Rev. Inst. Flor. v. 38: e1009, 2026
http://doi.org/10.24278/rif.2026.38e1009
ISSN on-line 2178-5031

ESTUDO COMPARATIVO DA ANATOMIA E DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DAS VARIEDADES DE *Schizolobium Parahyba* (Vell.) Black EM UM PLANTIO NA AMAZÔNIA, BRASIL[1]

COMPARATIVE STUDY OF WOOD ANATOMY AND BASIC DENSITY OF *Schizolobium Parahyba* (Vell.) Black VARIETIES IN AN AMAZONIAN PLANTATION, BRAZIL[1]

Rafaely Pantoja Oliveira[2,3,15], Ana Kelly de Sousa Silva[4,5], Juliana Livian Lima de Abreu dos Santos[6,7], Erick Phelipe Amorim[2,8,15], Gracialda Costa Ferreira[9,10], Vanessa Mayara Souza Pamplona[9,11], Iracema Maria Castro Coimbra Cordeiro[12,13], Marcela Gomes da Silva[4,14]

RESUMO - As variedades S*chizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) e S*chizolobium parahyba* var. *parahyba* (guapuruvu) apresentam ampla distribuição geográfica e estão sujeitas a diferentes condições ambientais, que podem ter influenciado suas características anatômicas e físicas ao longo da evolução. O objetivo deste estudo foi comparar a anatomia e a densidade básica da madeira dessas variedades, visando identificar características que permitam diferenciá-las e compreender suas potencialidades tecnológicas. O material foi coletado em um plantio localizado na Fazenda Agroecológica São Roque, no município de Moju, Pará. Foram amostradas cinco árvores de seis anos de idade de cada variedade, das quais foram retirados discos na base e à altura do peito (DAP). Para avaliar a variação radial, foram obtidos corpos de prova em três posições: próxima à medula, intermediária e próxima à casca. Os resultados demonstraram que as características anatômicas apresentaram variações mais evidentes no sentido radial do que entre as posições longitudinais do tronco. A coloração da madeira, o comprimento das fibras e a espessura de suas paredes celulares foram os principais atributos de diferenciação entre as variedades, com maiores valores observados no paricá para as características quantitativas. As demais características anatômicas apresentaram valores semelhantes. O paricá também apresentou maior densidade básica em comparação ao guapuruvu. Conclui-se que as variedades apresentam diferenças principalmente na densidade básica e nas características das fibras, indicando que o paricá possui atributos estruturais distintos, que podem influenciar seu comportamento tecnológico e orientar a escolha da madeira para diferentes aplicações industriais.

Palavras-chave: Diferenciação anatômica, Espécies nativas, Qualidade da madeira, Utilização da madeira.

ABSTRACT - The varieties S*chizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) and S*chizolobium parahyba* var. *parahyba* (guapuruvu) have wide geographical distributions and occur under different environmental conditions, which may have influenced their anatomical and physical characteristics throughout their evolutionary history. This study aimed to compare the wood anatomy and basic density of these varieties to identify distinguishing characteristics and assess their potential technological applications. Wood samples were collected from a plantation at São Roque Agroecological Farm, in Moju, Pará, Brazil. Five six-year-old trees of each variety were sampled, and wood discs were collected at the stem base and breast height (1.30 m). To assess radial variation, specimens were obtained from three positions: near the pith, intermediate, and near the bark. The results showed that anatomical characteristics exhibited more pronounced variation along the radial direction than between longitudinal stem positions. Wood color, fiber length, and fiber wall thickness were the main distinguishing characteristics between the varieties, with higher values for the quantitative traits observed in paricá. The remaining anatomical characteristics showed similar values between varieties. Paricá also exhibited higher basic wood density than guapuruvu. These findings indicate that the varieties differ primarily in basic wood density and fiber characteristics, suggesting that paricá possesses distinct structural attributes that may influence its technological performance and support wood selection for different industrial applications.

Keywords: Anatomical differentiation, Native species, Wood quality, Wood utilization.

Recebido em 10.06.2026. Aceito para publicação em 21.10.2026. Publicado em 29.10.2026.
[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Rua Rio Amazonas, nº 151 – Jardim dos Migrantes, 76900-310, Ji-Paraná – RO, Brasil. [3]https://orcid.org/0000-0003-4907-3289, [8]https://orcid.org/0000-0002-8964-0770
[4] Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Presidente Tancredo Neves, Terra Firme, 2501, 66077-830, Belém – PA, Brasil. [5]https://orcid.org/0000-0003-4925-2500, [14]https://orcid.org/0000-0003-4928-7914
[6] Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pará, R. Cel. José Porfírio - São Sebastiao, 68372-191, Altamira - PA, Brasil. [7]https://orcid.org/0000-0001-7295-7889
[9] Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Presidente Vargas, S/N - Amazonia Parque km 03, 68627-451, Paragominas - PA, Brasil. [10]https://orcid.org/0000-0002-4018-9624, [11]https://orcid.org/0000-0002-2461-2103
[12] Empresa Tramontina do Brasil, Av. A. Montenegro, 99, Distrito Industrial de Icoaraci, 66815-901, Belém – PA, Brasil. [13]https://orcid.org/0000-0002-9181-264X,
[15] Autor para correspondência: Erick Phelipe - erick.phelipe@ifro.edu.br; Rafaely Pantoja Oliveira - rafaely.oliveira@ifro.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Schizolobium Vogel é representado somente por *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake, com duas variedades - *amazonicum* (Huber ex Ducke), conhecido como paricá, e *parahyba*, conhecido como guapuruvu (Barneby 1996). As características morfológicas principais que os diferenciam são as seguintes: o paricá possui flores menores, pétalas oblongas, rígidas e glabras, frutos e sementes bem menores, florescimento sem folhas, pedicelos articulados (2–6,5 mm) e anteras menores que o guapuruvu, ambas variedades são distribuídas disjuntamente: *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* prospera na Mata Atlântica brasileira (da Bahia 13°S a Santa Catarina 25°S) e no Paraguai e Argentina, enquanto *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* é distribuída da bacia amazônica no Brasil e na Bolívia até o sudeste do México (Barneby 1996).

Turchetto-Zolet et al. (2012) estudaram a filogeografia e a sistemática molecular da espécie. Os resultados mostraram que as duas variedades divergiram em cerca de 3,1 milhões de anos e, o motivo foi um efeito vicariante nas variedades de *Schizolobium parahyba* causadas pelo isolamento geográfico, climático e reprodutivo do Cerrado Brasileiro e Caatinga que separa a Floresta Amazônica da Mata Atlântica.

Nesse contexto, é possível que as adaptações acumuladas ao longo do processo evolutivo tenham resultado em diferenças estruturais e funcionais capazes de influenciar as características morfológicas, anatômicas e a densidade da madeira entre as variedades *amazonicum e parahyba*.

Na região amazônica, o paricá tem sido plantado em larga escala, principalmente, visando o uso da madeira na produção de lâminas e painéis (Souza et al., 2003; Melo, 2012). Os plantios comerciais com paricá são justificados pela sua boa aceitação no mercado madeireiro (Silveira et al. 2017). Sua adaptação e o rápido crescimento possibilitam utilizar sua madeira ainda jovem, já que a realização de desbastes em ciclos de curta rotação pode apresentar viabilidade (Vidaurre et al. 2018).

Essas características aumentam o potencial do paricá para atendimento da demanda por matéria-prima a partir de plantios comerciais (Silva et al. 2020). O guapuruvu também é muito utilizado no setor madeireiro, seja para produção de papel, para fins energéticos, painéis de madeira aglomerada, lâminas e compensados (Bortoletto-Junior e Belini 2002, Trianoski et al. 2011, Nisgoski et al. 2012, Narita et al. 2018).

Estudos anatômicos permitem compreender a organização estrutural do lenho e sua relação com propriedades físicas da madeira, como a densidade básica. Essas informações são fundamentais para inferir o potencial tecnológico da madeira e orientar seu uso mais eficiente na indústria de base florestal (Pires e Marcati 2005).

Considerando a carência de estudos comparativos entre as variedades de S*chizolobium parahyba* provenientes de um mesmo plantio, este estudo teve como objetivo avaliar se as variedades *amazonicum* e *parahyba* apresentam diferenças anatômicas e de densidade básica capazes de influenciar o potencial tecnológico da madeira. Parte-se da hipótese de que, mesmo cultivadas sob as mesmas condições ambientais e silviculturais, as variedades apresentam diferenças quantitativas associadas à estrutura do lenho, as quais podem estar relacionadas às suas distintas características evolutivas, refletindo diferenças inerentes à constituição e à organização anatômica da madeira.

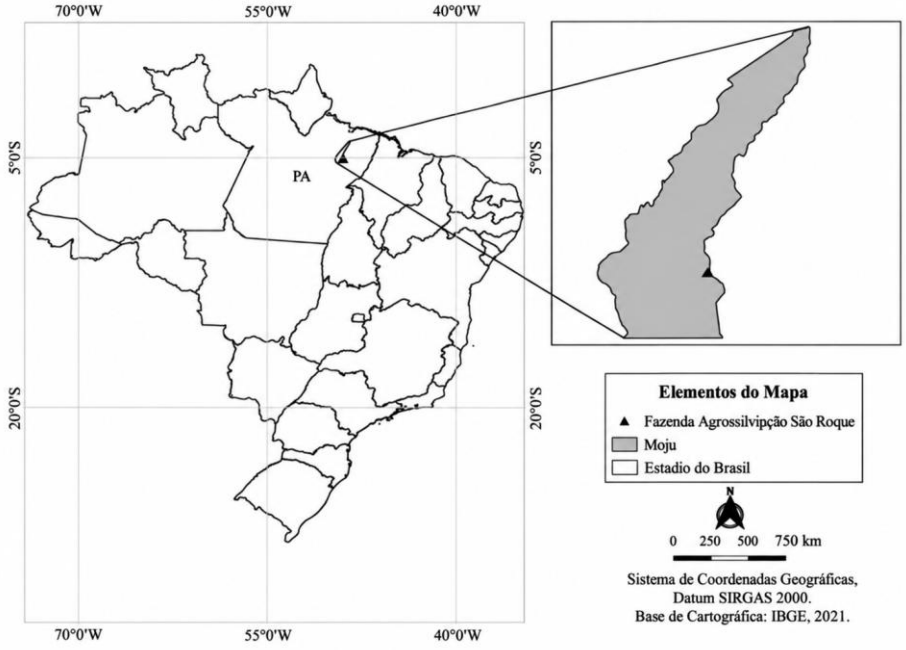
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O material empregado nesta pesquisa foi obtido a partir de um plantio situado na Fazenda Agroecológica São Roque, localizada no município de Moju, estado do Pará, Brasil. A mencionada fazenda está situada na microrregião de Tomé-Açú e mesorregião Nordeste paraense, encontrando-se geograficamente posicionada nas coordenadas 03°03’12,13’’S, 49°01’10,44’’W (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da Fazenda Agroecológica São Roque no município de Moju, PA.

Figure 1. Location map of the São Roque Agroecological Farm in the municipality of Moju, Pará.



Fonte: elaborado pelos autores.
Source: prepared by the authors.

A região apresenta um clima do tipo Ami (clima quente e úmido), conforme a classificação de Köppen. O regime pluviométrico anual varia entre 2.000 mm a 3.000 mm, distribuído de maneira irregular, com pequenos períodos de estiagem. O período mais chuvoso abrange os meses de fevereiro até abril, enquanto o período mais seco compreende os meses de agosto a outubro (INPE 2026). A temperatura média anual é de 26°C, com uma amplitude térmica mensal variando entre 21°C e 33°C. A umidade relativa do ar mantém-se em torno de 85% (INMET 2020).

O solo predominante é do tipo Latossolo Amarelo com diferentes texturas, ocorrendo também Argissolos Vermelhos-Amarelos, Gleissolos, Plintossolos, Podzólicos vermelhos amarelos (EMBRAPA 2018).

O plantio foi estabelecido mediante a utilização de propágulos de paricá e guapuruvu. As mudas, resultantes da germinação de sementes, foram transplantadas para covas de 40x40x40 cm. A disposição entre as plantas foi realizada com espaçamentos de 4x4 metros, durante o ano de 2009.

2.2 Desenho experimental e coleta de dados

Para a caracterização anatômica e determinação da densidade básica da madeira, foram selecionadas dez árvores na idade de seis anos, sendo cinco da variedade paricá e cinco da variedade guapuruvu. Os indivíduos foram coletados a partir de um mesmo plantio para garantir a homogeneidade das condições edafoclimáticas e silviculturais. A seleção priorizou árvores com fuste íntegro, boas condições fitossanitárias e ausência de bifurcações ou deformações aparentes. Antes do abate, realizaram-se as medições dendrométricas, registrando-se um DAP médio de 21,3 cm e altura total média de 16,5 m, valores representativos do desenvolvimento do talhão. Essa amostragem criteriosa visou minimizar o efeito de fatores externos e de manejo sobre as propriedades avaliadas.

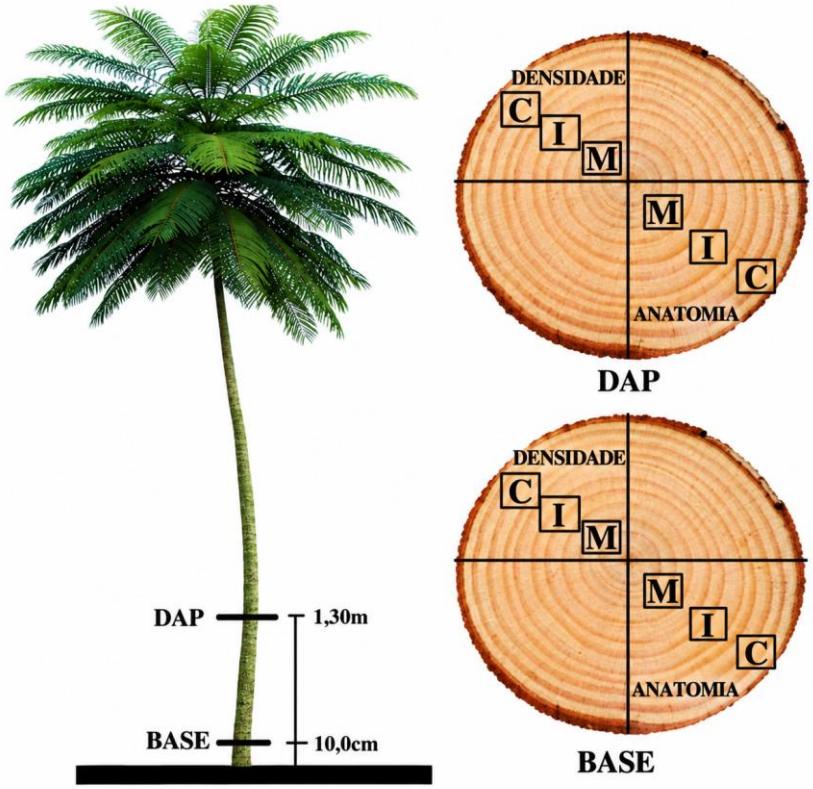
De cada árvore, foram retirados discos com 6 cm de espessura na posição da base à 10,0 cm acima do solo e DAP à 1,30 m acima do solo, os discos de madeira foram divididos em cunhas para as análises anatômicas e de densidade básica da madeira.

Das cunhas, foram extraídos corpos de prova em três posições equidistantes: próximo à medula (M), intermediário (I) e próximo à casca (C). A amostragem no sentido radial foi realizada a partir da mensuração do comprimento total do raio de cada cunha (distância entre a medula e o câmbio). Este perfil radial foi formalmente dividido em três segmentos equidistantes, correspondendo a intervalos de 0% a 33% (região próxima à medula), 33% a 66% (região intermediária) e 66%

a 100% (região próxima à casca) do raio total. Os corpos de prova para as análises anatômicas e de densidade foram extraídos exatamente no ponto central de cada um desses três segmentos. Com esse procedimento, padronizou-se geometricamente a obtenção das amostras, eliminando o critério visual e garantindo a representatividade das zonas de transição do lenho ao longo do crescimento radial da árvore. Esses corpos de prova foram orientados em relação ao plano transversal, tangencial e radial, com dimensões de 1,5 x 1,5 cm de seção transversal e 2,0 cm de direção longitudinal. Isso totalizou 120 corpos de prova, destinados à análise das variedades em diferentes posições radiais, incluindo a base e o DAP (Diâmetro à Altura do Peito). Esses corpos de prova foram usados para confecção dos cortes histológicos, macerado e determinação da densidade básica da madeira (Figura 2).

Figura 2. Esquema de amostragem de coleta dos discos retirados da base e DAP do fuste das variedades de *Schizolobium parahyba* e localização dos corpos de prova nas posições longitudinal (base e DAP) e radiais (M - próximo à medula; I - intermediário; C - próximo ao câmbio) das cunhas para análises anatômicas e de densidade.

Figure 2. Sampling scheme for collecting discs removed from the base and DBH of the stem of *Schizolobium parahyba* varieties and location of test specimens in the longitudinal (base and DBH) and radial (M - near the pith; I - intermediate; C - near the cambium) positions of the wedges for anatomical and density analyses.



Fonte: elaborado pelos autores.
Source: prepared by the authors.

2.3 Descrição macroscópica da madeira

No estudo macroscópico, os corpos de prova das duas variedades foram submetidos ao polimento da seção transversal, utilizando-se lixas abrasivas de granulometria crescente (80–600 grãos/mm²). Para a caracterização macroscópica da madeira, foram avaliados os caracteres de cor, grã e textura, considerando-se as variações observadas entre as duas variedades estudadas. A descrição seguiu orientações estabelecidas por Coradin e Muñiz (1992). As imagens foram obtidas em microscópio Olympus estereoscópico SZX12 acoplado à câmera digital Leica EC3 localizado nas dependências da Embrapa Amazônia Oriental.

2.4 Descrição microscópica da madeira

A obtenção dos cortes histológicos do lenho para a descrição qualitativa e quantitativa das características anatômicas foi conduzida após o amolecimento dos corpos de prova em água em ebulição por aproximadamente 30 minutos.

Utilizando um micrótomo de deslize (Leica Jung SM 2000), realizaram-se cortes nos três planos convencionais (transversal, tangencial e radial) com uma espessura nominal de 18 µm. Os cortes foram, então, clarificados com uma solução de hipoclorito de sódio PA, seguidos por lavagens em água destilada, coloração com safranina a 1%, e desidratação em séries alcoólicas graduais (20%, 50%, 70%, 80%, 95%, 100%) por 5 minutos em cada etapa. Finalmente, a fixação do corante foi realizada em acetato de butila. Posteriormente, os cortes foram montados entre lâminas e lamínulas com Bálsamo do Canadá®.

Para a medição das variáveis anatômicas, foram capturadas imagens das lâminas temporárias e permanentes por meio de um microscópio óptico Motic (modelo BA310Elite), localizado no laboratório de Anatomia e Taxonomia de Árvores na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). A caracterização microscópica qualitativa e quantitativa foi conduzida em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelo Comitê da IAWA (International Association of Wood Anatomists) de 1989. Foram mensurados os seguintes elementos celulares:

a) Elementos de vasos: frequência/mm² (objetiva de 4x), diâmetro e comprimento (objetiva de 10x).

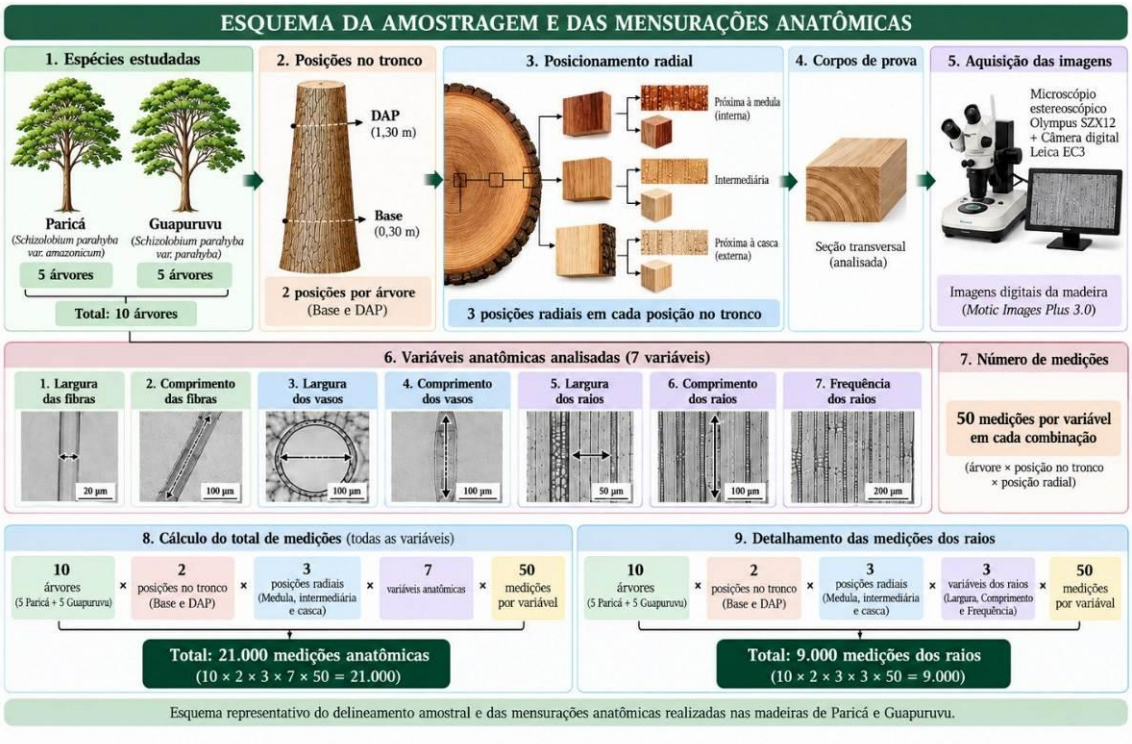
b) Fibras: comprimento (objetiva de 4x), espessura da parede e largura do lúmen (objetiva de 40x).

c) Raios: frequência/mm (objetiva de 4x), comprimento e largura (objetiva de 10x).

A Figura 3 ilustra os métodos de amostragens para a realização da análise anatômica da madeira para as duas espécies de Paricá.

Figura 3. Esquema representativo dos procedimentos metodológicos adotados para a realização do estudo anatômico da madeira para as espécies *Schizolobium parahyba* var *amazonicum* e *Schizolobium parahyba* var. *parahyba*.

Figure 3. Schematic representation of the methodological procedures adopted for the anatomical study of the wood of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* and *Schizolobium parahyba* var. *parahyba*.



Fonte: elaborado pelos autores.
Source: prepared by the authors.

2.5 Densidade básica da madeira

Para a determinação da densidade básica da madeira, foi selecionada uma cunha de cada disco coletado nas posições longitudinais correspondentes à base e ao diâmetro à altura do peito (DAP). De cada cunha, foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 1,5 × 1,5 cm na seção transversal e 2,0 cm na direção longitudinal, amostrados em três posições radiais equidistantes: próxima à medula,

intermediária entre a medula e a casca e próximo ao câmbio.

A densidade básica da madeira foi determinada conforme os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 11941 (ABNT 2003), considerando a relação entre a massa seca e o volume saturado dos corpos de prova, conforme a Equação 1:

$$Db = Ms / Vs \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:
Db = densidade básica da madeira ($g.cm^{-3}$);
Ms = massa seca do corpo de prova (g), e
Vs = volume saturado do corpo de prova (cm^{-3})

2.6 Análise estatística

Os dados, previamente organizados em planilhas eletrônicas, foram submetidos à análise estatística descritiva individualizada por variedade. Essa abordagem teve como objetivo caracterizar e descrever o comportamento dos elementos anatômicos nos gradientes radiais, regiões adjacentes à medula, porção intermediária e próximo do câmbio e longitudinal: base do fuste e altura do DAP para cada variedade. Adicionalmente, procedeu-se à comparação dos caracteres anatômicos qualitativos e quantitativos entre as variedades.

Para as análises anatômicas quantitativas e de densidade básica da madeira, foi empregado um delineamento experimental inteiramente casualizado, seguindo um esquema de parcelas subsubdivididas (split-split plot). As variedades (Paricá e Guapuruvu) foram consideradas as parcelas principais, as posições longitudinais (base e DAP) constituíram as subparcelas, e as posições radiais (próximo à medula, intermediário e próximo ao câmbio) foram definidas como sub subparcelas.

Para avaliar o efeito das variedades e o comportamento dos caracteres anatômicos no sentido radial (medula, intermediário e casca) e longitudinal (Base e DAP) nos parâmetros anatômicos quantitativos e na densidade básica da madeira, inicialmente, foram realizados o teste de Levene para verificar a homogeneidade de variância e o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados. Após a confirmação dos pressupostos, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o teste F. Em seguida, para comparação entre médias, aplicou-se o teste de Tukey com um nível de significância de 5%.

Os procedimentos estatísticos foram realizados com o auxílio dos programas *Statistical Package for the Social Sciences* - SPSS, versão 20.0, e AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior 2015).

Foram realizados testes de normalidade para avaliar a distribuição dos dados. Quando o pressuposto de normalidade não foi atendido, os dados foram transformados pela raiz quadrada. Posteriormente, aplicou-se o teste t de Student para identificar diferenças significativas entre as médias. A análise de correlação de Pearson foi realizada para avaliar as relações entre a densidade básica da madeira e as características das fibras. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R CORE TEAM 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Descrição anatômica macroscópica da madeira de paricá e guapuruvu

As madeiras das duas variedades apresentaram odor imperceptível, sendo macias ao corte manual no plano transversal, com grã direita, textura média e camadas de crescimento distintas. O guapuruvu apresenta alburno de cor branco palha, enquanto na madeira de paricá a coloração é creme claro (Figura 3).

Ao compararmos as texturas das madeiras, nota-se que a descrição da textura da madeira de guapuruvu, proveniente de um plantio de 15 anos (Nisgoski et al. 2012), e da madeira de paricá, oriunda de um plantio de 22 anos (Melo 2017), como sendo de granulação grossa difere da classificação obtida neste estudo, que a categorizou como de média granulação. Essa divergência na classificação é fundamentada na variação do diâmetro dos vasos (100 a 300 µm). Tais resultados contrastam com observações anteriores, como as de Urbinati (2013) em madeira de paricá de um plantio de 14 anos e de Melo (2012) para a mesma variedade em plantios de 5 e 7 anos.

A coloração da madeira de paricá é objeto de uma descrição amplamente diversificada na literatura científica. Urbinati (2013) detalha a madeira como apresentando cerne e alburno pouco distintos, ambos exibindo tonalidade amarelada. Ramalho (2007) e Melo (2012) fazem menção a um alburno com coloração creme-amarelada. De acordo com Souza et al. (2003), a

madeira de paricá demonstra uma coloração branco-palha, sem diferenciação aparente entre cerne e alburno. Os resultados obtidos neste estudo assemelham-se à descrição feita por Nisgoski et al. (2012) para guapuruvu e por Souza et al. (2005) para o paricá.

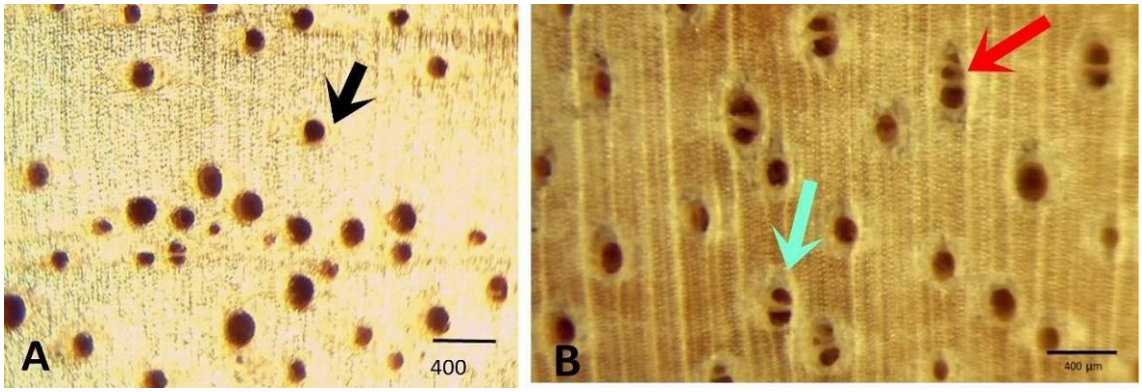
As estruturas anatômicas macroscópicas das variedades não apresentaram diferenças significativas; ambas exibiram características similares. O parênquima axial é visível a olho nu, predominantemente paratraqueal aliforme losangular e pouco confluentes, ocorrendo em menor quantidade vasicêntrico escasso, além de finas faixas de parênquima marginal. Os raios são perceptíveis sob uma lente de aumento de 10x na transversal e na face tangencial; no plano longitudinal radial, a imagem espelhada dos raios é pouco contrastada. As camadas de crescimento são demarcadas por zonas fibrosas e/ou por faixas de parênquima marginal. Os poros são visíveis a olho nu na face transversal e na face tangencial, sendo a maioria solitários, enquanto ocorrem em menor quantidade em arranjos múltiplos de dois, três e quatro, formando um padrão diagonal.

Marcati et al. (2008), ao avaliarem a atividade sazonal do câmbio da espécie de *Schizolobium parahyba*, constataram que o parênquima marginal que delimita as camadas de crescimento consiste em faixas estreitas de células parenquimáticas formadas no início da estação chuvosa. Estas faixas coincidem com o início da atividade cambial, caracterizando-se, portanto, como um parênquima marginal do tipo inicial.

Foram registradas diferenças na quantidade de poros solitários e múltiplos (múltiplos de dois, três e quatro) entre as variedades, em que o paricá apresentou 78% dos poros solitários e 22% dos poros múltiplos. Destaca-se que poros solitários foram predominantes em ambas as variedades de *Schizolobium parahyba*, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4. Superfície transversal da madeira observada sob lente de 10X evidenciando a diferença de coloração e porosidade da madeira de *Schizolobium parahyba*. A) Alburno branco palha e poros solitários (seta preta) em Guapuruvu; B) Alburno creme claro e poros múltiplos de dois (seta azul) e múltiplos de três (seta vermelha) em paricá. Barra de escala: 400 µm.

Figure 4. Transverse wood surface observed under a 10X lens highlighting the difference in coloration and porosity of *Schizolobium parahyba* wood. A) Straw-white sapwood with solitary pores (black arrow) in Guapuruvu; B) Light cream sapwood with multiple pores of two (blue arrow) and three (red arrow) in paricá. Scale bar: 400 µm.



Fonte: elaborado pelos autores.
Source: prepared by the authors.

3.2 Descrição microscópica qualitativa da madeira de paricá e guapuruvu

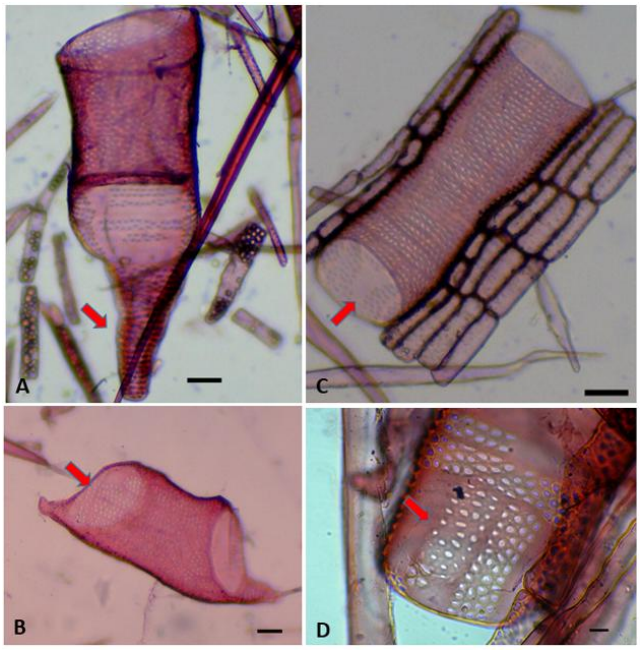
Nos elementos de vasos de ambas as variedades, observou-se placa de perfuração simples com contorno circular e apêndices em uma ou em ambas as extremidades, estando estas também ausentes. As pontoações intervasculares apresentaram disposição alternada (Figura 5). Espessamentos helicoidais não foram identificados nos elementos de vasos, sendo também ausentes as tiloses para ambas as variedades de paricá e guapuruvu.

Diversos gêneros da subfamília Caesalpinoideae apresentam uma tendência para parênquima axial aliforme e vasicêntrico, raios estreitos com até três células de largura, e presença de cristais nas células parenquimáticas axiais e radiais, e às vezes nas fibras (Gasson et al. 2003), resultados semelhantes aos obtidos neste estudo. Esses autores afirmaram, ainda, que a composição e tamanho dos raios, a presença de

cristais nas células radiais e as pontuações guarnecidas são caracteres diagnósticos em potencial para análises filogenéticas na subfamília Caesalpinoideae. Silva et al. (2016) mencionam pontuações intervasculares em paricá como sendo alternadas e guarnecidas, um resultado que diverge dos achados deste estudo.

Figura 5. Caracterização anatômica dos elementos de vaso do *Schizolobium parahyba*. A) apêndice em uma extremidade (seta vermelha). B) apêndice nas duas extremidades (seta vermelha). C) placa de perfuração simples e ausência de apêndice (seta vermelha). D) Pontoações no corpo do vaso (seta vermelha). Barra de escala: (A, B, C) 50 µm; (D) 30 µm.

Figure 5. Anatomical characterization of vessel elements of *Schizolobium parahyba*. (A) Appendage at one end (red arrow). (B) Appendages at both ends (red arrows). (C) Simple perforation plate and absence of appendages (red arrow). (D) Pits on the vessel element wall (red arrow). Scale bars: (A, B, C) 50 µm; (D) 30 µm.



Fonte: elaborado pelos autores.
Source: prepared by the authors.

Tanto na madeira de paricá quanto na de guapuruvu, observa-se que os vasos são menores nas proximidades da medula e mais frequentes, ao passo que, na região próximo ao câmbio, seu tamanho aumenta e a frequência é reduzida (Figura 6). Essa característica é comumente encontrada na madeira juvenil, uma vez que, nos primeiros anos de formação do xilema secundário, as iniciais fusiformes apresentam comportamento reduzido, o qual, com o avançar dos anos, aumenta rapidamente até atingir um valor máximo, seguido por oscilações, quando então tendem a estabilizar, conforme exemplificado por Urbinati et al. (2003).

Esse aumento do diâmetro dos vasos no sentido da medula para a casca está relacionado também com a eficiência na condução de fluidos necessários ao metabolismo da planta à medida que ela cresce em altura e diâmetro, visando garantir condições necessárias ao vegetal (Vidaurre et al. 2018).

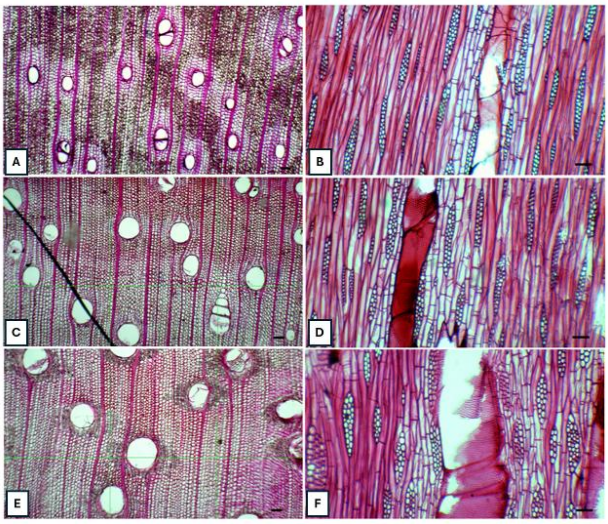
Apesar de as fibras das duas variedades serem classificadas como de paredes muito finas, conforme a classificação do IAWA (1989), o comprimento da fibra e a espessura da parede celular foram maiores para o *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Figura 6). No interior do tecido fibroso, foi observado espessamento helicoidal, com presença de fibras septadas, bifurcadas e cristais prismáticos, bem como a presença de amido em ambas as variedades (Figura 7).

As fibras da madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* e *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* também se enquadram na classificação segundo IAWA (1989) como curtas e de parede muito fina, uma vez que o lúmen é, aproximadamente, três vezes maior que a parede celular. Entretanto, entre as estruturas anatômicas microscópicas avaliadas, as fibras foram as que mais contribuíram para diferenciar as variedades de *Schizolobium parahyba* (Figura 7). Esse

comportamento sugere relação direta entre as dimensões das fibras e os maiores valores de densidade básica observados para a madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* em comparação ao *Schizolobium parahyba* var. *parahyba*.

Figura 6. Características dos vasos no sentido medula – casca no plano transversal (A, C, E) e tangencial (B, D, F) de *Schizolobium parahyba*. Onde (A; B) Próximo à medula: (C; D) Intermediário entre medula e câmbio: (E; F) Próximo à casca. Barra de escala: (A, C, E) 100 µm; (B, D, F) 50 µm.

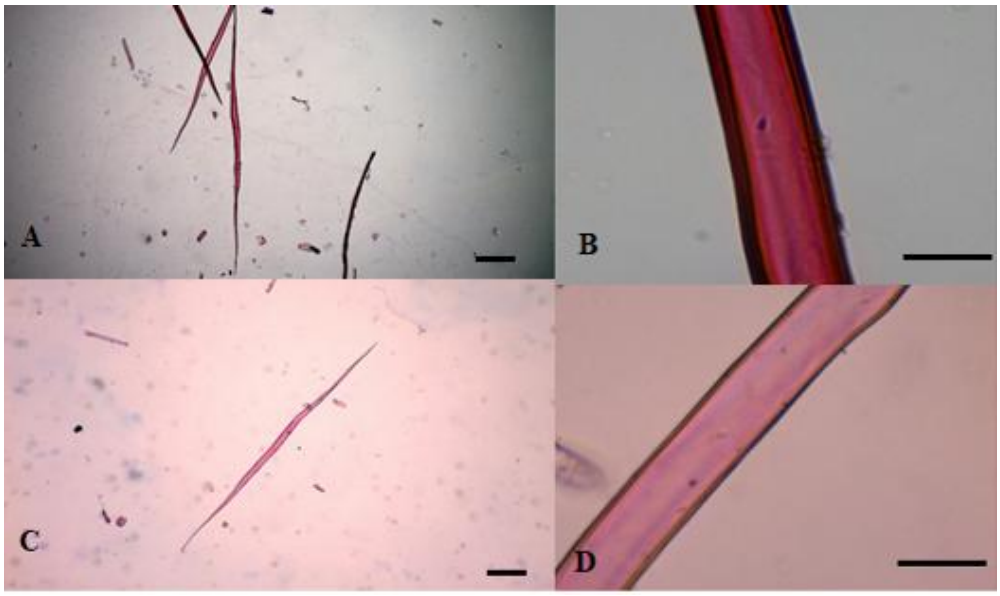
Figure 6. Vessel characteristics in the medulla-to-bark direction in the transverse plane (A, C, E) and tangential plane (B, D, F) of *Schizolobium parahyba*. Where (A; B) Near the pith: (C; D) Intermediate between pith and cambium: (E; F) Near the bark. Scale bar: (A, C, E) 100 µm; (B, D, F) 50 µm.



Fonte: elaborado pelos autores.
Source: prepared by the authors.

Figura 7. Fibras das variedades de *Schizolobium parahyba*. A) fibra de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. B) parede celular e lúmen de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. C) fibra de *Schizolobium parahyba* var. *parahyba*. D) parede celular e lúmen de *Schizolobium parahyba* var. *Parahyba*. Barra de escala: (A, C) 100 µm; (B, D) 30 µm.

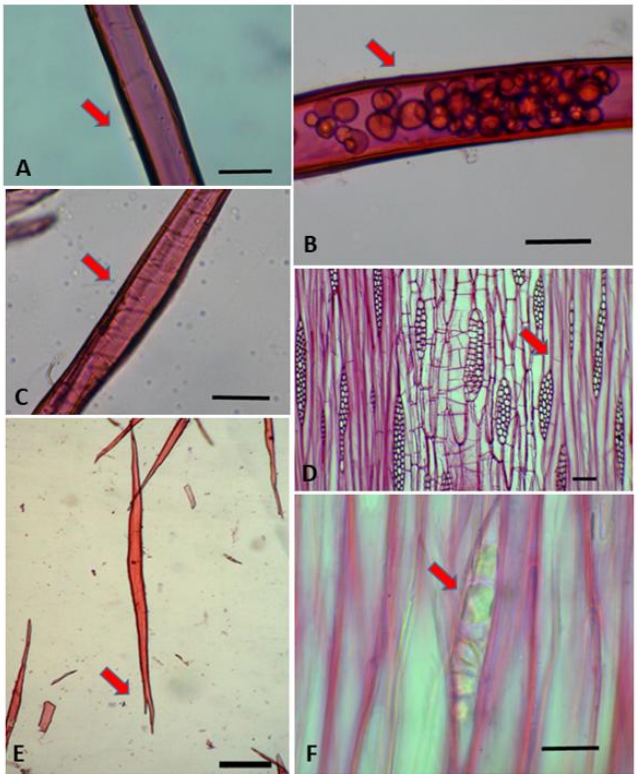
Figure 7. Fibers of *Schizolobium parahyba* varieties. A) Fiber of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. B) Cell wall and lumen of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. C) Fiber of *Schizolobium parahyba* var. *parahyba*. D) Cell wall and lumen of *Schizolobium parahyba* var. *parahyba*. Scale bars: (A, C) 100 µm; (B, D) 30 µm.



Fonte: elaborado pelos autores.
Source: prepared by the authors.

Figura 8. Características anatômicas das fibras de *Schizolobium parahyba*. A) parede celular. B) amido. C) espessamento helicoidais. D) fibras septadas. E) fibras bifurcadas. F) Cristais prismáticos. Barra de escala: (A, B, C, F) 30 µm; (D) 50 µm; (E) 100 µm.

Figure 8. Anatomical characteristics of *Schizolobium parahyba* fibers. A) Cell wall. B) Starch. C) Helical thickenings. D) Septate fibers. E) Bifurcated fibers. F) Prismatic crystals. Scale bar: (A, B, C, F) 30 µm; (D) 50 µm; (E) 100 µm.



Fonte: elaborado pelos autores.
Source: prepared by the authors.

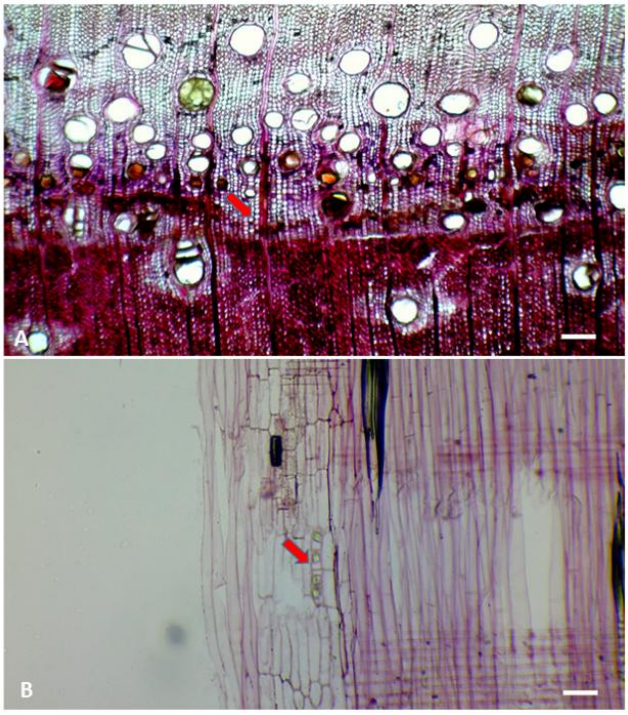
Foram observadas camadas de crescimento distintas, evidenciadas pela diferença na espessura da parede das fibras, delimitando lenho inicial (fibras com parede mais fina) e tardio (parede mais espessa). Além disso, foram identificados cristais prismáticos presentes no parênquima para ambas as variedades (Figura 9). Pernía e Melandri (2006) registraram camadas de crescimento indistintas em indivíduos de paricá coletados na Venezuela. Em contraste, Silva et al. (2016), ao estudarem árvores de paricá, e Nisgoski et al. (2012), ao avaliarem o guapuruvu, observaram camadas de crescimento distintas, resultado semelhante ao encontrado no presente estudo. Essa divergência entre os resultados pode estar relacionada às diferenças nas condições ambientais dos locais de coleta, uma vez que a formação e a delimitação das camadas de crescimento da madeira podem ser influenciadas, principalmente, por fatores climáticos (Marcati et al. 2008).

Bailey (1923) relatou a ocorrência de células cambiais estratificadas em diversos gêneros da família Fabaceae. Entretanto, para o gênero *Schizolobium*, diferentes estudos descrevem raios não estratificados, com ocorrência de raios unisseriados e/ou multisseriados (Aref et al. 2014, Silva et al. 2016, Urbinati 2013, Marcati et al. 2008, Melo et al. 2020). Essas características também foram observadas no presente estudo, demonstrando concordância com as descrições anatômicas previamente reportadas para o gênero.

De modo geral, as estruturas anatômicas apresentaram padrão qualitativo semelhante entre as variedades. Assim, as principais diferenças registradas neste estudo estão relacionadas aos caracteres quantitativos, especialmente às dimensões das fibras e aos valores de densidade básica.

Figura 9. Estruturas anatômicas no plano transversal e longitudinal radial de *Schizolobium parahyba*. (A) Camada de crescimento; (B) cristais prismáticos em parênquima. Barra de escala: (A, B) 100 µm.

Figure 9. Anatomical structures in the transverse and longitudinal-radial direction planes of *Schizolobium parahyba*. (A) Growth layer; (B) Prismatic crystals in parenchyma. Scale bar: (A, B) 100 µm.



Fonte: elaborado pelos autores.
Source: prepared by the authors.

3.2 Descrição microscópica quantitativa da madeira de paricá e guapuruvu

3.2.1 Vasos

O comprimento e a frequência dos vasos não diferiram significativamente entre a madeira obtida nas posições do caule (base do tronco e DAP) para as duas variedades. Nesse contexto, pouca diferença na variação dos elementos anatômicos na direção longitudinal do lenho de espécies com crescimento rápido na zona tropical foi encontrada por Urbinati et al. (2003), Rocha et al. (2004) e Quilhó et al. (2006). Esses estudos corroboram a consistência nas características anatômicas dos vasos ao longo do tronco, indicando uma uniformidade estrutural nas amostras analisadas, mesmo em diferentes posições radiais do caule.

Para os elementos de vaso, não foram observadas diferenças significativas entre as variedades de paricá e guapuruvu quanto ao comprimento, diâmetro e frequência, indicando relativa semelhança entre as variedades para essas características. Entretanto, na análise da variação longitudinal, o diâmetro dos vasos do paricá apresentou diferença significativa entre a base e o DAP, com maior valor na posição do DAP, a 1,30 m de altura (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Vidaurre et al. (2018), que registraram aumento do diâmetro dos vasos no lenho de paricá no sentido da base até 50% da altura comercial do fuste, estabilizando-se a partir desse ponto até o topo do lenho comercial. Esse comportamento pode estar relacionado às alterações na atividade cambial e na diferenciação dos elementos de vaso ao longo do fuste. Sob o aspecto fisiológico, as alterações no diâmetro, frequência e disposição dos elementos de vaso podem estar associadas às necessidades de transporte de água e sais minerais durante o crescimento da árvore (Silva et al. 2019).

Os valores de diâmetro e comprimento dos vasos obtidos do lenho das variedades de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* e *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* no sentido radial mostram que há um aumento no sentido da medula para a casca e diminuição dos valores de frequência no mesmo sentido (Tabela 2).

Tabela 1. Valores médios de comprimento e diâmetro dos vasos, nas posições da base e DAP do fuste de paricá e guapuruvu provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil. Letras minúsculas comparam as variedades em cada posição longitudinal e letras maiúsculas comparam as posições longitudinais em cada variedade. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Table 1. Average values of vessel length and diameter at the base and diameter at breast height (DBH) positions in the stems of Paricá and Guapuruvu from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil. Lowercase letters compare the varieties at each longitudinal position, and uppercase letters compare the longitudinal positions within each variety. Different letters in the same column indicate a statistically significant difference according to Tukey test at the 5% probability level. Values in parentheses correspond to the coefficient of variation (%).

Variedade	Posições longitudinais	Vasos		Vasos/mm²
		Comprimento(µm)	Diâmetro (µm)	
Paricá	Base	305,69 (11,45) a A	168,57 (15,32) a B	2,92 (35,77) a A
	DAP	328,68 (15,79) a A	199,88 (20,73) a A	2,39 (28,94) a A
Guapuruvu	Base	295,82 (12,11) a A	169,47 (21,67) a A	2,45 (35,28) a A
	DAP	322,74 (12,41) a A	198,82 (16,07) a A	2,63 (34,81) a A

Tabela 2. Valores médios de comprimento e diâmetro dos vasos, por posição radial da madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* e *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil. Letras minúsculas comparam as variedades em cada posição radial e letras maiúsculas comparam as posições radiais em cada variedade. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Table 2. Mean vessel length and diameter values according to the radial position in the wood of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* and *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil. Lowercase letters compare the varieties at each radial position, and uppercase letters compare the radial positions within each variety. Different letters in the same column indicate a statistically significant difference according to Tukey test at the 5% probability level. Values in parentheses correspond to the coefficient of variation (%).

Variedades	Posições radiais	Vasos		Vasos/mm²
		Comprimento (µm)	Diâmetro(µm)	
Paricá	Próximo a medula	290,02 (9,58) a B	153,04 (15,97) a C	3,56 (26,98) a A
	Intermediário	330,82 (11,20) a A	189,99 (17,41) a B	2,36 (21,30) a B
	Próximo ao câmbio	330,71 (17,00) a A	209,65 (15,06) a A	2,04 (13,27) a B
Guapuruvu	Próximo a medula	298,5 (13,05) a A	165,54 (22,87) a B	3,37 (16,43) a A
	Intermediário	322,74 (12,45) a A	188,10 (12,54) a A	2,18 (35,55) a B
	Próximo ao câmbio	306,59 (13,14) a A	198,79 (21,18) a A	2,08 (32,36) a B

Resultado semelhante de variações nas dimensões dos vasos no sentido radial foram encontrados por Urbinati (2013), Lobão et al. (2012) e Vidaurre et al. (2018a) para madeira de paricá e por Nisgoski et al. (2012) para o lenho de guapuruvu, e para outras espécies de rápido crescimento, como citado por Urbinati et al. (2003) em madeira de *Terminalia ivorensis* e Firmino et al. (2019) para *Carapa guianensis*.

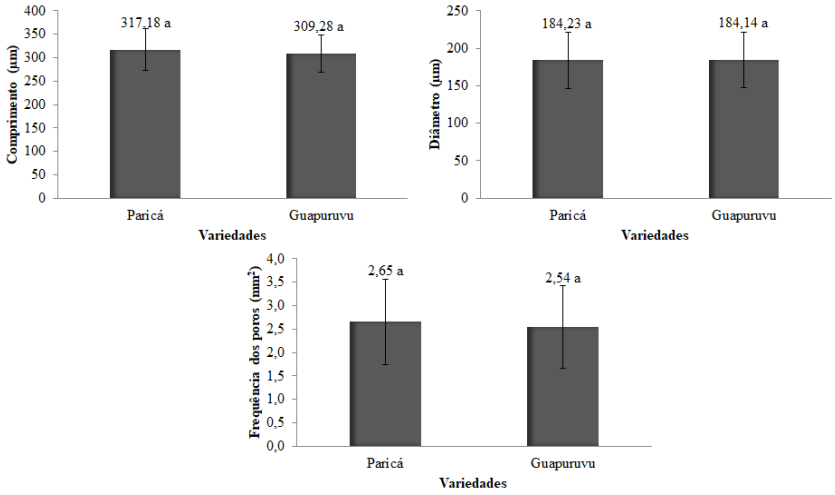
Para Vidaurre et al. (2018a), o aumento do diâmetro dos vasos no sentido da medula para o câmbio está relacionado com a eficiência na condução de fluidos necessários ao metabolismo da planta à medida que ela cresce em altura e diâmetro, visando garantir condições necessárias ao vegetal.

Schuldt et al. (2013) e Zhao (2016) apontam que durante o crescimento da árvore, há um ajuste na sua estrutura anatômica, alterando as dimensões de suas estruturas como uma alternativa para maximizar a segurança mecânica do tronco.

De modo geral, não houve variações significativas entre paricá e guapuruvu para as características anatômicas quantitativas de diâmetro, comprimento e frequência dos vasos no lenho das variedades (Figura 10).

Figura 10. Valores médios de diâmetro, comprimento e frequência dos vasos das madeiras de paricá e guapuruvu provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil.

Figure 10. Average values of diameter, length, and frequency of vessels in the woods of Paricá and Guapuruvu from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil.



3.2.2 Fibras

A variação no tamanho das características anatômicas das fibras é menos consistente na direção da base para o DAP do fuste quando comparado com a direção radial. Os valores de comprimento da fibra, espessura da parede e lúmen obtidos nas análises da madeira na região da base do fuste e DAP não apresentaram diferenças significativas. As variações observadas no sentido da base do fuste para o DAP são consideradas mínimas e sem significância estatística, uma vez que os locais selecionados para a análise se encontravam em região próxima uma das outras onde a variação é mínima sem diferença estatística ($p<0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de comprimento das fibras, espessura da parede e largura do lúmen, nas posições da base e DAP do fuste das madeiras de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* e *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil. Letras minúsculas comparam as variedades em cada posição longitudinal e letras maiúsculas comparam as posições longitudinais em cada variedade. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Table 3. Mean values of fiber length, cell wall thickness, and lumen width at the stem base and DBH positions in the wood of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* and *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil. Lowercase letters compare varieties at each radial position, and uppercase letters compare radial positions within each variety. Different letters in the same column indicate a statistically significant difference according to Tukey at a 5% probability level. Values in parentheses correspond to the coefficient of variation (%).

Variedade	Posições longitudinais	Fibras		
		Comprimento (µm)	Espessura parede(µm)	Largura do lúmen (µm)
Paricá	Base	1144,71 $^{(12,81)}$ a A	4,60 $^{(13,61)}$ a A	22,21 $^{(14,32)}$ a A
	DAP	1111,96 $^{(13,34)}$ a A	3,87 $^{(13,58)}$ a A	24,33 $^{(8,50)}$ a A
Guapuruvu	Base	978,56 $^{(15,79)}$ a A	2,94 $^{(13,95)}$ b A	23,24 $^{(16,10)}$ a A
	DAP	941,00 $^{(14,26)}$ b A	2,80 $^{(11,42)}$ b A	27,02 $^{(17,56)}$ a A

Melo et al. (2020) estudaram a variação anatômica da madeira de paricá da base do fuste ao topo, os autores observaram que na base do fuste os valores médios de comprimento e espessura da parede da fibra foram significativamente maiores do que os observados para o topo do fuste. Os autores justificam esse comportamento devido a região da base do fuste apresentar maior diâmetro, e talvez, apresente maior quantidade de células com dimensões diferenciadas para compor o xilema secundário na região da base do fuste, ou ainda, como efeito da diferença entre a idade do câmbio, que é mais jovem no topo e mais velho na base. Urbinati

(2013) observou aumento de comprimento e espessura da parede da fibra da base para até 50% do lenho comercial, e a partir de 50% diminuiu até a altura de 100% do fuste comercial.

Resultados semelhantes a este estudo evidenciando pouca diferença na variação das dimensões das fibras na direção longitudinal do lenho de espécies com rápido crescimento de zona tropical foi mencionado em diferentes literaturas por Urbinati et al. (2003), Rocha et al. (2004), Quilhó et al. (2006) e Gonçalez et al. (2014).

No sentido radial, o comprimento e espessura da parede das fibras apresentaram valores menores próximo a medula, aumentando significativamente para a casca. Para a largura do lúmen, os valores decrescem no mesmo sentido (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de comprimento das fibras, espessura da parede e largura do lúmen, por posição radial das madeiras de paricá e guapuruvu provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil. Letras minúsculas comparam as variedades em cada posição radial e letras maiúsculas comparam as posições radiais em cada variedade. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Table 4. Average values of fiber length, cell wall thickness, and lumen width by radial position in the woods of Paricá and Guapuruvu from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil. Lowercase letters compare varieties at each radial position, and uppercase letters compare radial positions within each variety. Different letters in the same column indicate a statistically significant difference according to Tukey at a 5% probability level. Values in parentheses correspond to the coefficient of variation (%).

		Fibras		
Variedade	**Posição radial**	**Comprimento (µm)**	**Espessura parede (µm)**	**Largura do lúmen (µm)**
Paricá	Próximo a medula	989,76 (11,17) a B	3,39 (12,14) a C	24,61 (11,53) a A
	Intermediário	1136,47 (9,15) a A	3,79 (14,89) a B	23,39 (9,95) a AB
	Próximo ao câmbio	1213,77 (9,80) a A	4,03 (14,07) a A	21,81 (13,23) a B
Guapuruvu	Próximo a medula	861,34 (13,72) a B	2,62 (13,41) b B	25,41 (18,58) a A
	Intermediário	980,12 (7,50) b A	2,96 (8,27) b A	24,80 (11,79) a A
	Próximo ao câmbio	1037,87 (16,40) b A	3,03 (12,78) b A	25,18 (24,36) a A

No sentido radial o comprimento da fibra foi menor próximo a medula, aumentando de forma significativa até a amostra intermediária, quando então tendem a estabilizar da intermediária para as amostras próximas à casca. Esta é uma característica comumente encontrada na madeira juvenil, uma vez que nos primeiros anos de formação do xilema secundário, as iniciais fusiformes apresentam o comportamento reduzido que, com o avançar dos anos, aumenta rapidamente até atingir um valor máximo, seguido de oscilações, quando então tendem a estabilizar. Urbinati et al. (2003) observaram que a variação nas dimensões das estruturas anatômicas da madeira no sentido radial foi maior e mais estável para região externa do lenho, os autores ressaltam que essa característica pode estar marcando o término do lenho juvenil na espécie e o início do lenho adulto, caracterizado por valores mais estáveis que abrange em torno de 5-7 cm da medula.

Vidaurre et al. (2018) estudaram as propriedades anatômicas do lenho juvenil de paricá em diferentes idades (5, 7, 9 e 11 anos) e observaram diminuição na espessura da parede das fibras em árvores mais velha, ao contrário do que é relatado na literatura para outras espécies (Silva et al. 2007, Sette-Junior et al. 2012). Os parâmetros anatômicos relacionados aos vasos e às fibras obtidos neste estudo para a madeira de paricá aos seis anos de idade apresentaram valores semelhantes aos encontrados por Silva (2014), que também avaliou indivíduos com seis anos. Por outro lado, esses valores foram inferiores aos relatados por Melo et al. (2020) para árvores de paricá com 21 anos de idade. Essa diferença nas dimensões dos elementos anatômicos em função da idade pode estar associada ao processo de maturação do câmbio vascular. Com o avanço da idade da árvore, ocorrem alterações nas dimensões das células iniciais cambiais, que, por sua vez, influenciam as dimensões das células formadas no xilema secundário (Plomion et al. 2001).

Nisgoski et al. (2012) registraram dimensões superiores a esse estudo para fibras da madeira de guapuruvu com idade de 15 anos de um plantio localizado em Corupá, SC, domínio fitogeográfico

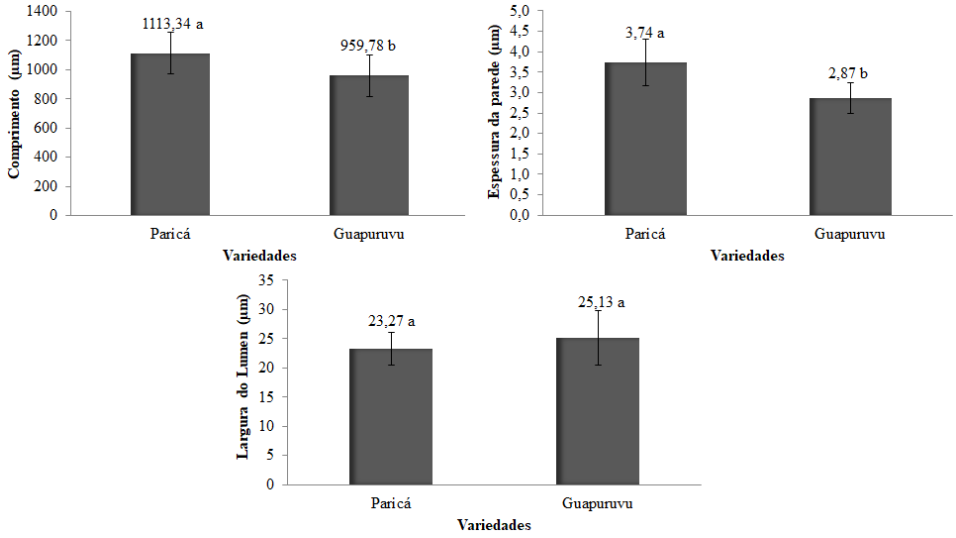
de Mata Atlântica onde a variedade tem ocorrência natural. Isso mostra que as dimensões celulares das células vegetais não dependem apenas de fatores ambientais ou idade, mas também das suas potencialidades genéticas e características fenotípicas.

O aumento do comprimento e da espessura da parede das fibras no sentido medula-casca, associado à redução da largura do lúmen, também foi relatado para paricá por Urbinati (2013), Lobão et al. (2012), Bianche et al. (2012) e Vidaurre et al. (2018), bem como para outras espécies de rápido crescimento (Urbinati et al. 2003, Firmino et al. 2019). Para o guapuruvu, Nisgoski et al. (2012) observaram comportamento semelhante apenas para o comprimento das fibras. Em conjunto, esses resultados indicam que as diferenças celulares ao longo do perfil radial estão associadas principalmente à maturação da madeira, à idade e a fatores ambientais e silviculturais (Jelonek et al. 2024).

A análise das fibras indicou que essa foi a principal estrutura anatômica microscópica capaz de diferenciar a madeira de paricá e guapuruvu. O paricá apresentou fibras significativamente mais longas e com paredes mais espessas, enquanto o guapuruvu apresentou menores valores para esses caracteres (Figura 11).

Figura 11. Valores médios de comprimento das fibras, espessura da parede e largura do lúmen das madeiras de paricá e guapuruvu provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil.

Figure 11. Average values of fiber length, cell wall thickness, and lumen width in the woods of Paricá and Guapuruvu from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil.



O comprimento e espessura da parede das fibras mostraram uma clara relação com a densidade básica da madeira das variedades, visto que as análises para raios e vasos não mostraram diferenças significativas entre paricá e guapuruvu. As fibras de paricá com maior comprimento e espessura da parede celular apontaram também uma maior densidade. Shimoyama (1990) cita resultados semelhantes, onde as fibras de maiores dimensões em largura e paredes espessas mostraram correlação estatística positiva com a densidade básica da madeira, e as largas e de paredes finas, correlação negativa.

Ruy (1998) afirmou que certas características anatômicas como comprimento, espessura da parede e diâmetro do lume das fibras, porcentagens de vasos e de parênquima, possuem relação com a densidade básica da madeira e exerce sua influência nas propriedades e usos finais da madeira. Essas características podem ser influenciadas pelas divisões periclinais das células cambiais controladas pela taxa de hormônios ligados à sazonalidade, condições ambientais e fatores genéticos (Alzate 2009).

Nisgoski et al. (2012) encontraram valores superiores a este estudo para comprimento, espessura da parede e largura do lúmen das fibras da madeira de guapuruvu de um plantio de 15 anos de idade localizado no estado de Santa Catarina. Essas divergências podem estar relacionadas a herdabilidade genética das sementes de guapuruvu com sua população de origem. Podendo indicar que a variedade pode ter melhor desenvolvimento dessa estrutura quando implantada na região de ocorrência natural. Ou

ainda, que quando atingir idade mais avançada essas dimensões possam aumentar.

3.3.3 Raios

A altura, largura e frequências dos raios na madeira da posição da base e DAP não diferiu em suas dimensões para o paricá, porém no guapuruvu os valores de altura foram maiores na região do DAP. Melo (2017) encontrou aumento para altura dos raios na madeira de paricá da base até 50% da altura comercial do fuste, quando então essas células diminuíram até o topo. Os autores relacionaram esse aumento do raio nas posições inferiores da copa devida nessa região devido o caule apresentar maior diâmetro e consequentemente maiores alturas dessas células (Tabela 5). Porém, nesse estudo as variações foram mais expressivas para as posições radiais.

Os raios foram mais largos para região próxima a casca e menos frequentes nessa região, a altura entre posições radiais não diferiram (Tabela 6). A largura dos raios de paricá aumentaram expressivamente da medula para posição intermediária quando tendem a estabilizar.

Tabela 5. Valores médios de frequência, altura e largura do raio, por variedades nas posições da base e DAP do fuste de paricá e guapuruvu provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil. Letras minúsculas comparam as variedades em cada posição longitudinal e letras maiúsculas comparam as posições longitudinais em cada variedade. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste t de Student a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Table 5. Average values of ray frequency, height, and width by varieties at the base and diameter at breast height (DBH) positions in the stems of Paricá and Guapuruvu from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil. Lowercase letters compare the varieties at each longitudinal position, and uppercase letters compare the longitudinal positions within each variety. Different letters in the same column indicate a statistically significant difference according to Tukey test at the 5% probability level. Values in parentheses correspond to the coefficient of variation (%).

Variedades	**Posições longitudinais**	**Raio**		
		Frequência (mm)	**Altura (µm)**	**Largura (µm)**
Paricá	Base	7,26 $^{(18,86)}$ a A	233,41 $^{(10,09)}$ a A	27,53 $^{(14,40)}$ a A
	DAP	6,31 $^{(15,95)}$ a A	242,34 $^{(8,45)}$ a A	29,94 $^{(26,17)}$ a A
Guapuruvu	Base	6,59 $^{(15,36)}$ a A	230,66 $^{(4,29)}$ a B	31,69 $^{(9,77)}$ a A
	DAP	6,53 $^{(16,84)}$ a A	255,28 $^{(6,47)}$ a A	27,43 $^{(21,34)}$ a A

Em relação aos raios, ainda são relativamente poucos os estudos que investigaram sua variação no sentido radial do lenho. Urbinati et al. (2003), ao estudarem *Terminalia ivorensis*, observaram redução na frequência dos raios no sentido medula-casca, comportamento semelhante ao encontrado no presente estudo. Em contrapartida, Zanon et al. (2008) verificaram aumento significativo na frequência dessa estrutura anatômica no mesmo sentido. Segundo Urbinati et al. (2003), a redução da frequência dos raios nas regiões mais próximas ao câmbio pode estar relacionada à diminuição do número de iniciais radiais e ao aumento das iniciais fusiformes.

Os valores para as características dos raios da madeira de guapuruvu mencionados por Nisgoski et al. (2012) foram ligeiramente maiores do que os obtidos no presente estudo, tal fato pode ser atribuído a uma possível diferença na idade ou local de origem das amostras.

Tabela 6. Valores médio de frequência, altura e largura de raio, por variedades e posições radiais das madeiras de paricá e guapuruvu provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil. Letras minúsculas comparam as variedades em cada posição radial e letras maiúsculas comparam as posições radiais em cada variedade. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

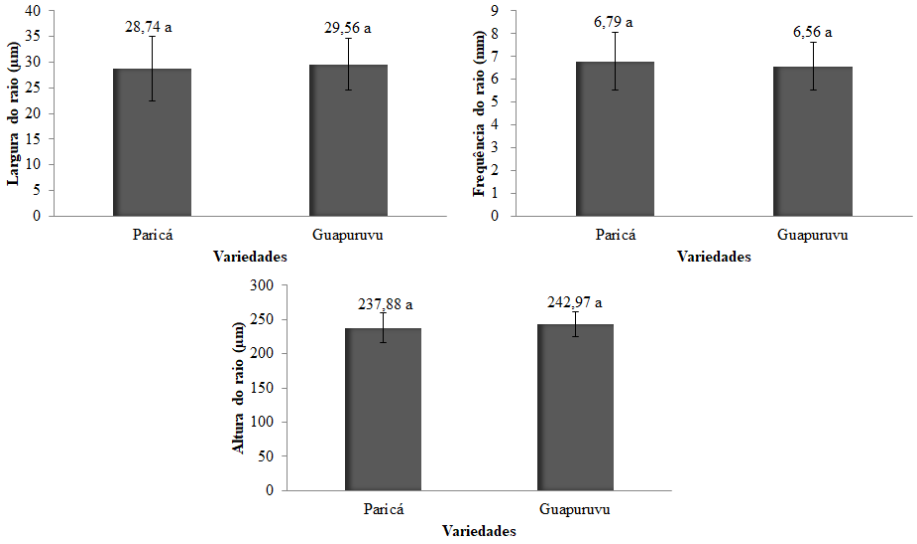
Table 6. Average values of frequency, height, and width of rays, by varieties and radial positions, in the woods of Paricá and Guapuruvu from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil. Lowercase letters compare varieties at each radial position, and uppercase letters compare radial positions within each variety. Different letters in the same column indicate a statistically significant difference according to Tukey at a 5% probability level. Values in parentheses correspond to the coefficient of variation (%).

Variedades	**Posições radiais**	**Raio**		
		Frequência (mm)	**Altura (µm)**	**Largura (µm)**
Paricá	Próximo a medula	7,56 (17,91) a A	234,89 (8,84) a A	26,49 (19,05) a B
	Intermediário	6,89 (16,89) a B	243,88 (12,43) a A	30,74 (27,66) a A
	Próximo ao câmbio	5,91 (12,06) a C	234,87 (5,59) a A	28,97 (14,18) a AB
Guapuruvu	Próximo a medula	7,54 (12,87) a A	244,05 (3,64) a A	28,33 (8,42) a B
	Intermediário	6,40 (7,35) a B	246,02 (7,58) a A	28,09 (25,12) a B
	Próximo ao câmbio	5,75 (12,22) a B	238,84 (10,46) a A	32,27 (12,25) a A

Urbinati (2013) menciona aumento significativo da largura e altura dos raios da medula até a madeira intermediária de paricá e a partir da intermediária tendendo estabilizar para madeira da região próxima ao câmbio, com redução da frequência nesse mesmo sentido (medula-câmbio). O mesmo aconteceu nesse estudo para a madeira de paricá, mostrando que possivelmente a madeira esteja em fase de formação de madeira adulta. Os valores de largura, altura e frequência dosraios foram semelhantes para madeira de paricá e guapuruvu (Figura 12).

Figura 12. Valores médios de largura, altura e frequência do raio das madeiras de paricá e guapuruvu provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil.

Figure 12. Average values of fiber length, cell wall thickness, and lumen width in the woods of Paricá and Guapuruvu from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil.



3.3.4 Avaliação da densidade básica da madeira de paricá e guapuruvu

Houve diferença significativa na densidade da madeira de paricá e guapuruvu (Figura 13), resultando em maiores valores de densidade para a variedade de paricá (0,36 g.cm^{-3}) e menores valores para o guapuruvu (0,29 g.cm^{-3}). O aumento da densidade ocorre devido às alterações nas dimensões dos elementos anatômicos e das exigências mecânico-fisiológicas resultantes do processo de desenvolvimento das árvores, representadas pelo aumento da espessura da parede das fibras e redução da frequência e diâmetro dos vasos (Sette-Junior et al. 2012). Nesse estudo, os valores de densidade foram inteiramente influenciados pelas dimensões das estruturas anatômicas das fibras.

Relacionando densidade com o estudo das fibras, os resultados indicam que o paricá registrou maior valor de comprimento e espessura da parede celular da fibra, comparado ao guapuruvu. Esses resultados mostram a influência direta com o aumento da densidade, pois quanto maior for os seus valores, menos espaços vazios serão encontrados na madeira, indicando maior densidade.

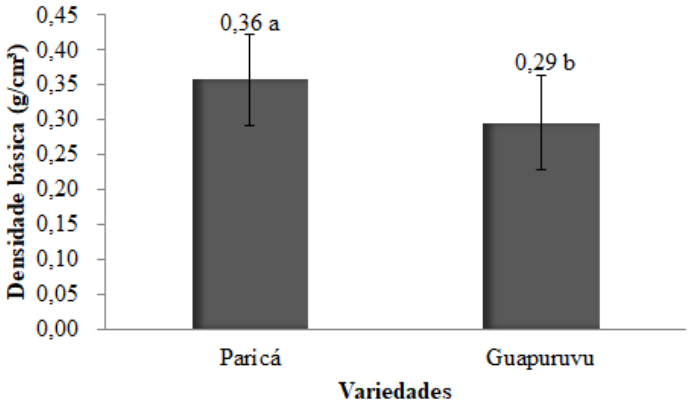
As diferenças significativas de densidade entre paricá e guapuruvu sugerem a existência de variabilidade no lenho das variedades analisadas. Considerando que ambas foram cultivadas no mesmo plantio, sob idade e condições ambientais semelhantes, essas diferenças podem refletir componentes genéticos associados à origem das populações e à adaptação aos ambientes de ocorrência natural.

As diferenças observadas nas dimensões das fibras apresentam relevância potencial para a utilização tecnológica da madeira. O maior comprimento das fibras observado no paricá constitui uma característica de interesse para produtos fibrosos, especialmente para a produção de celulose e papel, uma vez que características anatômicas das fibras podem influenciar a resistência dos produtos obtidos. Em *Schizolobium parahyba*, características anatômicas da madeira foram relacionadas aos índices de resistência do papel, evidenciando a importância da estrutura das fibras para esse tipo de aplicação (Nisgoski et al. 2012). Além disso, a maior espessura da parede celular e a maior densidade básica observadas no paricá indicam maior proporção de material de parede por unidade de volume, características relevantes para as propriedades físicas e mecânicas da madeira (Vidaurre et al. 2018a, Vidaurre et al. 2018b).

A maior densidade observada no paricá também é de interesse para produtos laminados, uma vez que a espécie apresenta potencial para a produção de painéis LVL, nos quais características da madeira constituem parâmetros importantes para o desempenho tecnológico do produto (Melo 2012). Dessa forma, as diferenças observadas nas dimensões das fibras e na densidade básica sugerem que essas características podem contribuir para a diferenciação do potencial de aproveitamento tecnológico das variedades estudadas, embora a definição da aptidão para usos específicos dependa de avaliações complementares das propriedades físicas, mecânicas, químicas e de processamento da madeira.

Figura 13. Valores médios da densidade básica das madeiras de paricá e guapuruvu provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil.

Figure 13. Average values of basic density in the woods of paricá and Guapuruvu from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil.



A variação de densidade básica da madeira para os parâmetros de posições da base e DAP do lenho pode ser observada na Tabela 7. Os maiores valores registrados foram para a posição longitudinal da base, diferindo significativamente do DAP para madeira de paricá e guapuruvu. Esse aumento da densidade na área basal foi observado por Vidaurre et al. (2018) para madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, com redução da densidade no sentido da base para o DAP, e a partir desse ponto permaneceu constante até o topo da árvore. Os maiores valores de densidade básica do lenho nas regiões basal, devem-se, provavelmente, às exigências mecânicas de sustentação do tronco das árvores (Sette-Junior et al. 2012).

A maior densidade na região da base está relacionada ao menor diâmetro e frequência dos vasos, maior comprimento e espessura da parede das fibras e menor largura do lúmen para a posição da base, o mesmo comportamento foi observado por Lima et al. (2011) ao avaliarem o efeito da anatomia da madeira na densidade da madeira de Teca (*Tectona grandis*).

Tabela 7. Variação da densidade básica da madeira nas posições da base e DAP do fuste de paricá e guapuruvu provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil. Letras minúsculas comparam as variedades em cada posição longitudinal e letras maiúsculas comparam as posições longitudinais em cada variedade. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste t de Student a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Table 7. Variation in wood basic density at the base and diameter at breast height (DBH) positions in the stems of Paricá and Guapuruvu from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil. Lowercase letters compare the varieties at each longitudinal position, and uppercase letters compare the longitudinal positions within each variety. Different letters in the same column indicate a statistically significant difference according to Student's t-test at the 5% probability level. Values in parentheses correspond to the coefficient of variation (%).

Variedades	Posições longitudinais	Densidade básica (g.cm^{-3})
Paricá	Base	0,39 $^{(17,29)}$ a A
	DAP	0,33 $^{(15,55)}$ a B
Guapuruvu	Base	0,33 $^{(19,02)}$ b A
	DAP	0,26 $^{(19,81)}$ b B

A maior espessura da parede celular, o maior comprimento das fibras, a menor frequência de vasos e a redução da largura do lúmen contribuíram para o aumento da densidade na posição próximo ao câmbio nas duas variedades. No paricá, a densidade variou de 0,31 g.cm^{-3} próximo à medula a 0,40 g.cm^{-3} próximo ao câmbio; no guapuruvu, variou de 0,23 g.cm^{-3} a 0,34 g.cm^{-3} no mesmo sentido (Tabela 8).

Tabela 8. Variação da densidade básica por posição radial na madeira de paricá e guapuruvu provenientes de um plantio na Amazônia Oriental, Brasil. Letras minúsculas comparam as variedades em cada posição radial e letras maiúsculas comparam as posições radiais em cada variedade. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Table 8. Variation of basic density across radial positions in the woods of Paricá and Guapuruvu from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil. Lowercase letters compare varieties at each radial position, and uppercase letters compare radial positions within each variety. Different letters in the same column indicate a statistically significant difference according to Student's Tukey at a 5% probability level. Values in parentheses correspond to the coefficient of variation (%).

Variedades	Posições radiais	Densidade básica (g.cm^{-3})
Paricá	Próximo a medula	0,31 $^{(15,56)}$ a C
	Intermediário	0,36 $^{(16,19)}$ a B
	Próximo ao câmbio	0,40 $^{(15,04)}$ a A
Guapuruvu	Próximo a medula	0,23 $^{(21,60)}$ b B
	Intermediário	0,31 $^{(18,04)}$ b A
	Próximo ao câmbio	0,34 $^{(13,58)}$ b A

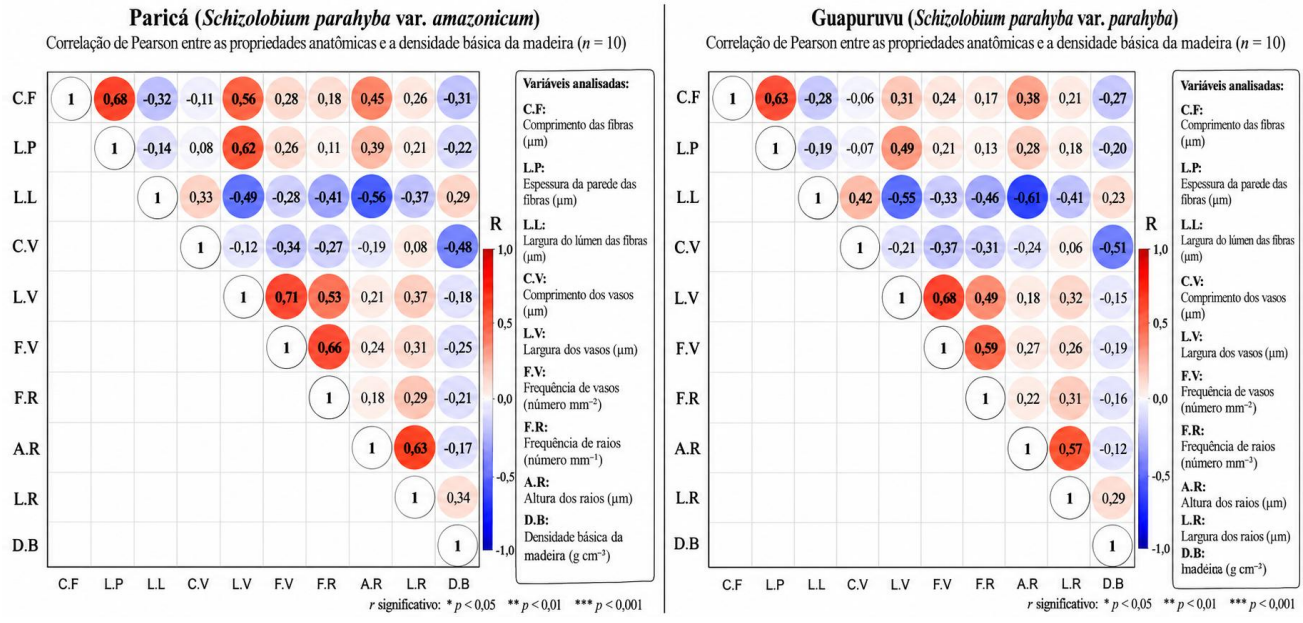
A maior espessura da parede e comprimento da fibra, menor frequência dos vasos e largura do lúmen foram características anatômicas que contribuíram para o aumento da densidade na posição próximo ao câmbio para as duas variedades. Onde as variações de 0,31 g.cm^{-3} na região mais próximo à medula a 0,40 g.cm^{-3} em posição mais próximo ao câmbio foram encontradas para variedade de paricá e de 0,23 g.cm^{-3} a 0,34 g.cm^{-3} no mesmo sentido para o guapuruvu.

Segundo Serpa et al. (2003), o aumento da densidade básica da madeira no sentido medula–câmbio pode estar associado à transição entre o lenho juvenil e o lenho adulto ao longo do desenvolvimento da árvore. De modo semelhante, Gatto et al. (2010) observaram aumento dos valores de densidade a partir da região próxima à medula, seguido de estabilização após a região correspondente ao lenho juvenil.

A Figura 14 apresenta a matriz de correlação de Pearson para as características anatômicas e densidade básica da madeira para as espécies de *Schizolobium parahyba*. Verificou-se padrões e correlações distintas entre ambas as espécies, principalmente entre a largura dos vasos e densidade básica da madeira, que apresenta correlação não significativa para a espécie de Paricá *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* e significativa para Guapuruvu *Schizolobium parahyba* var. *parahyba*. Em contrapartida, notou-se correlação significativa entre a densidade básica da madeira e o comprimento dos vasos para as espécies, indicando que quanto maior a densidade da madeira o diâmetro dos vasos tende a aumentar para as espécies, sendo assim, com a maturação da madeira, maior será a condutividade hidráulica e consequentemente facilitará a secagem da madeira devido ao maior espaço para condução de líquidos Longui et al. (2017).

Figura 14. Matriz de correlação de Pearson entre as características anatômicas quantitativas e a densidade básica da madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) e *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* (guapuruvu), provenientes de plantio na Amazônia Oriental, Brasil. Valores no interior dos círculos representam os coeficientes de correlação de Pearson (R), sendo o tamanho dos círculos proporcional à magnitude da correlação. As cores indicam o sentido da associação (azul = positiva; vermelho = negativa). C.F = comprimento das fibras; L.P = largura da parede das fibras; L.L = largura do lúmen das fibras; C.V = comprimento dos vasos; L.V = largura dos vasos; F.V = frequência de vasos; F.R = frequência de raios; A.R = altura dos raios; L.R = largura dos raios; D.B = densidade básica da madeira. Níveis de significância: $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**); $p < 0,001$ (***); $p \geq 0,05$ (n.s).

Figure 14. Pearson correlation matrix between quantitative anatomical characteristics and basic wood density of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Paricá) and *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* (Guapuruvu) from a plantation in the Eastern Amazon, Brazil. Values within the circles represent Pearson's correlation coefficients (R), with circle size proportional to the magnitude of the correlation. Colors indicate the direction of the association (blue = positive; red = negative). C.F = fiber length; L.P = fiber wall thickness; L.L = fiber lumen width; C.V = vessel element length; L.V = vessel diameter; F.V = vessel frequency; F.R = ray frequency; A.R = ray height; L.R = ray width; D.B = basic wood density. Significance levels: $p < 0.05$ (*); $p < 0.01$ (); $p < 0.001$ (*); $p \geq 0.05$ (n.s.).



A baixa densidade básica da madeira de paricá constitui uma característica tecnológica importante, proporcionando leveza e facilidade de processamento e favorecendo sua utilização na produção de lâminas, painéis compensados, embalagens e componentes não estruturais. Por outro lado, a menor quantidade de material lenhoso por unidade de volume pode limitar determinadas aplicações que demandam elevada resistência mecânica. Dessa forma, as variações anatômicas associadas à densidade básica são relevantes para compreender o comportamento tecnológico da madeira e direcionar sua utilização para produtos compatíveis com suas propriedades.

4 CONCLUSÃO

As variações nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de paricá e guapuruvu foram mais consistentes ao longo do perfil radial, refletindo o processo de maturação cambial e desenvolvimento do xilema secundário.

O aumento da densidade no sentido medula-casca está associado ao maior comprimento das fibras, à maior espessura da parede celular e à redução da largura do lúmen.

A densidade básica da madeira de paricá foi superior à do guapuruvu, principalmente em função do maior comprimento das fibras e da maior espessura da parede celular.

A cor da madeira, as dimensões das fibras e a densidade básica foram os principais caracteres que distinguem as duas variedades neste estudo.

Os caracteres que apresentaram diferenças significativas indicam potencial variabilidade entre as variedades e sugerem a possibilidade de seleção de genótipos com características anatômicas e densidade mais adequadas à produção de produtos de maior valor agregado na indústria de base florestal.

As diferenças observadas nas dimensões das fibras e na densidade básica indicam potencial tecnológico diferenciado entre as variedades. O maior comprimento das fibras observado no paricá constitui uma característica de interesse para produtos fibrosos, como celulose e papel, enquanto a maior densidade básica e a maior espessura das paredes celulares são atributos relevantes para produtos à base de madeira reconstituída e laminada, incluindo painéis LVL. Entretanto, a definição da aptidão de cada variedade para usos específicos requer avaliações complementares das propriedades físicas, mecânicas, químicas e de processamento da madeira.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES, à Tramontina do Brasil, à Fazenda Agroecológica São Roque, pela disponibilização das amostras de madeira, e à Dra. Iracema, pela intermediação do acesso ao material.

6 CONTRIBUIÇAO DOS AUTORES

Rafaely Pantoja Oliveira: Investigação, metodologia, análises laboratoriais, curadoria de dados, análise formal, visualização, redação e elaboração do manuscrito original; Ana Kelly de Sousa Silva: Revisão e edição do texto; Juliana Livian Lima de Abreu dos Santos: Apoio técnico e esclarecimento de dúvidas durante as análises laboratoriais; Erick Phelipe Amorim: Análise multivariada, visualização, escrita, revisão e edição do manuscrito; Gracialda Costa Ferreira: Supervisão, orientação científica e revisão do manuscrito; Vanessa Mayara Souza Pamplona: Análise estatística, interpretação dos resultados e revisão do texto; Iracema Maria Castro Coimbra Cordeiro: Articulação institucional e viabilização do acesso aos plantios de paricá e guapuruvu; Marcela Gomes da Silva: Orientação científica, supervisão e direcionamento metodológico da pesquisa.

7 CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflitos de interesse relacionados à publicação do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alzate BA. 2009. Estrutura anatômica da madeira de clones de Eucalyptus. Revista Investigaciones Aplicadas (5): 1-14.

Aref IM, Khan PR, Al-Mefarrej H, Al-Shahrani T, Ismail A, Iqbal M. 2014. Cambial periodicity and wood production in *Acacia ehrenbergiana* Hayne growing on dry sites of Saudi Arabia. Journal of Environmental Biology 35(2): 301-310.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013. NBR 11941 Madeira – Determinação da densidade básica da madeira. 6 p.

Bailey IW. 1923. The cambium and its derivative tissues. IV. The increase in girth of the cambium. 1923. American Journal of Botany 10(9): 499-509.

Barbosa JC, Maldorado Júnior W. 2015. Experimentação Agronômica & AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda. 396 p.

Barneby RC. 1996. Neotropical Fabales at NY: asides and oversights. Brittonia 48(2): 174-187.

Bianche JJ, Carneiro ACO, Vital BR, Pereira FA, Santos RC, Saratto DN. 2012. Propriedades de painéis aglomerados fabricados com partículas de *Eucalyptus urophylla*, *Schizolobium amazonicum* e *sida* spp. Revista Cerne 8(4):623-630.

Bortoletto-Júnior G, Belini U. 2002. Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake) proveniente de um plantio misto de espécies nativas. Cerne 8(2): 1-16.

Coradin VTR, Muñiz GIB. 1992. Normas para procedimento em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae. Brasília: IBAMA, DIRPED, LPF (Série Técnica, 15). 19 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA. 355 p.

Firmino AV, Vidaurre GB, Oliveira JTS, Guedes M, Almeida MNF, Silva JGM, Latorraca JVF, Zanuncio JC. 2019. Wood properties of Carapa guianensis from floodplain and upland forests in Eastern Amazonia, Brazil. Scientific Reports 9(10641): 1-9.

Gatto DA, Haselein CR, Buligon EA, Calegari L, Stangerlin DM, Oliveira LS. 2010. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto de Carya illinoinensis (Wangenh.) K. Koch por meio de parâmetros anatômicos da madeira. Ciência Florestal 20(4): 675-682.

Gasson P, Trafford C, Matthews B. 2003. Wood anatomy of Caesalpinioideae. In: Klitgaard, B. B.; Bruneau, A. (Eds.). Advances in Legume Systematics, part 10, Higher Level Systematics. Kew: Royal Botanic Gardens. p. 63-93.

INMET - Instituto Nacional de Metrologia. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso em: 08 jan. 2020.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais. 2025. Dados meteorológicos do ano de 2025. Disponível em: https://www.climatempo.com.br/climatologia/1203/moju-pa?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 12 maio. 2026.

Jelonek T, Klimek K, Naskrent B, Tomczak A, Grzywinski W, Kopaczyk J, Szwed T, Grabowski, G, Szaban, J. 2024. How the Spruce Ageing Process Affects Wood. Forests 15(10): 1-15.

Longui EL, Oliveira IR, Graebner RC, Freitas MLM, Florscheim SMB, Garcia JN. 2017. Relationships among wood anatomy, hydraulic conductivity, density and shear parallel to the grain in the wood of 24-year-old *Handroanthus vellosoi* (Bignoniaceae). Rodriguesia 68(4): 1217-1224.

Marcati CR, Milanez CRD, Machado SR. 2008. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae). Trees - Structure and Function 22(1):3-12.

Melo LEL, Vasconcellos TJ, Siviero MA, Callado CH, Barbosa ACMC, Mori FA. 2020. Axial variation in the cambium anatomy of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. Holzforschung 1(10): 905-915.

Melo RR. 2012. Avaliação de variáveis tecnológicas na produção de painéis LVL confeccionados com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.

Melo LEL. 2017. Caracterização do câmbio e do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby de plantação em clareira da Amazônia. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Narita DK, Nakashima GT, Róz AL, Pires AAF, Yamaji F.M. 2018. Uso do guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) para fins energéticos. Ciência Florestal 28(2): 758-764.

Nisgoski S, Muniz GIB, Trianoski R, Matos JLM, Venson I. 2012. Características anatômicas da madeira e índices de resistência do papel de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake proveniente de plantio experimental. Scientia Forestalis 40(94): 203-211.

Pernía NE, Melandri JL. 2006. Wood anatomy of the tribe Caesalpinieae (Leguminosae, Caesalpinioideae) in Venezuela. IAWA Journal 27(1): 99-114.

Pires IP, Marcati CR. 2005. Anatomia e uso da madeira de duas variedades de *Sclerolobium paniculatum* Vog. do sul do Maranhão, Brasil. Acta Botanica Brasilica 19(4): 669-678.

Plomion C, Leprovost G, Stokes A. 2001. Wood formation in trees. Plant Physiology 127(1): 1513-1523.

Quilhó T, Miranda I, Pereira, H. 2006. Within-tree variation in wood fibre biometry and basic density of the urograndis Eucalypt hybrid (*Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*). IAWA Journal 27(3): 243-254.

R CORE TEAM. 2019. R: A language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing.

Ramalho PE. 2007. Paricá: *Schizolobium amazonicum*. Colombo: Embrapa Florestas. (Circular Técnica 142). 8 p.

Ruy OF. 1998. Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Rocha FT, Florsheim SMB, Couto HTZ. 2004. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. Revista do Instituto Florestal 16(1): 43-55.

Serpa PN, Vital BR, Della Lucia RM, Pimenta AS. 2003. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. Árvore 27(5): 723-33.

Sette-Junior CR, Oliveira IR, Tomazello-Filho M, Yamaji FM, Laclau JP. 2012. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. Revista Árvore 36(6): 1183-1190.

Silva CBRDA, Santos Júnior JA, Araújo AJC, Sales A, Siviero MA, Andrade FWC, Castro JP, Latorraca JVF, Melo LEL. 2019. Properties of juvenile wood of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) under different cropping systems. Agroforestry System 94: 583-595.

Silva JC, Tomazello-Filho M, Oliveira JTS, Castro VR. 2007. Influência de idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. Árvore 31(6): 1081-1090.

Silva MG, Mori FA, Ferreira GC, Ribeiro AO, Carvalho AG, Barbosa ACMC. 2016. Estudo anatômico e físico da madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* proveniente de povoamentos nativos da Amazônia Oriental. Scientia Forestalis 44(110): 293-301.

Silva CBR, Santos-Junior JA, Araújo AJC, Sales A, Siviero MA, Andrade FWC, Castro JP, Latorraca, JVF, Melo LEL. 2020. Agroforestry systems 94(1): 583-595.

Silveira R, Silva GF, Binoti DHB, Manhães LP, Gonçalves AFA, Aragão MA. 2017. Custos da produção de madeira de paricá na região de Paragominas, PA. Pesquisa Florestal Brasileira 37 (92): 597-604.

Schuldt B, Leuschner C, Brock N, Horna V. 2013. Changes in wood density, wood anatomy and hydraulic properties of the xylem along the root-to-shoot flow path in tropical rainforest trees. *Tree Physiology* 33(2): 161-174.

Shimoyama VVRS. 1990. Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Souza DB, Carvalho GS, Ramos EJA. 2005. Paricá, *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. Manaus: Rede de sementes da Amazônia. (Informativo técnico 13). 2 p.

Souza CR, Rossi LMB, Azevedo CP, Vieira AH. 2003. Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. (Circular Técnica 18). 12 p.

Turchetto-Zolet AC, Cruz F, Vendramin G, Simon MF, Salgueiro F, Margis R, Margis-Pinheiro, M. 2012. Large-scale phylogeography of the disjunct neotropical tree species *Schizolobium parahyba* (Fabaceae-Caesalpinioideae). Molecular Phylogenetics and Evolution 65(1): 174-182.

Trianoski R, Iwakiri S, Matos LM, Prata JG. 2011. Avaliação de espécies alternativas de rápido crescimento para produção de painéis de madeira aglomerada de três camadas. Scientia Forestalis 39(89): 97-104.

Urbinati CV, Azevedo AA, Silva EAM, Lisboa, PLB. 2003. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorenses* A. Chev., Combretaceae. Acta Botanica Brasileira 17 (3): 421-337.

Urbinati CV. 2013. Influência das características anatômicas em juntas coladas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby (Paricá). Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Vidaurre GB, Vital BR, Colodette JL, Oliveira AC, Silva GM, Moulin JC, Soranso DR. 2018a. Anatomical and chemical properties of juvenile *Schizolobium amazonicum* wood. Revista Árvore 4 (3): 420301.

Vidaurre GB, Vital BR, Oliveira AC, Oliveira JTS, Moulin JC, Silva JGM, Soranso DR. 2018b. Physical and mechanical properties of juvenile *Schizolobium Amazonicum* wood. Revista Árvore 42(1): 420101.

Zanon BR, Longui EL, Florsheim SMB, Lima IL. 2008. Variação radial da densidade básica e dimensões celulares de *Croton floribundus* Spreng. na Serra da Cantareira, SP. IF Série Registros (36): 25-29.

Zhao X. 2016. Spatial variation of vessel grouping in the xylem of *Betula platyphylla* Roth. Journal Plant Research 129(1): 29-37.