



Previsões tecnológicas na madeira de quatro folhosas neotropicais: uma análise sob enfoque anatômico

Talita BALDIN¹, Maiara TALGATTI^{1*}, José Newton Cardoso MARCHIORI¹,
Amanda Grassmann da SILVEIRA¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.
* E-mail: maiara.talgatti@gmail.com

Recebido em março/2017; Aceito em julho/2017.

RESUMO: Baseando-se na descrição anatômica de três espécies de *Calycophyllum*, sendo elas *Calycophyllum candidissimum*, *Calycophyllum multiflorum* e *Calycophyllum spruceanum* e uma variedade *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, pretende-se inferir sobre o comportamento da madeira, e, ao mesmo tempo atribuir, ainda que empiricamente, um uso adequado ao material. As amostras analisadas são provenientes de diferentes instituições científicas, tais como o Jodrell Laboratory (Kew Gardens, Londres), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e a Universidade alemã Black Forest Academy (BFA). Para a obtenção de lâminas histológicas e de macerado utilizou-se respectivamente, a técnica padrão e o método de Franklin modificado. As descrições anatômicas seguiram as recomendações do IAWA Committee. As espécies compartilham os seguintes caracteres: anéis de crescimento distintos; poros em arranjo radial e de paredes espessas; porosidade difusa; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares pequenas, ornamentadas; parênquima axial ausente; raios heterocelulares; e fibras libriformes septadas, de comprimento médio, com paredes delgadas a espessas. É pressuposto que as características anatômicas do lenho das espécies investigadas, conferem à madeira uma alta massa específica, resistência a esforços mecânicos, alta contração volumétrica, permeabilidade e boa durabilidade natural.

Palavra-chave: tecnologia da madeira, anatomia do lenho, Rubiaceae.

Technological predictions on the wood of four amazonian hardwood: an evaluation under anatomic approach

ABSTRACT: Based on the anatomic description of three species of *Calycophyllum* being them *Calycophyllum candidissimum*, *Calycophyllum multiflorum* and *Calycophyllum spruceanum* and one variety of *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, it is intended to infer the wood performance, and assign a proper use to the material, even though empirically. The studied samples come from different scientific institutions, such as Jodrell Laboratory (Kew Gardens, London), Institute for Technological Research (São Paulo, Brazil) and the Black Forest Academy (BFA), Germany. To obtain histological slides and from macerated, the standard technique and the modified Franklin method were used, respectively. The anatomic descriptions followed the IAWA Committee recommendations. The species have the followings characteristics in common: distinct growth rings; pores in radial arrangement and thick walls; diffuse porosity; simple perforation plates; pits small intervessel, ornamented; absent axial parenchyma; heterocell rays; and libriform chambered fiber, medium length, with thin and thick walls. It is assumed that the anatomical characteristics of the wood of the investigated species, confer the wood a high specific mass, resistance to mechanical stress, high shrinkage, permeability and good natural durability.

Keywords: wood technology, wood anatomy, Rubiaceae.

1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, vários pesquisadores buscam demonstrar a relação entre os constituintes da madeira e o reflexo da composição anatômica nas propriedades desse material (EAMES; MCDANIELS, 1953; ESAU, 1959; BURGER; RICHTER, 1991; GOMIDE, 2005; MARQUES, 2008).

No Brasil, a anatomia da madeira tem sido direcionada mais para o aspecto descritivo, voltado para o conhecimento de espécies alternativas à indústria, e estabelecendo relações entre a anatomia do lenho e suas propriedades físicas, mecânicas e biológicas. Muitos pesquisadores apresentam chaves dicotômicas e fichas de características físicas,

mecânicas e organolépticas, juntamente com os diferentes tipos de usos das espécies (LIMA, 1994).

No caso da tecnologia e uso da madeira, sabe-se, desde muito tempo, que a composição do lenho, bem como a estrutura e organização de seus elementos constituintes, são fatores determinantes para as propriedades da madeira e sua aptidão a determinados fins. Destacam, nesse sentido, como aspectos principais, a porosidade e diâmetro de vasos, o comprimento e diâmetro de fibras, e a abundância e largura de raios.

As fibras são os elementos mais importantes no que diz respeito à resistência mecânica no lenho das Dicotiledôneas. Com relação aos vasos, devido ao grande diâmetro e paredes delgadas, eles são estruturas fracas, de modo que sua

abundância, dimensão e distribuição também influem na resistência mecânica. O parênquima axial, quando disposto em faixas contínuas, pode reduzir consideravelmente a resistência da madeira. A relação entre raios e resistência mecânica resulta mais complexa, podendo-se dizer, entretanto, que se duas madeiras apresentam uma mesma massa específica, a com maior proporção de tecido radial seria mais fraca (BURGER E RICHTER, 1991).

O gênero *Calycophyllum* A. DC. (sin.: *Enkylista* Benth. & Hook. f., *Eukylistia* Benth. e *Semaphyllanthus* L. Andersson) é Neotropical, ocorrendo, amplamente, desde o México até o Brasil (MENDOZA et al., 2004). Conforme Bacigalupo (1968) diversos nomes populares são atribuídos para as espécies do gênero, de acordo com a região, citando-se, entre outros: capirona e capirona-vermelha (Equador), palo-blanco (Argentina), e coma-dure, palo-liso, pau-mulato e capirona-de-altura (Amazônia brasileira). Reunindo, até o presente momento, cerca de 20 binômios, as espécies de *Calycophyllum* foram pouco pesquisadas até o presente momento sob o ponto de vista anatômico e usos da madeira, carecendo a literatura de trabalhos aprofundados.

Nesse sentido a realização da pesquisa é evidenciada face a ausência de informações sobre *Calycophyllum*, aliada a necessidade de estudos que relacionam características anatômicas e as propriedades físico-mecânicas, principalmente, no que se refere à qualidade e aproveitamento da madeira das diferentes espécies, evitando-se emprego inadequado e o desperdício.

Com base na descrição anatômica de *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, *C. candidissimum*, *C. multiflorum* e *C. spruceanum*, objetiva-se inferir sobre o comportamento da madeira, e, ao mesmo tempo atribuir, ainda que empiricamente, um uso adequado ao material.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa realizada abrangeu representantes da família Rubiaceae, três espécies e uma variedade de *Calycophyllum*: *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* K.Schum., *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC., *Calycophyllum multiflorum* Griseb. e *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex Schum.

Os discos de madeiras, provenientes do tronco, foram recebidos por permuta com algumas das mais importantes instituições científicas do mundo, tais como o Jodrell Laboratory (Kew Gardens, Londres), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e a Universidade alemã Black Forest Academy (BFA). O número de amostras investigadas variou segundo a espécie (Tabela 1).

A classificação Botânica utilizada no presente estudo segue o APG III (2009), e o nome científico das espécies foi consultado no IPNI (2014).

Para confecção de lâminas de cortes anatômicos, foram extraídos três corpos de prova de cada amostra (3x3x3cm³), devidamente orientados para a obtenção de cortes nos planos transversal (X), longitudinal radial (R) e longitudinal tangencial (T). Um quarto bloco foi também retirado, com vistas à maceração. A montagem das lâminas foi realizada no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal do Paraná, de acordo com a técnica padrão (MUÑIZ; CORADIN, 1991). Para a dissociação do tecido lenhoso, usou-se o método de Franklin modificado (KRAUS; ARDUIN, 1997).

Tabela 1. Amostras investigadas no presente estudo.

Table 1. Samples investigated in this study.

Espécies	Registro de Xiloteca	Total de amostras
<i>Calycophyllum spruceanum</i> f. <i>brasiliensis</i>	IPT-1309	1
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	IPT- 6009 BFA-10583 BFA-16581, 8217	2
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	IPT-9434, 128,9661, 9542, 3717, 45 KEW- 4187 KEW-22228, 22450	9
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	IPT- 294 BFA- 13196	4
Total		16

Onde: KEW, Jodrell Laboratory (Kew Gardens, Londres); IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo; BFA, Black Forest Academy, Alemanha.

A descrição qualitativa do lenho baseou-se nas recomendações do IAWA Committee (1989), com exceção da percentagem dos tecidos anatômicos, como vasos, parênquima axial e radial e fibras, da altura e largura de raios (em número de células), bem como da espessura da parede de fibras e vasos, aspectos não contemplados na referida norma. A determinação da fração dos tecidos foi obtida com um contador de células, segundo metodologia recomendada por Marchiori (1980).

Os caracteres anatômicos foram medidos em microscópio binocular Carl Zeiss, provido de ocular com escala graduada. As fotomicrografias foram tomadas em microscópio Leica DM 1000, equipado com câmera digital Olympus Camedia CX-40. O processamento das imagens foi realizado com o auxílio do programa CorelDRAW, X7 (64 Bit).

Os caracteres qualitativos foram avaliados por meio do delineamento inteiramente casualizado e os dados analisados por análise de variância, quando observado diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização anatômica

A madeira das espécies investigadas reúne frações pouco variáveis de vasos, raios e fibras (Figura 1). O volume percentual de fibras varia aproximadamente de 40 a 50%, sendo o tipo celular predominante na estrutura anatômica de todas as espécies estudadas.

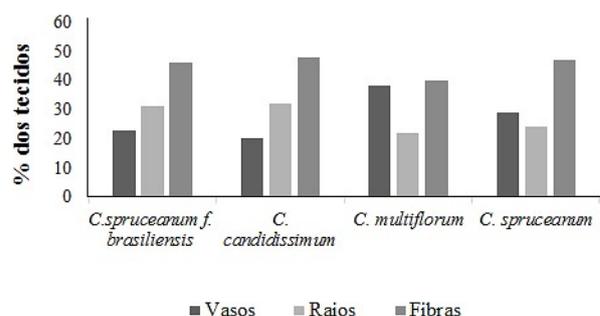


Figura 1. (A) Volume percentual médio dos diferentes tecidos nas espécies investigadas.

Figure 1. (A) Average volume percentage of the different tissues.

As maiores diferenças encontradas prendem-se a caracteres quantitativos (Tabela 2), destacando-se a abundância, diâmetro e espessura da parede de poros, o diâmetro das pontoações intervasculares e raio-vasculares, a abundância de raios e a altura e largura de raios multisseriados.

As espécies apresentam camadas de crescimento distintas, individualizadas por fibras de menor diâmetro radial e paredes mais espessas no final do lenho tardio, bem como pelo alongamento de raios na transição do anel (Figura 3A).

Quanto ao diâmetro tangencial de poros, a classificação da IAWA Committee (1989), os caracteriza como pequenos ($\leq 50 \mu\text{m}$), em *Calycophyllum multiflorum* e *C. candidissimum*, e médios (50-100 μm), em *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* e *Calycophyllum spruceanum*. A seção, arredondada ou tendente a oval, não variou nas espécies descritas. A espessura da parede celular por sua vez, varia de fina (3 μm) a espessa (5 μm) (Tabela 2). O padrão de distribuição exhibe poros em múltiplos radiais, juntamente com poros solitários e racemiformes.

Tabela 2. Valores quantitativas das características anatômicas nas quatro espécies investigadas
Table 2. Quantitative values of anatomical characteristics in the species investigated.

Caracteres Anatômicos	C. s. f. bras	C. cand	C. mult	C. spru	CV (%)
Abundância de poros (poros/mm ²)	97 ^{c*}	163 ^b	434 ^a	98 ^c	12,9
Diâmetro tangencial dos poros (μm)	71 ^a	48 ^b	42 ^b	83 ^a	18,2
Espessura de parede de poros (μm)	5 ^a	3 ^b	4 ^{ab}	4 ^{ab}	28,9
Comprimento de poros (μm)	649 ^a	656 ^a	627 ^a	589 ^a	25,4
Comprimento de apêndices (μm)	110 ^a	102 ^a	94 ^a	101 ^a	64,5
Diâmetro das pontoações intervasculares (μm)	7 ^a	5 ^b	5 ^{ab}	5 ^{ab}	20,7
Diâmetro das pontoações raio-vasculares (mm)	4 ^a	3 ^b	3 ^b	3 ^{ab}	23,8
Comprimento de fibra (μm)	1371 ^a	1435 ^a	1257 ^a	1441 ^a	22,7
Espessura de parede de fibra (μm)	6 ^a	6 ^{ab}	6 ^{ab}	7 ^b	30,2
Abundância de raios (raios/mm ²)	12 ^{ab}	12 ^{ab}	12 ^{ab}	11 ^b	17,6
Altura de raios unisseriados (μm)	303 ^a	267 ^a	267 ^a	279 ^a	38,6
Largura de raios unisseriados (μm)	15 ^a	15 ^a	15 ^a	14 ^a	21,4
Altura de raios multisseriados (μm)	467 ^{ab}	384 ^b	384 ^b	554 ^a	23,8
Largura de raios multisseriados (μm)	30 ^a	26 ^c	26 ^c	39 ^{ab}	20,6

Onde: médias não seguidos pelas mesmas letras nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Com relação à abundância de poros, o caráter varia desde muito numerosos (40-100 poros/mm²), em *C. spruceanum* f. *brasiliensis* e *C. spruceanum*, a extremamente numerosos (≥ 100 poros/mm²), em *C. candidissimum* e *C. multiflorum*; esta última espécie, por sua vez, apresentou a maior abundância (434 poros/mm²), como visualizado Tabela 2.

O comprimento médio dos elementos vasculares, mostra pouca variação, de 589 a 660 μm , o que, segundo IAWA Committee (1989), define o caráter como de comprimento médio. Os apêndices, presentes em ambas ou em apenas uma extremidade, são descritos como longos, oscilando de 90-110 μm . Todas as espécies apresentam placas de perfuração exclusivamente simples, em posição oblíqua.

As pontoações intervasculares são pequenas (4 a 7 μm), arredondadas, alternas, com abertura lenticular, horizontal, inclusa. As pontoações raio-vascular, assemelham-se às intervasculares, apesar do menor tamanho, sendo classificadas como diminutas ($\leq 4\mu\text{m}$), segundo IAWA Committee (1989). Quanto as pontoações, a espécie *Calycophyllum spruceanum* pode ser estatisticamente diferenciada das demais (Tabela 2). A presença de ornamentações nos pontoados intervascular e raio-vascular foi verificada em todas as espécies investigadas.

Identificaram-se conteúdo sem coloração característica no interior dos poros de *Calycophyllum multiflorum* e *C. spruceanum*; como não foram realizados testes histoquímicos no material, a natureza dos mesmos não pode ser aventada. Ressalva-se como peculiaridades, em todas as espécies estudadas, o frequente contato de poros com células de parênquima radial (Figura 3B).

Os raios lenhosos são unisseriados e multisseriados, essencialmente heterogêneos, com corpo central de células

procumbentes e margens visivelmente curtas, compostas por mistura em proporções variáveis de células quadradas e eretas (Figura 3C). Na totalidade das amostras, se observou uma tendência à formação de raios de dois tamanhos distintos.

A largura do tecido radial variou sensivelmente. Em *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* ocorrem, predominantemente, raios largos, com quatro, por vezes cinco ou mais células. *Calycophyllum candidissimum* apresenta maior proporção de raios trisseriados, com semelhança entre a porcentagem de unisseriados, bisseriados e tetrasseriados. Em *C. multiflorum*, por sua vez, os raios são quase exclusivamente bisseriados e unisseriados, diferindo notavelmente pelo tecido radial mais estreito que as demais espécies. Em *C. spruceanum*, a semelhança do observado em *C. spruceanum* f. *brasiliensis*, verifica-se uma tendência à formação de raios largos, porém com dominância de raios trisseriados (Figura 2).

As espécies não diferiram estatisticamente quanto à altura e a largura dos raios unisseriados. Os raios multisseriados, com os maiores valores médios de altura e largura são reportados, em *Calycophyllum spruceanum*, com 554 μm e 39 μm , respectivamente, e em *C. spruceanum* f. *brasiliensis* (467 μm e 30 μm), diferenciando-as das demais (Tabela 2).

Os raios unisseriados reúnem células quadradas e eretas, salvo em *Calycophyllum candidissimum*, onde, excepcionalmente, também se encontram células procumbentes no corpo central. Nos raios multisseriados, a composição celular compreende células procumbentes visivelmente mais longas do que nas margens, com 2 a 52 fileiras no corpo central, e margens curtas, com 1 a 5 fileiras de células quadradas e eretas.

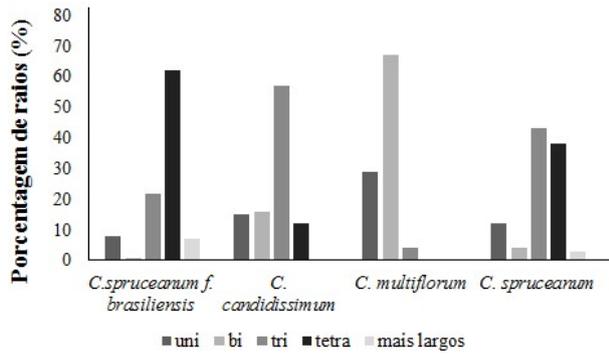


Figura 2. Porcentagem das diferentes classes de raios quanto à largura em número de células.

Figure 2. Percentage of different classes of rays in width in number of cells.

Onde: uni – raios unisseriados; bi – raios bisseriados; tri – raios trisseriados; tetra – raios tetrasseriados; mais largos – raios com 5 ou mais células de largura.

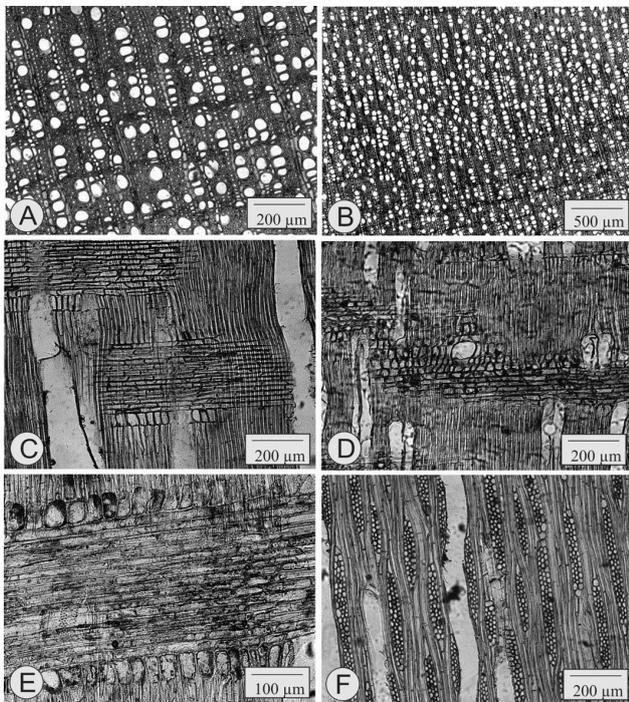


Figura 3. (A) Limite de anel de crescimento e poros extremamente numerosos em *Calycophyllum multiflorum* em seção transversal. B – *Calycophyllum multiflorum* com poros extremamente numerosos e vasos em contato frequente com células de raio (seção transversal). C – *C. spruceanum* com raio heterogêneo, em seção longitudinal radial. D – Célula perfurada de raio em *C. candidissimum* (seção longitudinal radial). E – Seção longitudinal radial de *C. spruceanum* f. *brasiliensis*, mostrando areia cristalina e depósitos. F – Raios com 1 a 5 (ou mais) células de largura, em *C. spruceanum* (seção longitudinal tangencial).

Figure 3. (A) Growth ring limit and extremely numerous pores *Calycophyllum multiflorum* cross-section. B - *Calycophyllum multiflorum* with extremely numerous pores and vessels in frequent contact with ray cells (cross section). C - *C. spruceanum* with heterogeneous radius in radial longitudinal section. D - Perforated ray cell in *C. candidissimum* (radial longitudinal section). E - Longitudinal radial section *C. spruceanum* f. *brasiliensis*, showing crystal sand and deposits. F - Ray of 1 to 5 (or more) cells wide, *C. spruceanum* (tangential longitudinal section).

A abundância média de raios varia de 11 a 14 raios/mm (Tabela 2). Segundo as categorias propostas por IAWA Committee (1989), três das espécies descritas apresentam raios muito numerosos, acima de 12 raios/mm (*C. spruceanum* f. *brasiliensis*, *C. multiflorum* e *C. candidissimum*), e apenas *C. spruceanum* pode ser classificada como tendo raios numerosos (< 12 raios/mm). Células perfuradas de raio, embora escassas, foram encontradas na margem de raios uni e multisseriados (Figura 3D).

Depósitos e cristais são frequentes nas células radiais, tanto em células procumbentes, como quadradas e eretas (Figura 3E). Informações detalhadas sobre esses necessitariam testes histoquímicos para identificar sua natureza e composição.

Em geral, nas amostras descritas, há grande similaridade quanto à organização do tecido fibroso. As espécies apresentam fibras libriformes, septadas, com pontuações simples, de abertura em fenda vertical e restritas unicamente à face radial da parede (Figura 3F). O comprimento de fibras apresenta pouca variação, e segundo a classificação sugerida pelo IAWA Committee (1989), elas podem ser definidas como médias, com valores entre 900 – 1600 µm. Com relação à espessura da parede, são classificadas como delgadas a espessas.

4. DISCUSSÃO

A relação entre estrutura anatômica e propriedades da madeira é assunto altamente debatido na literatura, em função, primordialmente, da composição e arranjo dos elementos celulares. Nesse aspecto, para um melhor entendimento do comportamento desse material, é recomendado uma análise minuciosa de todos os fatores que influenciam na constituição e na organização do lenho, sejam externos, tais como: solo, clima, disponibilidade de água e nutrientes; estruturais, como idade, nós, tortuosidade, umidade; ou ainda fatores internos, como a constituição dos tecidos celulares, a composição química e a massa específica.

A principal relação entre a estrutura celular e as propriedades da madeira diz respeito à proporção dos diferentes tecidos no lenho. Com base em Burger e Richter (1991) e Mady (2007), pode-se inferir que a reduzida porcentagem de vasos e raios, aliada a ausência de tecido parenquimático e elevada porcentagem de fibras conferem às madeiras de *Calycophyllum* determinadas características, tais como elevada massa específica, resistência a esforços mecânicos, alta contração volumétrica e permeabilidade.

A massa específica é um forte indicador de qualidade, e sabidamente o parâmetro mais utilizado no setor florestal. Nas espécies de *Calycophyllum* investigadas, as características anatômicas da madeira apontam para uma elevada massa específica, devido a presença de elementos vasculares de pequeno tamanho; ausência de parênquima axial; raios de até 500 µm de altura, e 50 µm de largura; além de fibras de paredes delgadas a espessas, compondo mais de 40% do volume da madeira. Tais resultados corroboram estudos de Kryn (1953) e Richter e Dallwitz (2009), que mencionam massa específica de 0,80 a 0,85 g/cm³ para *Calycophyllum candidissimum*; de 0,80 a 0,90 g/cm³ para *C. spruceanum*; e 0,71 g/cm³ para *C. multiflorum*. Léon (2011) descreve o lenho de *C. candidissimum* e *C. venezuelense* como duro e pesado, até muito duro; Tauchen (2011), por sua vez, comenta que a comercialização em larga escala da

madeira de *Calycophyllum spruceanum* se deve à alta massa específica e resistência mecânica da madeira, parâmetros apreciáveis na construção civil.

Pode-se inferir que as espécies de *Calycophyllum*, quando submetidas à carbonização, produzem matéria-prima de boa qualidade para obtenção de energia, em função da grande porcentagem de fibras, baixa proporção de tecido parenquimático e de vasos e da alta massa específica do lenho, caracteres considerados essenciais para a sustentação de uma combustão eficiente. Corroborando Paula (2003), madeiras de maior massa específica correspondem, em geral, a uma maior resistência a esforços mecânicos e alto valor energético, em virtude do maior teor de celulose e lignina.

Nas Rubiaceae trabalhadas, considerando-se a espessura da parede celular das fibras e dos vasos, além do reduzido tamanho das pontuações, caracteres que conferem ao tecido lenhoso uma massa específica elevada, influenciam diretamente na penetração e mobilidade do adesivo na madeira, interferindo negativamente na formação de produtos colados, como os painéis. Marra (1992) discorre sobre o assunto, visto que, quanto mais densa for a madeira, menos permeável será ao adesivo e, conseqüentemente, ocasionará uma ligação adesiva mais superficial e provavelmente mais fraca.

Com base nos caracteres anatômicos, tais como a frequência e disposição dos elementos vasculares, e a ausência de depósitos (gomas e tiloses), presume-se que as madeiras de *Calycophyllum* apresentam facilidade no translato de água e substâncias impregnantes. Por outro lado, deve-se considerar que as madeiras do gênero são densas e apresentam poucos espaços vazios, o que as torna menos permeáveis e difíceis de secar e impregnar com soluções preservativas.

Neste estudo, os vasos são classificados em função do reduzido diâmetro, como pequenos (50-100 μm) a muito pequenos ($\leq 50 \mu\text{m}$), o que remete a ocorrência de variações dimensionais em grande escala nas peças obtidas da madeira, segundo análise isolada dessa característica. Almeida (2006) constatou que a dimensão dos vasos é um dos parâmetros anatômicos que mais afeta o fator de retratibilidade, ou seja, espécies com elementos de vasos de maiores dimensões apresentaram um menor fator de retratibilidade, e vice-versa.

A resistência mecânica também é reflexo da proporção e organização dos elementos anatômicos no lenho: a baixa proporção de vasos e parênquima radial; a ocorrência de poros de diâmetro reduzido, e fibras com paredes moderadamente espessas, remetem à madeira de *Calycophyllum* alta resistência mecânica, concordando com estudos de Lobão et al. (2004) em espécies exóticas de rápido crescimento.

A presença de cristais, aliada à ausência de parênquima axial, confere boa durabilidade natural à madeira investigada. Kryn (1953) e Record e Hess (1943) mencionam para o gênero características como: dureza, alta resistência mecânica, textura fina e uniforme, grã- direita a irregular. Porém, os autores referem a madeira de *Calycophyllum* como de baixa resistência à deterioração quando submetida ao ataque de organismos xilófagos.

Conforme observado na descrição anatômica de *Calycophyllum*, as fibras médias, de paredes delgadas a espessas, podem contribuir favoravelmente na indústria de celulose e papel para uma boa formação de folha, para a

maciez dos papéis “tissue”, e para a opacidade dos papéis de impressão, como também na fabricação do algodão hidrofílico, na indústria de fibras sintéticas (rayon e acetato de celulose) e papel moeda. No entanto, papéis produzidos com fibras médias tendem a apresentar menor resistência à tração e ao arrebentamento. Segundo Paula et al. (2000), do ponto de vista tecnológico, os elementos celulares que denotam maior importância na madeira são as fibras. Por essa razão, o conhecimento da quantidade desses constituintes e de sua estrutura, é de fundamental importância na qualificação de madeiras para atividades diversas.

A considerável porcentagem do tecido fibroso de paredes delgadas a espessas indica a madeira das quatro espécies pesquisadas para geração de energia, incluindo etanol, coque metalúrgico, carvão, lenha e álcool combustível. A grande porcentagem de fibras na madeira, remete a maior quantidade de substâncias consideradas básicas para geração de energia, tais como celulose, lignina e hemiceluloses.

5. CONCLUSÕES

Presumidamente, as características anatômicas do lenho das espécies estudadas conferem à madeira características como elevada massa específica, resistência a esforços mecânicos, alta contração volumétrica, permeabilidade, durabilidade natural contra organismos xilófagos. Diante disso, a madeira de *Calycophyllum* pode ser indicada para os mais variados usos, tais como para a construção civil, geração de energia, assim como na indústria de celulose e papel.

Resalva-se que as características físicas, químicas e biológicas das espécies investigadas são inferências quanto a sua constituição anatômica. Para uma maior exatidão e fiabilidade, testes específicos devem ser realizados nos materiais.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. N. **Estudo econométrico da demanda e oferta de madeira em tora para o processamento mecânico no estado do Paraná**. 2006. 235 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- APG (The Angiosperm Phylogeny Group) III. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, n. 161, p. 105-121, 2009.
- BACIGALUPO, M. N. Sinopsis preliminar del género *Calycophyllum* (Rubiaceae). **Darwiniana**, v. 14(4), p. 639-653, 1968.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Ed. Nobel. 1991. 154 p.
- EAMES, A. J.; McDANIELS, L. H. **An introduction to Plant Anatomy**. Bombay: New Dehli, 1953. 427 p.
- ESAU, K. **Anatomía Vegetal**. 2. ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1959. 729 p.
- GOMIDE, L. J.; COLODETTE, L. J.; OLIVEIRA, C. R.; SILVA, M. C. Caracterização tecnológica, para a produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

- IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 218-359, 1989.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 198 p.
- KRYN, J. M. Degame, Lemonwood - *Calycophyllum candidissimum* (Vahl.) DC. Family: Rubiaceae. Information leaflet foreign woods. **Agriculture-Madison**, University of Wisconsin, 7 p. 1953.
- LEÓN. H.; WILLIAMS J. Anatomía de la madera de 31 especies de Rubiaceae en Venezuela. **Acta Botánica Venezolana**, v. 34, n. 2, p. 347-379, 2011.
- LIMA, M. R. **Anatomia comparada do lenho de quatro espécies de Guarea Allamand ex. Linnaeus ocorrentes na Zona da Mata Mineira e na Amazônia Brasileira**. 1994. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- LOBÃO, M. S.; DELLA LÚCIA, R. M.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.889-894, 2004.
- MADY, F. T. M. **Técnicas para Microscopia da Madeira**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas (EDUA), 2007. 80 p.
- MARCHIORI, J. N. C. **Estudo anatômico do xilema secundário de algumas espécies dos gêneros *Acacia* e *Mimosa*, nativas no estado do Rio Grande do Sul**. 1980. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.
- MARQUES, M. H. B. **Agrupamento de 41 espécies da Amazônia para secagem baseado em características anatômicas e físicas**. 2008. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- MARRA, A. A. **Technology of wood bonding**. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453 p.
- MENDOZA, H.; RAMÍREZ, B.; JIMÉNEZ, L. C. Rubiaceae de Colombia: Guía ilustrada de géneros. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2004. 351 p
- MUÑIZ, G. I. B.; CORADIN, V. R. Normas de procedimentos em estudo de anatomia da Madeira: I – Angiospermae, II- Gimnospermae. Brasília: Laboratório de Produtos Florestais; 1991. (Série Técnica, n. 15).
- PAULA, J. E. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel. **Acta Amazônica**, v. 33, n. 2, p. 243-262, abr./jun. 2003.
- PAULA, J. E.; SILVA JÚNIOR, F. G.; SILVA, A. P. P. Caracterização anatômica de madeiras nativas de matas ciliares do centro-oeste brasileiro. **Scientia Florestalis**. n. 58, p. 73-89, 2000.
- RECORD, S. J.; HESS, R. W. **Timbers of the New World**. New Haven: Yale University Press, 1943. 640 p.
- RICHTER, H. G.; DALLWITZ, M. J. **2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. In English, French, German, Portuguese and Spanish. Version: 25th June 2009 “<http://delta-intkey.com>”.
- TAUCHEN. J.; LOJKA, B.; HLÁSNÁ-ČEPKOVÁ, P.; SVOBODOVÁ, E.; DVOŘÁKOVÁ, Z.; ROLLO, A. Morphological and genetic diversity of *Calycophyllum spruceanum* (BENTH) K. SCHUM (Rubiaceae) in peruvian Amazon. **Agricultura Tropica et Subtropica**. v. 44, n. 4, p. 212-218, 2011.
- THE INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX - IPNI. Published on the Internet (<http://www.ipni.org>). Accessed 17/10/2015.