compacto em relação ao alburno.

4.3.7 Composição Química

Os resultados obtidos nas análises químicas para os diferentes constituintes químicos do lenho de Tajuva encontram-se resumidos na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição química do lenho de Tajuva.

Constituintes	Cerne (%)	Alburno (%)	Média (%)
Cinzas	1,08 ± 0,1	1,35 ± 0,1	1,215 ± 0,1
Lignina insolúvel	17,58 ± 0,4	17,55 ± 1,2	17,56 ± 0,8
Holocelulose	63,45 ± 1,4	78,59 ± 1,2	71,02 ± 1,3
Alfa celulose	35,44 ± 0,8	44,38 ± 1,9	39,91 ± 1,3
Hemicelulose	28,01 ± 1,1	34,21 ± 1,5	31,11 ± 1,3
Extrativos totais	18,92 ± 1,4	6,32 ± 0,5	12,62 ± 0,9
ANÁLISE SOMATIVA	101,03 ± 3,3	103,81 ± 3	102,42 ± 3,1

Fonte: Autor.

Analisando a composição macromolecular, pode-se afirmar que todos os compostos químicos do lenho da Tajuva oscilam dentro dos valores esperados para uma madeira de folhosa.

A tabela 6, apresenta um resumo das composições macromoleculares do lenho de diferentes espécies, a título de comparação com valores obtidos para o lenho da Tajuva.

Tabela 6 - Composições Químicas Médias do Lenho da Tajuva e de Outras Madeiras (%).

CONSTITUINTES	<i>Maclura tinctoria</i>	<i>Maclura tinctoria</i> (Lamounier, 2010)	<i>Maclura tinctoria</i> (Gonçalves et al., 2013)	<i>Maclura pomifera</i> (Salem, 2013)	<i>Eucalyptus grandis</i> C. G005 (Couto, 2011)	<i>Pinus taeda</i> (Vivian et al., 2015)	<i>Cassia bakeriana</i> (Cunha, 2013)
CINZAS	1,215	-	1,42	0,45	0,33	-	2,08
LIGNINA insol.	17,56	21,47	-	40	31,88	26,18	21
HOLOCELULOSE	71,02	69,43	-	50,34	64,42	70,46	67,4
EXTRATIVOS TOTAIS	12,62	10,79	10,87	8,09	3,35	2,83	13,79
ANÁLISE SOMATIVA	102,42	101,69	-	98,88	99,98	99,47	104,27

Fonte: Autor.

5 CONCLUSÕES

Anatomicamente, a Tajuva é considerada uma espécie evoluída pois, apresenta placas de perfuração simples, parênquima tipicamente paratraqueal, raios homogêneos e fibras libriformes.

Com relação à densidade, a diferença entre os diâmetros e, conseqüentemente de idade entre as plantas, fez com que os valores obtidos ficassem ligeiramente abaixo dos encontrados na literatura, com exceção da árvore de maior diâmetro.

Pode-se afirmar que a Tajuva se enquadra no perfil das folhosas em relação à teores de lignina Klason, holocelulose e cinzas, destoando da média, os teores de extrativos da madeira do cerne.

Sendo o teor de extrativos um parâmetro de qualidade para a seleção de madeiras a serem empregadas na indústria de extração de celulose, deve-se descartar a espécie para esse fim. O alto teor de extrativos aumenta a durabilidade natural da madeira.

Processos silviculturais adequados e o melhoramento genético influenciam as características físico-mecânicas, visto que, a maior utilidade da madeira da Tajuva engloba processos de desdobro, processamento e acabamento.

Portanto, estudos posteriores sobre a durabilidade e, principalmente, a qualidade da madeira poderão indicar a melhor utilização e a destinação final para a madeira da *Maclura tinctoria*.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. de M.; REIS, N. R. dos; LUDWIG, G.; ROCHA, V. J. Dieta, área de vida, vocalizações e estimativas populacionais de *Alouatta gariba em um remanescente florestal no norte do Estado do Paraná*. **Neotropical Primates** 11(2), 2003.
- ARAUJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2007.
- ASTM - American Society of Testing Materials. Standard test methods for specific gravity of wood and wood-based materials. **Annual Book of ASTM Standards Des. D 2395-93** (Reapproved 1997) Vol -4.10. Philadelphia, PA, 1997.
- ATADANA, F. W. **Catalytic pyrolysis of cellulose, hemicellulose and lignin model compounds**. Thesis (master). Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. 156 p. 2010.
- BALLONI, C. J. V. **Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliottii***. Trabalho de Graduação. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Itapeva, SP. 41 f.: il. 2009.
- BARCELLOS, D. C.; COUTO, L. C.; MULLER, M. D.; COUTO, L. O estado da arte da qualidade da madeira de eucalipto para a produção de energia: um enfoque nos tratamentos silviculturais. **Biomassa & energia** v.2, n.2, p 141-158. 2005.
- BARRICHELO, L. E. G.; FOELKEL, C. E. B. Processo nítrico-acético para maceração de madeira. **Silvicultura**, n.28, p. 732- 733. 1983.
- BRASIL. Decreto 6.660 de 21 de novembro de 2008. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6660.html> Acesso em: junho de 2015.
- _____. Lei nº 12.727 de 17 de Outubro de 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm> Acesso em: junho de 2015.
- BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: John Wiley, 689 p. 1963.
- BATTILANI, J. L.; SANTIAGO, E. F.; SOUZA, A. L. T. Morfologia de frutos, sementes e desenvolvimento de plântulas e plantas jovens de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud. **Acta botanica brasílica** 20(3), 581-589 p. 2006.
- BELTRAME, R. **Desempenho silvicultural e seleção de clones de *Eucalyptus spp.* para a qualidade da madeira**. Tese de Doutorado. PPGEF, UFSM. 136 p. 2012.
- BLOG QUIMICABIOLOGIA. **Organologia vegetal, anatomia e fisiologia do caule**. Disponível em: < <http://helen-profbio.blogspot.com.br/2013/06/organologia-vegetal-o-caule-anatomia-e.html?view=sidebar>> Acesso em outubro, 2015.

BOUSQUET, D. **Lumber drying: Na overview of current processes**. University of Vermont, Extension Service. Edição 1391. 2000.

BRÄNSTÖRM, J.; BARDAGE, S. L.; DANIEL, G.; NILSSON, T. The structural organisation of the S1 cell wall layer of Norway spruce tracheids. **IAWA Journal**, 24(1): p. 27-40, 2003.

BURGER, L. M; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 154 p. 1991.

CARVAJAL, S. **Moraceae**. Flora del bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara Zapopan, Jalisco. Fascículo 147. México. 59 p. 2007.

CARAUTA, J. P. P. Moraceae do estado do Rio de Janeiro. **Albertoa** 4: 145-194. 1996.

CASAL, M. A. **Corografia Brasílica**. TOM I. Rio de Janeiro. 1817.

CHAFE, S. C. Colapse, volumetric shrinkage, specific gravity and extractives in *Eucalyptus* and other species. Berlim. **Wood Science and Technology**, v. 21, p. 21-41, 1987.

CHEN, C.L. Lignins: Occurrence in wood tissues isolation reactions, and structure. In: LEWIS, M., GOLDSTEIN, I.S. (ed). **Wood structure and composition**. Marcel Dekker, 1991.

CHEN, H. Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Praticce. **Chemical Industry Press**. XVI, 510 p. Ilust. Beijing, 2014.

CHIMELO, J. P. **Development of a probability based computerized characterization system for identification and for properties prediction of selected tropical hardwoods**. Blacksburg, Tese (Ph.D.) – Virginia Polytechnic Institute and State University. 206 f. 1980.

CHIMELO, J. P.; ANGYALOSSY, A. V. **Agrupamento de anatomia e identificação de madeiras**. São Paulo: IPT, 37p. 1983.

CHRISTIERNIN, M. **Composition of Lignin in Outer Cell-Wall layers**. Doctoral thesis in Wood Chemistry. Division of Wood Chemistry and Pulp Technology, Department of Fibre and Polymer Technology, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. 2005.

CIOFFI, G.; ESCOBAR, L. M.; BRACA, A.; TAMMASI, N. Flavonoids from *Maclura tinctoria*. **Journal of Natural Products**. V. 66, p. 1061-1064, 2003.

CORDERO, J.; BOSHIER, D. H. **Árboles de Centroamérica**. Un manual para extensinistas. Departamento of plants sciences, Oxford Forestry Institute. 1091 p. 2003.

COSTA, A. **Coletâneas de anatomia da madeira.** 42 p. 2001.

CÔTÉ, W. A. JR.; **Wood ultrastructure – an atlas of electron micrographs.** University of Washington Press, Seattle, 1967.

COUTO, A. M. **Modelagem da densidade básica e caracterização química em clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*.** Dissertação de mestrado. UFLA, Lavras, MG. 72p.il. 2011.

CUNHA, L. C. S.; **Estudo fitoquímico, atividades antioxidante e citotóxica da espécie *Cassia bakeriana* Craib.** Tese de doutorado. PPGQ, UFU, Uberlândia, MG, 2013.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade.** Santa Maria: CEPEF/FATEC, 33p. (Série Técnica, 10) 1992.

EL-SOHLY, H. N.; JOSHI, A.; LI, X. C.; ROSS, S.A **Flavonoids from *Maclura tinctoria*.** *Phytochemistry*. V. 52, p. 141-145, 1999.

ELOY, E.; CARON, O. B.; TREVISAN, R.; SCHMIDT, D.; ZANON, M. L. B.; BEHLING, A.; MONTEIRO, G. C. **Variação longitudinal e efeito do espaçamento na massa específica básica da madeira de *Mimosa scabrella* e *Ateleia glazioviana*.** *Floresta*, Curitiba, PR, v.43, n.2, p.327-334, 2013.

FAHLÉN, J. **The cell wall ultrastructure of wood fibres – effects of the chemical pulp fibre line.** Ph.D Thesis. Royal Institute of Technology, Department of Fibre and Polymer Technology, Stockholm, Sweden, 2005.

FARINAS, C. S. **A parede celular vegetal e as enzimas envolvidas na sua degradação.** São Carlos: Embrapa Instrumentação, 13 p. 2011.

FENGEL, D.; WENEGER, G. **Wood chemistry, ultrastructure, reactions.** Berlin: Walter de Gruyter, 1989.

FERREIRA, C. A. **Caracterização anatômica, secagem e carbonização da madeira de clones de *Eucalyptus* e de espécies do Cerrado.** Dissertação de Mestrado. UFLA, 89p. il. 2012.

FERREIRA, E. S. B.; HULME, A. N.; MCNAB, H; QUYE, A. The natural constituents of historical textiles dyes. *The Royal Society of Chemistry*, v. 33, 329-336, 2004.

FERREIRINHA, M. P. **Glossário internacional dos termos usados em anatomia de madeiras.** Lisboa: Junta de investigações do Ultramar, 89 p. 1958.

FILHO, J. S. da G. **Configuração e descrição de todos os órgãos fundamentaes das principais madeiras de cerne e brancas da província do Rio de Janeiro e suas aplicações na engenharia, indústria, medicina e artes com uma tabella de pesos específicos.** Primeiro Volume. Rio de Janeiro, 1865.

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; GARCIA, W.; BRITO, J. O. Celulose kraft de madeiras juvenil e adulta de *Pinus elliottii*. **IPEF**, n.12, p.127-142, jun.1976

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF** n.2/3, p.65-74, 1971.

FOELKEL, C.; Resíduos Sólidos Industriais do Processo de Fabricação de Celulose Kraft de Eucalipto: Resíduos Minerais. **Eucalyptus Online Book**. São Paulo, v. 25, n. 5, out. 2011.

FREDDO, A. **Elementos minerais em madeira de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada**. Dissertação mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, 69 p. 1997.

GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. Moisture Relations and Physical Properties of Wood, Chapter 4. **Wood handbook - Wood as an engineering material**. General Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI, U.S. 508 p. 2010.

GOMES, F. G.; PINHEIRO, D. T. C.; PAES, J. B.; CARVALHO, A. G.; OLIVEIRA, G. L. Durabilidade natural de espécies florestais madeireiras ao ataque de cupim de madeira seca. **Floresta e Ambiente** 20(1):110-116. 2013.

GONÇALVES, G. A. C.; PAIVA, R.; HERRERA, R. C.; PAIVA, P. D. O. Micro propagation of *Maclura tinctoria* L. an endangered woody species. **Revista Árvore**. Viçosa – MG. v.34, n 1 p 25-30, 2010.

GONÇALVES, J. A. G. Nomes femininos dos veleiros da frota mercantil do Porto no período Constitucional. *in* **Estudos em homenagem ao Professor Doutor José Marques**. Vol II. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. p.313-330. 2006.

GONÇALVES, T. A. P. **Contribuição ao conhecimento da anatomia da madeira das famílias: Anacardiaceae, Annonaceae, Aquifoliaceae, Apocynaceae e Araliaceae, através de amostras carbonizadas do lenho de espécies brasileiras**. Monografia - UFRJ, 2006.

GONZAGA, A. L. **Madeira: uso e conservação**. Brasília, DF. IPHAN/MONUMENTA, Cadernos técnicos 6, 246 p. il. 2006.

GUMA, R. L. **Propriedades tecnológicas da madeira de *Tetrorchidium rubrivinium* Poeppig & Endlicher**. Dissertação de mestrado. PPGEF UFSM. 62 p. 2013.

IAWA Committe. **IAWA list of microscopic feature for hardwood identificacion**. IAWA Bulletin, v.10, n.2, 1989.

IBAMA. **banco de dados de espécies de madeiras brasileiras**. Disponível em: <<http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/caracteristicas.php?ID=145&caracteristica=103>> Acesso em: junho de 2015.

_____. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Madeiras tropicais brasileiras**. Brasília: IBAMA LPF, 152p. 1997.

IBGE. **Mapas temáticos – Rio Grande do Sul**. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/unidades_federacao/rs_pedologia.pdf>. Acesso em: junho de 2015.

IPNI. **The international Plants Names Index**. Disponível em: <<http://www.ipni.org/index.html>>. Acesso em: junho de 2015.

JACOMASSI, E.; MOSCHETA, I. S.; MACHADO, S. R. Morfologia e histoquímica de órgãos reprodutivos de *Brosimum gaudihaudii* (Moraceae). **Revista Brasil. Bot.**, V.33, n.1, p.115-129. 2010.

JANKOWSKY, I. P.; **Influência da densidade básica e do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira**. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo. 1979.

KADLA, J. F.; GILBERT, R. D. Cellulose structure: a review. **Cellulose Chemical Technology**, Roma, v. 34, p. 197, 2000.

KAENNEL, M. SCHWEINGRUBER, F. H. **Multilingual glossary of dendrochronology: terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian**. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 467p. 1995.

KHALIL, H. P. S. A.; YUSRA, A. F. I.; BHAT, A. H.; JAWAID, M. Cell wall ultrastructure, anatomy, lignin distribution and chemical composition of Malaysian cultivated kenaf fiber. **Industrial crops and products**, v 31, p. 113-121, 2010.

KIRKER, G. T.; BLODGETT, A. B.; ARANGO, R. A.; LEBOW, P. K.; CLAUSEN, C. A. **The role of extractives in naturally durable wood species**. Forest Products Laboratory, Madison, WI. International Biodeterioration & biodegradation 82, p. 53-58, 2013.

KLEMM, D.; SCHMAUDER, H. P.; HEINZE, T. Cellulose. **Byopolymers online** n°6. 2005.

KLITZKE, R. J.; SAVIOLI, D. L.; MUÑIZ, G. I. B.; BATISTA, D. C. Caracterização dos lenhos de cerne, alburno e transição de jatobá (*Hymenaea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 279-284, dez. 2008.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. 3ª Edição Revisada. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Curitiba, 2005.

KOLLMANN, F. R.; CÔTÉ, W. A. **Principles of Wood science and technology**. Berlin, Springer-Verlag. 592p. 1968.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C. RUDOLF, B.; RUBEL, F. **World Map of KöppenGeiger Climate Classification updated**. Meteorol. Z., 15, 259-263, 2006.

KUKLÍK, P. Wood properties – Chapter 2. **Handbook 1 – Timber structures**. Educational materials for designing and testing of timber structures TEMTIS. September 2008.

LAINE, C. **Structures of hemicelluloses and pectins in wood and pulp**. Doctoral Thesis. Helsinki University of Technology, Department of Chemical Technology, Laboratory of Organic Chemistry. KCL, Espoo, Finland. 2005.

LAMOUNIER, K. C. **Estudo dos polifenóis, atividade antioxidante e antimicrobiana da madeira e casca de *Maclura tinctoria* (L) D. Don ex Steud.** Dissertação de mestrado. PPGQ, Universidade Federal de Uberlândia. 113 p. 2010.

LAPIERRE C. **Application of new methods for the investigation of lignin structure**. In: JUNG HG, BUXTON DR, HATFIELD RD, et al. Forage cell wall structure and digestibility. Madison: American Society for Agronomy, P.113-163. 1993.

LITTLE JUNIOR, E. L.; DIXON, R. G. **Arboles comunes de la provincia de Esmeraldas, Ecuador**. Washington: Peace Corps, 536p. 1983.

LITTLE JR. E. L.; WOODBURY, R. O.; WADSWORTH, F. H.; Traducción al español de Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Second Volume **Agriculture Handbook**, 449. U.S. Department of Agriculture Washington, D.C. Forest Service. 1988.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Vol.1, 5 edição. Nova Odessa, S.P., Instituto Plantarum, 2008.

LUO, Y.; ZHANG, J.; LI, X.; LIAO, C.; LI, XIANJUN. The cellulose nanofibers for optoelectronic conversion and energy storage. **Journal of Nanomaterials**, v. 2014, 13p. 2014.

MACHADO, P. F. S.; SIEGLOCH, A. M.; BALDIN, T.; COLDEBELLA, R.; PEDRAZZI, C.; MARCHIORI, J. N. C. Anatomia do lenho de *Maclura tinctoria* D. Don ex Steud. **Balduinia**, n. 49, p. 29-33, 30-VIII, 2015.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das Angiospermas: das Magnoliáceas às Flacurtiáceas**. Santa Maria: Editora UFSM, 271 p. 1997.

MELLO JUNIOR, J. A. **Polpação kraft e kraft/AQ da madeira de híbrido de *Eucalyptus urograndis* destinada à produção de polpa para dissolução**. Dissertação de mestrado. Guaratinguetá, SP. 105 f.: il. 2010.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, p. 476-487. 1972.

MISSIO, A. L.; MATTOS, B. D.; CADEMARTORI, P. H. G.; PERTUZZATTI, A.; CONTE, B.; GATTO, D. A. Thermochemical and physical properties of two fast-growing eucalypt woods subjected to two-step freeze-heat treatments. **Thermochimica Acta** 615, 15-22. 2015.

MOKFIENSKI, A. **Importância relativa da densidade básica e da constituição química da madeira de *Eucalyptus spp.* no rendimento, branqueabilidade e qualidade da polpa kraft**. Tese. Viçosa – MG. 153 p. 2004.

MOORE, J. P.; VICRÉ-GIBOUIN, M.; FARRANT, J. M.; DRIOUCH, A. Adaptations of higher plant cell walls to water loss: drought vs. desiccation. **Physiologia plantarum** 134, 237-245, 2008.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I – estudos dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.461-470, 2005.

MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, UFPR 1ª edição: fev/2005; 4ª edição: nov/2012; Atualização set/2014.

MYBURG, A. A.; SEDEROFF, R. R. **Xylem structure and function**. Encyclopedia of life sciences, 2001.

NISHIYAMA, Y.; LANGAN, P.; CHANZY, H. Crystal structure and hydrogen-bonding system in cellulose I β from synchrotron X ray and neutron fiber diffraction. **Journal of American Chemical Society**, 124, 2002.

NOGUEIRA, E.M. **Densidade de madeira e alometria de árvores em florestas do “Arco do desmatamento”**: implicações para biomassa e emissão de carbono a partir de mudanças de uso da terra na Amazônia brasileira. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 2008.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; DELLA LUCIA, R. M.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. C. O. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.311-318, 2006.

OLIVEIRA, J. T. S.; FILHO, M. T.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.929-936, 2010.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; FILHO, M. T. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

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.

OPREA, M.; BRITO, D.; VIEIRA, T. B.; MENDES, P.; LOPES, S. R.; FONSECA, R. M.; COUTINHO, R. Z.; DITCHFIELD, A. D. A note on the diet and foraging behavior of *Artibeus lituratus* (*Chiroptera, Phyllostomidae*) in an urban park in southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, Vol.7 (number 2): p. 37-48. 2007.

OYAMA, S. de O.; SOUZA, L. A. de. Morphology and anatomy of the developing fruit of *Maclura tinctoria*, Moraceae. **Revista Brasil. Bot.**, V.34, n.2, p.187-195, abr.-jun. 2011.

PALMEIRAS, L. P. S.; MAGATON, A. S.; COLODETTE, J. L.; CARVALHO, A. M. M. L. Análise comparativa entre vários métodos de quantificação de hemiceluloses na madeira de eucalipto. **Química Nova**, Vol. 33, No. 7, 1569-1571, 2010.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras nativas – anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso**. Brasília, Fundação Mokiti Okada – MOA, 543p. 1997.

PAULA, J. E. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel. **Acta Amazônica** Vol. 33 n°2, abril/junho 2003.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, L. C. Correlações entre a relação Cerne/Alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 217-225, jun. 2013

PEREIRA, J. A. **Contribuição para a identificação micrográfica das nossas madeiras**. São Paulo. Escola Politécnica de São Paulo, Boletim 8, 165 p. 1933.

PETTERSEN, R. C. **The chemical composition of wood**. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI. 1984.

PHILLIP, P.; D'ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e Papel**. Volume 1. Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Centro Técnico em celulose e papel. Segunda edição. São Paulo. 1988.

PINTO, M. L. **Propriedades e características da madeira de teca (*Tectona grandis*) em função da idade**. Tese. PPGEC, UFSC, Florianópolis, 124p. 2007.

PITZER, D. E. The Original Boatload of Knowledge Down the Ohio River: William Maclure's and Robert Owen's Transfer of Science and Education to the Midwest, 1825-1826. **Ohio Journal of Science**: Volume 89, Issue 5, 1989.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO MAUÁ. Plano de gerenciamento de resíduos sólidos. Disponível em: <https://portal.tce.rs.gov.br/pmsr/PMRSU/Porto%20Mau%C3%A1/PMGIRS_Porto_Maua.pdf>. Acesso em: junho de 2015.

RAFSANJANI, A.; STIFEL, M.; JEFIMOV, K. MOSKO, R.; DERROME, D.; CARMELIET, J. Hygroscopic swelling and shrinkage of latewood cell wall micropillars reveal ultrastructural anisotropy. **Journal of Royal Society**. 2014.

RECORD, S.J.; HESS, R.W. **Timbers of the New World**. New Haven: Yale University Press, 640 p. 1949.

REEB, J. E. **Drying wood**. University of Kentucky Cooperative, Extension Service. 1997.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues, 1983.

REZENDE, M. A. Retratibilidade da Madeira de *Pinus Caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* e suas Relações com a umidade e densidade. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 120-127, dez. 2003.

ROMANIUC NETO, S.; CARAUTA, J. P. P.; VIANA-FILHO, M. D. M.; PEREIRA, R. A. S.; RIBEIRO, J. E. L. S.; MACHADO, A. F. P.; SANTOS, A.; PELISSARI, G. **Moraceae**. In: R.C. Forzza, et al. (org.). Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil. Rio de Janeiro: Andrea Jacobsson Estúdio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p.1287-1295. 2010.

ROWE, J. W.; CONNER, A. H. **Extractives in eastern hardwoods – Review**. Forest Products Laboratory, Forest Service, U. S. Department of Agriculture, University of Wisconsin, Madison. 1979.

SALEM, M. Z. M.; MOHAMED, N. H. Physico-Chemical Characterization of Wood from *Maclura Pomifera* (Raf.) C.K. Schneid. Adapted to the Egyptian Environmental Conditions. **Journal of Forest Products & Industries**, 53-57 p. 2013.

SANTANA, M. A. E.; OKINO, E. Y. A. **Chemical composition of 36 Brazilian Amazon forest wood species**. Laboratório de Produtos Florestais LPF/IBAMA, Brasília, Brasil. *Holzforchung*, Vol. 61, pp. 469–477, Berlin 2007.

SANTOS, A. **Moraceae Gaudich. (excl. Ficus) da Serra da Mantiqueira**. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 192 p. il. 2012.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Brasília, Brasília, DF. 2008.

SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELLO, L.E.G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus spp.* In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL. **Anais...** São Paulo, ABTCP, p.178-183. 1991.

SIAU, J. F. **Transport processes in wood.** Berlin: Springer-Verlag, 245p. 1984.

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.455-460, 2005.

SILVA, A. C. **Introdução à anatomia da madeira.** Manaus: Instituto de Tecnologia da Amazônia, 128p. 1987.

SILVEIRA, M. A. L.; MILAGRES, A. M. F. **Obtenção e caracterização de ligninas de madeiras.** VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Uberlândia, MG. 2009.

SIMPSON, W. TENWOLDE, A. Physical Properties and Moisture Relations of Wood – Chapter 3. **Wood handbook - Wood as an engineering material.** Madison, WI, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 p. 1999.

SJÖSTRÖM, E. **Wood Chemistry - Fundamentals and Applications.** 2 edition, Academic Press, San Diego, CA, USA, 293 p. 1993.

SKAAR, C. **Water in wood.** Syracuse: Syracuse University Press, 218p. 1972.

SOBRAL, M.; JARENKOW, J. A.; BRACK, P.; IRGANG, B.; LAROCCA, J.; RODRIGUES, R.S. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil.** São Carlos: RiMA: Novo Ambiente, 350p. 2006.

SOBRAL, M.; JARENKOW, J. A.; BRACK, P.; IRGANG, B.; LAROCCA, J.; RODRIGUES, R. S. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil.** 2ª ed. São Carlos: RiMa, 2013.

SOUZA, P. P. **Moraceae Gaudich. de Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Florística e anatomia foliar de *Ficus mexiae* Standl.** Dissertação de Mestrado. Viçosa, 151 p. il. 2009.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 768 p. 2012.

STEEN, C. **Holtz – ein vielseitiger rohstoff.** Disponível em: <<http://www3.hhu.de/biodidaktik/Holz/dateien/index.html>>. Acesso em: nov. 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology.** Third edition, Sinauer Associates in. 2002.

TAPPI. Technical Association of the Pulp and Paper industry. **Tappi test methods.** Atlanta, TAPPI Press, 1994 - 1995.

TORTORELLI, L. A. **Maderas e bosques argentinos**. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora, 576 p. 2009.

TRAUTENMÜLLER, J. W.; BALBINOT, R.; BORELLA, J.; TREVISAN, R. BALESTRIN, D.; VENDRUSCOLO, R.; SABADINI, A. M. Variação longitudinal da massa específica básica da madeira de *Cordia americana* e *Alchornea triplinervia*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.5, p.817-821, 2014.

TYLOR, A. M.; GARTER, B. L.; MORRELL, J. J. Heartwood formation and natural durability – a review. **Wood and Fiber Science**, v. 34(4), 587-611. 2002.

VARNHAGEM, F. A. **Comentários ao roteiro do Brasil de Gabriel Soares**. Rio de Janeiro, 389 p. 1851.

VIANNA FILHO, M. D. M.; **Urticales na Ilha de Cabo Frio**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Rio de Janeiro, 131 p. 2007.

VITAL, B. R.; **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: Sociedade de investigações florestais. 21 p. 1984.

VIVIAN, M. A.; SEGURA, T. E.S.; BONFATTI JÚNIOR, E. A.; SARTO, C.; SCHMIDT, F.; SILVA JÚNIOR, F. G.; GABOV, K.; FARDIM, P. Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 183-191, mar. 2015.

WEBER, M. de M.; ARRUDA, J. L. S.; AZAMBUJA, B. O.; CAMILOTTI, V. L.; CACERES, N. C.; Resources partitioning in a fruit bat community of the southern Atlantic Forest, Brazil. **Mammalia** 75: 217–225, 2011.

WENG, J-K.; CHAPPLE, C. The origin and evolution of lignin biosynthesis. *Tansley Reviews*. **New Phytologist**, 187:273-285. 2010.

WIEDENHOEFT, A. **Forest Products Laboratory Wood handbook** - Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 508 p. 2010.

WIKIMEDIA COMMONS. **Morin, Maclurin e Kaempferol**. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Morin-3D-balls.png>>. Acesso em: nov. 2015.

ZENID, G. J.; CECCANTINI, G. C. T. **Identificação macroscópica de madeiras**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Setembro de 2007.