

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Caracterização tecnológica da madeira de *Schizolobium amazonicum* Huber
ex Ducke de florestas plantadas no estado de Rondônia**

Karina Soares Modes

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências,
Programa: Recursos Florestais. Opção em: Tecnologia de Produtos
Florestais

**Piracicaba
2015**

Karina Soares Modes
Engenheira Florestal

Caracterização tecnológica da madeira de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke de florestas plantadas no Estado de Rondônia

Orientador:
Prof. Dr. **GERALDO BORTOLETTO JÚNIOR**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências,
Programa: Recursos Florestais. Opção em: Tecnologia de Produtos
Florestais

Piracicaba
2015

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelos diversos “acazos” e pessoas generosas que cruzaram meu caminho no decorrer do doutorado, permitindo a conclusão desta pesquisa, em meio às dificuldades.

À Universidade de São Paulo, campus “Luiz de Queiroz” pela oportunidade de aprendizado e qualificação.

Às pessoas que foram meus pilares nesses anos: Minha mãe, minhas irmãs e meu esposo por todo o amor e encorajamento.

Ao meu querido Magnos, pela dedicação e companheirismo desde a época da Graduação.

Ao professor Geraldo Bortoletto Junior pelo voto de confiança, por todo o conhecimento repassado, orientação e amizade.

Aos técnicos de laboratório Alex Canale (Laboratório de Laminação e Painéis de madeira) e Maria Bermudez (Laboratório de Identificação e Anatomia da madeira) pela gentileza de sempre e qualidade no serviço prestado.

Ao professor Mario Tommasiello Filho por oportunizar os procedimentos para caracterização anatômica e pela contribuição na definição da metodologia, ao professor Francides Gomes da Silva Júnior e à Engenheira Florestal Camila Sarto por oportunizar a análise da composição química do material.

Às colegas de laboratório Paula Surdi, Saly Takeshita e Flávia Brito pelo breve, embora sempre muito feliz e agradável convívio.

À Engenheira Florestal Lourdes Maria Hilgert Santos pelo auxílio na execução da etapa de trabalho a campo.

Aos Chefes do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Rondônia pela compreensão nas solicitações de liberação para o cumprimento das atividades, em especial ao colega Edner Baumhardt, sem o qual esta etapa não teria tido início.

Aos proprietários e funcionários da Laminadora Lano da Amazônia, em especial ao Engenheiro Florestal Vinícius Leite Lopes pela parceria no desenvolvimento desta pesquisa.

À Serraria Gheller e à Fábrica de Móveis Cascavel por disponibilizar os equipamentos e funcionários para o desdobro das toras e confecção de corpos de prova.

A todos aqueles que torceram.

O meu muito obrigado!

SUMÁRIO

ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
1.2 Revisão bibliográfica	14
1.2.1 Aspectos silviculturais da espécie <i>Schizolobium amazonicum</i> (Huber) ex Ducke.....	14
1.2.2 Usos potenciais da madeira da espécie <i>Schizolobium amazonicum</i> (Huber) ex Ducke ..	16
1.2.3 Qualidade da madeira: influência do local de crescimento	18
Referências	21
2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA DA MADEIRA DE <i>Schizolobium amazonicum</i> AOS 14 ANOS PROVENIENTE DE PLANTIOS DO ESTADO DE RONDÔNIA	25
Resumo	25
Abstract.....	25
2.1 Introdução.....	26
2.2 Material e Métodos	29
2.2.1 Caracterização dos plantios, coleta e preparo do material.....	29
2.2.2 Morfologia de vasos e fibras	31
2.2.3 Caracterização química da madeira.....	33
2.2.4 Análise estatística	36
2.3 Resultados e discussão	36
2.3.1 Caracterização físico-química do solo.....	36
2.3.2 Caracterização morfológica.....	38
2.3.2.1 Morfologia de fibras da madeira de <i>Schizolobium amazonicum</i>	39
2.3.2.1.1 Coeficientes indicativos de qualidade da madeira.....	45
2.3.2.2 Morfologia de vasos da madeira de <i>Schizolobium amazonicum</i>	46
2.3.3 Composição química da madeira de <i>Schizolobium amazonicum</i>	51
2.4 Conclusões.....	56
Referências	58
3 PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA MADEIRA SÓLIDA DE <i>Schizolobium amazonicum</i> AOS 14 ANOS	63

Resumo.....	63
Abstract	63
3.1 Introdução	64
3.2 Material e Métodos	66
3.2.1 Avaliação da densidade básica da madeira	66
3.2.2 Avaliação da massa específica aparente	67
3.2.3 Avaliação das propriedades mecânicas da madeira sólida.....	68
3.2.4 Análise estatística.....	69
3.3 Resultados e discussão	69
3.3.1 Densidade básica.....	69
3.3.2 Massa específica aparente	71
3.3.3 Propriedades mecânicas da madeira sólida de <i>Schizolobium amazonicum</i>	74
3.4 Conclusões	77
Referências.....	78
4 RENDIMENTO NA LAMINAÇÃO DA MADEIRA DE <i>Schizolobium amazonicum</i> E PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE PAINÉIS COMPENSADOS COM MADEIRA DE PROVENIÊNCIA DISTINTA.....	81
Resumo.....	81
Abstract	81
4.1 Introdução	82
4.2 Material e Métodos	84
4.2.1 Seleção e preparo do material	84
4.2.2 Processo de laminação das toras	84
4.2.3 Determinação do rendimento em laminação.....	85
4.2.4 Confecção de painéis compensados	88
4.3 Resultados e Discussão	90
4.3.1 Rendimento em laminação.....	90
4.3.2 Propriedades do compensado da madeira de <i>S. amazonicum</i>	92
4.3.2.1 Propriedades físicas.....	92
4.3.2.2 Propriedades Mecânicas.....	95
4.4 Conclusões	98
Referências.....	98
5 CONCLUSÕES GERAIS	103
ANEXOS	105

RESUMO

Caracterização tecnológica da madeira de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke de florestas plantadas no estado de Rondônia

O presente estudo teve por objetivo determinar as propriedades tecnológicas da madeira de paricá, obtida de árvores de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke aos 14 anos provenientes de duas diferentes áreas de florestas plantadas no estado de Rondônia. Foi amostrado a campo um total de oito árvores, sendo quatro de cada um dos plantios, nos municípios de Rolim de Moura e Parecis. De cada árvore foram obtidas duas toras subsequentes com comprimento de 2,0 m, definidas após a extração de discos removidos ao longo de três posições longitudinais, que foram empregados na determinação da variação radial das características de fibras e vasos e composição química da madeira, e na variação longitudinal da densidade básica e na massa específica aparente, esta última por meio da densitometria de raios x. Da primeira tora foi determinado o rendimento em laminação e das lâminas geradas, produzidos painéis compensados que foram avaliados quanto ao desempenho físico-mecânico. Da segunda tora amostrada, foram confeccionados corpos de prova das porções próximas à medula e casca para a caracterização mecânica da madeira sólida. Os resultados obtidos mostraram que tanto o comprimento das fibras como a espessura de parede celular tenderam a um aumento gradativo, com estabilização na posição a 75% do raio em ambos os plantios amostrados. Ao longo da distância radial a madeira proveniente da área de solo de textura argilosa (Rolim de Moura) tendeu sempre a apresentar valores mais elevados de diâmetro de vasos e área ocupada em relação à madeira da área de solo de textura média e de maior compactação (Parecis), resultando em efeito da proveniência. O teor de cinzas diferiu-se entre as duas áreas, sendo maior na madeira proveniente de Parecis. A densidade básica e massa específica aparente não sofreram influência da proveniência, e mostraram tendência de redução ao longo da porção longitudinal avaliada. Houve influência somente da posição radial nas propriedades mecânicas da madeira, com a maior diferença para o MOE em flexão estática. O rendimento efetivo da laminação das toras foi próximo de 72%, e as propriedades mecânicas dos painéis compensados produzidos tornam os mesmos aptos para aplicação estrutural e naval, segundo normatização relativa a este tipo de produto. Tomando-se por base a variação radial dos parâmetros de comprimento e espessura de parede das fibras, já se observa a presença de madeira adulta no *S. amazonicum* aos 14 anos nas condições de crescimento avaliadas. Embora os coeficientes indicativos de qualidade das fibras comprovem o potencial da espécie na produção de polpa e papel na idade considerada, o elevado teor de extrativos deve ser considerado nos programas de melhoramento genético. Com exceção da resistência ao cisalhamento, a madeira de paricá aos 14 anos apresentou um incremento nos valores de propriedades mecânicas em relação a outros estudos com esta espécie, principalmente no que se refere à rigidez de sua madeira ao esforço de flexão estática. O rendimento encontrado na laminação e as propriedades dos painéis confirmam a aptidão da espécie na manufatura de compensados.

Palavras-chave: Paricá; Laminação; Propriedades mecânicas; Propriedades anatômicas; Propriedades químicas

ABSTRACT

Technological characterization of *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke wood from planted forests in the state of Rondônia

This research aimed to determine the technological properties of the paricá wood obtained from *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke trees at age 14 from two different areas of planted forests in Rondônia, Brasil. It was sampled in field a total of eight trees, being four of each one of the plantations in the cities of Rolim de Moura and Parecis. Two subsequent logs with a length of 2.0 m were obtained from each tree defined after the extraction of the disks removed along of three longitudinal positions, which were used for determining the radial variation characteristics of the fibers and vessels and chemical composition of the wood, in the longitudinal variation of the basic density and in the apparent specific mass, being this one by an x-ray densitometry. The first log was determined the yield generated in the peeling process and veneers, producing plywood panels that were evaluated for physical and mechanical performance. From the second log sampled, test pieces of the portions near the cord and bark were made for the mechanical characterization of the solid wood. The obtained results show that both the length of the fiber as the cell wall thickness tended to a gradual increase with stabilization at 75% from the radius in both sampled plantations. Along the radial distance, the wood from the clay ground area (Rolim de Moura) has always tended to show higher values of diameter of vessels and occupied area in relation to the wood ground area of medium texture and higher compaction (Parecis), resulting in effect of the origin. The ash content was granted in two areas, being higher in the wood from Parecis. The density and specific gravity were not affected by the origin of wood, and tended to decrease along the longitudinal portion. There was only influence of the radial position on the mechanical properties of wood, only, with the biggest difference for the MOE in bending. The actual yield of the logs lamination was around 72%, and the mechanical properties of plywood produced make them them suitable for structural and marine applications, according to standardization concerning this type of product. Based on the radial variation of the parameters of length and wall thickness of the fibers, it is observed the presence of mature wood in *S. amazonicum* at age 14 in the evaluated growing conditions. Though the indicative coefficients of the quality of the fibers demonstrate the potential of the species in the production of pulp and paper at the age considered, the high content of extractives should be considered in breeding programs. Except for the shear strength wood paricá at age 14 showed an increase in the values of mechanical properties relative to other studies of this species, particularly in regard to the rigidity of its wood to bending stress. The yield found in the lamination and properties of panels confirm the suitability of the species in the manufacturing of plywood.

Keywords: Paricá; Peeling process; Mechanical properties; Anatomical properties; Chemical properties

1 INTRODUÇÃO

O intenso fluxo migratório motivado pela colonização do território do Estado de Rondônia, a partir da década de 60, foi acompanhado do incentivo ao desmatamento e à queimada, sem que fosse conduzida uma análise prévia do potencial do solo em sustentar atividades agrícolas, resultando muitas vezes no abandono de grandes áreas e consequente degradação pelos processos naturais decorrentes da remoção da cobertura vegetal, agravado nos dias de hoje pela pecuária.

Aliado a este fato, a exploração intensiva das florestas remanescentes seja para a implantação de áreas de pastagens como para a extração de espécies madeireiras de valor comercial, conduziu a um empobrecimento das matas e aumento da distância dessas fontes aos centros consumidores e de processamento. Schmidt et al. (2015) ao avaliarem o impacto causado pela colonização sobre a cobertura do solo, entre 1985 e 2011, na Zona da Mata Rondoniense (ZMR), utilizando imagens do satélite Landsat 5, verificaram que o município de Rolim de Moura apresentou a maior porcentagem de desmatamento das áreas de floresta, campo e cerrado (81,6 %).

A implantação de reflorestamentos com espécies pioneiras típicas da região Amazônica e exóticas visa, além de diminuir o consumo de matéria prima oriunda de formações florestais naturais, e consequentemente as distâncias de transporte e custos de exploração, promover uma valorização econômica de propriedades com a substituição de pastagens de baixo rendimento por essências florestais de grande procura no mercado local e regional. Nesse sentido, de acordo com Costa et al. (1998), as indústrias madeireiras estão investindo em plantios homogêneos ou consorciados de espécies de rápido crescimento e elevado valor comercial em áreas alteradas por ações antrópicas, pretendendo assim manter a sua produção com madeiras oriundas de florestas plantadas.

Diante desse contexto e da pressão mundial visando à preservação da Floresta Amazônica, destaca-se, segundo Terezo (2010), a espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke que vem se mostrando uma alternativa economicamente viável para implantação de florestas, dentre as espécies nativas de rápido crescimento na região norte.

Esta espécie, dentre outras, vem sendo utilizada na reposição florestal, como uma opção de utilização da terra, nos mais diversos tipos de experiências silviculturais, a fim de recuperar áreas alteradas pela agricultura e pecuária, e para suprir a demanda atual de madeira pela indústria de painéis compensados. De acordo com Marques et al. (2006) a crescente demanda industrial por madeira para produção de lâminas e compensados, vem promovendo a

incessante busca de conhecimentos sobre o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) para aquelas e outras finalidades.

Segundo a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (2014), no ano de 2014, foi liberado para comercialização no estado de Rondônia um volume de toras equivalente a 31.440,04 m³ da espécie *Schizolobium amazonicum*, com os maiores volumes de plantios nos municípios de Santa Luzia D'Oeste e Rolim de Moura.

Rosa (2006a), em sua pesquisa sobre a ecologia e silvicultura do paricá, faz referência ao Projeto RADAMBRASIL citado por Corrêia (1985), em que foi analisado os estoques naturais em diferentes tipologias florestais nas regiões de Juruá (AM), Manaus (AM), Porto Velho (RO) e Purus (AM). Dados do Projeto RADAMBRASIL, citados nos trabalhos de Rosa (2006) e de Corrêia (1985), permitiram identificar que dentre as regiões analisadas, o maior estoque natural da espécie *Schizolobium amazonicum* (m³/ha) ocorria em Rondônia, nas áreas de floresta densa e floresta aberta, com uma participação de 2,477 m³/ha do total de 3,975 m³/ha contabilizado.

Segundo Rigatto (2004) um dos maiores problemas enfrentados pela maioria das empresas florestais é a falta de informações fidedignas sobre o potencial do solo em produzir madeira já que, de acordo com Kageyama e Castro (1989) citados pela referida autora, devido à interação espécie-ambiente, as espécies podem apresentar comportamentos contrastantes quando plantadas em ambientes distintos e os resultados observados em um determinado ambiente podem não ser extrapolados para outros.

Ohashi et al. (2010) também mencionam que as populações de diferentes origens geográficas apresentam diferenças genéticas que surgiram como resultado da adaptação às condições ambientais locais em que vivem e, deste modo, é de se esperar que populações de diferentes origens e condições ecológicas apresentem diferenças adaptativas e morfológicas.

Para a espécie *Schizolobium parahyba* var *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby, Ohashi et al. (2010) observaram variabilidade genética entre procedências dos estados do Pará, Mato Grosso, Acre e Rondônia quanto aos caracteres sobrevivência, altura e DAP, em estudo conduzido com árvores de paricá aos 3 anos, observando ainda correlação negativa significativa entre a latitude e a variável altura.

Diante desse contexto, o presente trabalho visa contribuir com o conhecimento das características tecnológicas da madeira da espécie *Schizolobium amazonicum* em crescimento nos demais estados da região amazônica, como o Estado de Rondônia, onde não se verificam evidências de estudo quanto à qualidade da madeira que vem sendo produzida sob influência de suas peculiaridades de clima e solo.

A tese encontra-se dividida em quatro capítulos. O primeiro contempla uma introdução geral, a revisão bibliográfica envolvendo a espécie *S. amazonicum* e a temática do estudo. O segundo aborda a caracterização morfológica e química da madeira de *Schizolobium amazonicum*. O terceiro trata do estudo das propriedades físico-mecânicas da madeira sólida da referida espécie. Por fim, o quarto trata da avaliação do rendimento na laminação da madeira de *Schizolobium amazonicum* e das propriedades físico-mecânicas dos painéis compensados produzidos.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo geral

Determinar as propriedades tecnológicas da madeira de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke aos 14 anos proveniente de duas diferentes áreas de florestas plantadas no Estado de Rondônia.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar a variação radial das características de fibras e vasos e a composição química da madeira;
- Caracterizar a espécie quanto à variação longitudinal da densidade básica e massa específica aparente por densitometria de raios X;
- Caracterizar a madeira sólida quanto a variação radial da resistência mecânica;
- Determinar o rendimento das toras para produção de lâminas em torno desfolhador do tipo tracionado;
- Avaliar o desempenho físico-mecânico de painéis compensados confeccionados com a madeira de *Schizolobium amazonicum*.

1.2 Revisão bibliográfica

1.2.1 Aspectos silviculturais da espécie *Schizolobium amazonicum* (Huber) ex Ducke

Segundo Reis e Paludzyszyn Filho (2011) *Schizolobium amazonicum* é uma espécie pertencente à família Caesalpiniaceae, com ocorrência natural na Bolívia, Colômbia, Costa Rica, Equador, Honduras e Peru, sendo que no Brasil tem sua ocorrência registrada nos estados do Acre, Amazonas, Mato Grosso, Pará e Rondônia. De acordo com Braga et al. (2008) a espécie é conhecida por diversos nomes vulgares de acordo com as regiões de ocorrência, e entre os mais comuns estão pinho cuiabano e paricá.

De acordo com Rosa (2006b) o *Schizolobium amazonicum* tem uma ampla área de ocorrência natural na Região Amazônica, em formações do tipo floresta densa e floresta aberta, em florestas primárias e secundárias de terra firme e de várzea alta, com predominância de solos argilosos, onde apresenta comportamento característico de espécie pioneira, com boa capacidade de rebrota e de regeneração natural. Paixão (2014), ao realizar a análise de tronco completa de árvores de *Schizolobium amazonicum* aos 5,0 anos, provenientes de um plantio comercial no município de Rolim de Moura – RO, constatou um rápido crescimento inicial para esta espécie, alcançando 6,0 metros de altura e 6,6 cm de diâmetro no primeiro ano, e uma média de 20 metros de altura, 15,1 cm de DAP e IMA de 0,0363 m³/ árv./ ano no quinto ano, cujas características reforçam o fato desta espécie ser considerada como pioneira ou secundária inicial.

Para Souza et al. (2003) o gênero *Schizolobium* possui uma única espécie, sendo esta *S. parahyba*, da qual derivam as variedades *amazonicum* (Hub.) Ducke e *parahyba* (Vell.) Blake, as quais, por serem muito semelhantes, foram consideradas por um longo tempo como sendo uma só. Segundo o mesmo autor, as variedades se diferenciam quanto à área de dispersão, sendo que no Brasil a espécie *S. parahyba* var. *parahyba* ocorre na Mata Atlântica, desde a Bahia até o norte do Rio Grande do Sul e a espécie *S. parahyba* var. *amazonicum* tem sua ocorrência restrita à Bacia Amazônica. Adicionalmente, segundo Carvalho (2007), *S. amazonicum* distingue-se de *S. parahyba* por florescer sem folhas, pelas flores e frutos duas vezes menores, bem como pelas pétalas oblongas, mais firmes e glabras e pelos pedicelos articulados.

Além das referidas distinções, Carvalho (2005) encontrou diferenças entre plantas jovens das duas espécies frente ao déficit hídrico, com o surgimento do mecanismo de

osmorregulação na espécie *S. amazonicum*, que se reflete na maior tolerância a períodos de deficiência hídrica por parte desta espécie em relação a *S. parahyba*.

Com base na área natural de ocorrência do paricá na Amazônia brasileira, pode-se inferir sua preferência pelos tipos climáticos, segundo a classificação Koeppen, Aw (clima tropical com temperatura média mensal superior a 18°C, com período chuvoso e seco bem definido, apresentando um total pluviométrico menor que 60 mm nos meses mais secos) e Am (clima tropical, intermediário entre o Af e Aw, com temperatura média mensal superior a 18°C, sem um período seco bem definido) (ROSA, 2006a). Para a ABIMCI (2015) as melhores condições de crescimento e sobrevivência dos plantios de paricá ocorrem em condições de clima quente e com alta umidade, como os típicos da Região Norte, com precipitação elevada e sem muitas variações de clima.

Fazendo menção às características botânicas, Rosa (2006a) destaca que a floração, em geral, ocorre no período de maio a julho, e a frutificação de agosto a setembro por meio de um legume coriáceo, de coloração amarronzada quando maduro, que abriga uma única semente com comprimento e largura média de 2,20cm e 1,28cm, respectivamente; as folhas são alternas, compostas e bipinadas, e a medida que ocorre o desenvolvimento da árvore, a casca lisa, fina e de coloração esverdeada torna-se recoberta de manchas esbranquiçadas, e o tronco apresenta sapopemas na fase adulta.

De acordo com Carneiro (2012) os primeiros plantios de *Schizolobium amazonicum* em escala comercial iniciaram-se no final de 1993, no município de Dom Eliseu, Estado do Pará e, segundo Locatelli et al. (2007), a espécie vem sendo muito utilizada nos programas de reflorestamento do Estado de Rondônia, por ser de crescimento rápido, com produtividade média anual situando-se conforme Iwakiri et al. (2010), na faixa de 20 a 30 m³/ha/ano, algo semelhante ao crescimento das espécies do gênero *Pinus*, porém, superior ao da teca (*Tectona grandis*). Cordeiro (2007) afirma que o *Schizolobium amazonicum* possui bom desempenho, tanto em formações homogêneas quanto consorciadas, no reflorestamento e recuperação de áreas degradadas.

De acordo com o Anuário da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2013), em 2012, o plantio de *Schizolobium amazonicum* representou 16,9% da área total ocupada por plantios florestais de espécies não convencionais, ficando atrás apenas da área com plantios de Seringueira e Acácia. De acordo com a ABIMCI (2015) é a espécie florestal nativa mais cultivada no País, gerando emprego e renda através do seu plantio e atraindo também pequenos produtores, que conseguem um resultado econômico muitas vezes maior, se comparado às outras atividades agrícolas tradicionais.

1.2.2 Usos potenciais da madeira da espécie *Schizolobium amazonicum* (Huber) ex Ducke

Vidaurre (2010) cita que, na Região Norte do País, o cultivo do *Schizolobium amazonicum* vem ocorrendo em escala comercial para abastecimento da indústria de painéis compensados, em virtude da espécie se destacar pelo rápido crescimento, de possuir fuste reto, o qual aumenta o rendimento em lâminas, e em função da baixa densidade da sua madeira, a qual favorece a laminação sem cozimento prévio, fato que contribui para a redução dos custos no processo. AMATA (2009), também, destaca o excelente desenvolvimento da referida espécie em plantios comerciais e ressalta outras características importantes que possui, tais como a desrama natural e a produção de madeira de cor clara, homogênea e sem nós.

Segundo Vidaurre et al. (2006), além da redução nos custos de produção do compensado, em decorrência das características da madeira de *Schizolobium amazonicum*, as despesas com colheita e transporte são reduzidas, devido a tratar-se de madeira de reflorestamentos e os mesmos encontrarem-se relativamente próximos às indústrias de processamento. Esses fatos permitem às tais indústrias lançarem seu produto (compensado) no mercado externo e interno a um custo reduzido se comparadas a outras que utilizam espécies provenientes de florestas nativas.

Amstalden et al. (2013), investigando a viabilidade técnica da produção de painéis de partículas a partir de resíduos de madeira de *Schizolobium amazonicum*, colados com resina poliuretana à base de óleo de mamona, obtiveram resultados excelentes de propriedades físico-mecânicas, em alguns casos com valores muito superiores aos estipulados por normas internacionais, comprovando o grande potencial a ser explorado na referida área. Naumann et al. (2008), avaliaram as propriedades de chapas aglomeradas fabricadas com misturas de partículas de madeiras de *Schizolobium amazonicum* e de *Eucalyptus urophylla* e observaram que, de modo geral, o aumento na porcentagem do primeiro tipo de madeira, aliado ao aumento da taxa de compactação, melhorou a estabilidade dimensional e elevou os valores das resistências à flexão estática, ao arrancamento de parafuso e à tração perpendicular das chapas. Face aos resultados obtidos, os autores argumentaram que a madeira de *Schizolobium amazonicum* é promissora, em função da sua baixa massa específica, o que permite o ajuste de sua mistura a madeiras de outras espécies de maior massa específica, resultando em chapas de propriedades superiores.

O potencial energético da madeira e do carvão de *Schizolobium amazonicum* foi alvo de estudo de Vidaurre et al. (2012), os quais encontraram um valor de poder calorífico

comparável ao registrado na literatura para a madeira de eucalipto, tradicionalmente empregada para fins energéticos, além da produção de carvão com boas características, e mencionam que a baixa densidade da madeira de *S. amazonicum* pode ser contornada com o seu emprego na composição de briquetes.

Iwakiri et al. (2010) avaliaram o emprego de lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum* na composição de painéis do tipo LVL (*Laminated Veneer Lumber*) e concluíram que, apesar da baixa massa específica da madeira original, os resultados obtidos confirmaram a viabilidade técnica do uso da madeira estudada para a finalidade avaliada, uma vez que todos os resultados de resistência da linha de cola após fervura atenderam ao requisito mínimo da Norma Européia EN 314-2 (1993) e os resultados de MOE e MOR dos painéis fabricados apenas com a madeira de *Schizolobium amazonicum* foram similares ao de painéis produzidos com miolo da referida espécie e capa e contra-capa da madeira de *Pinus taeda*, de massa específica superior.

De acordo com Urbinati (2013), além da utilização na produção de compensados, o qual é bem aceito nos mercados nacional e internacional, a madeira de *Schizolobium amazonicum*, também, tem servido como matéria-prima parcial para fabricação de MDF (*Medium Density Fiberboard*). Ribeiro (2015), ao avaliar as propriedades tecnológicas de painéis MDF manufacturados com misturas de madeiras de *Schizolobiumamazonicum* Huber exDucke e de resíduos de espécies nativas da Amazônia, concluiu que os painéis avaliados atenderam aos valores requeridos pela norma NBR 15316-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS -ABNT, 2009), para MDF utilizado na fabricação de móveis de uso interior, com exceção dos valores de ligação interna, os quais se mostraram aquém.

Ferro et al. (2015), ao avaliarem a viabilidade técnica de produção de painéis OSB (*Oriented Strand Board*) com partículas de madeira de *Schizolobium amazonicum* e três teores de resina poliuretana à base de óleo de mamona, obtiveram excelentes propriedades mecânicas dos mesmos, os quais teriam plenas condições de aplicação em diversos segmentos da construção civil. Os referidos autores encontraram valores médios para as propriedades MOE e MOR na direção paralela com superioridade em até 26 e 12%, respectivamente, ao estipulado pela norma europeia EN 300:2006 (EN, 2006) para painéis OSB do tipo 4 (painéis especiais para fins estruturais utilizados em ambientes úmidos); para as mesmas propriedades no ensaio perpendicular, encontraram um MOE superior em até 24% ao valor mínimo necessário para painéis OSB do tipo 2 e 3 (finalidades estruturais) e no tocante ao MOR, os valores médios obtidos foram superiores em até 27% ao necessário para painéis OSB do tipo 4.

Almeida et al. (2011) em estudo experimental de vigas estruturais de MLC, utilizando três lamelas da madeira de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb) coladas com o adesivo fenol-resorcinol, verificaram para as vigas produzidas valores superiores em 9,95% e 31,70% ao registrado na literatura para o mesmo produto produzido com a madeira de *Pinus taeda*, o que destaca o grande potencial da espécie *Schizolobium amazonicum* na confecção deste tipo de componente.

1.2.3 Qualidade da madeira: influência do local de crescimento

Segundo Corrêa (2007) um dos grandes problemas enfrentados atualmente pelo setor de base florestal é a falta de informação sobre o potencial dos diferentes tipos de solos utilizados em reflorestamentos para produzir madeira em quantidade e com a qualidade exigida pelos segmentos a que a madeira se destina, devendo-se, portanto, levar em consideração na instalação de plantios a interação genótipo-ambiente, responsável pelo comportamento diferenciado de uma espécie quando plantada em ambientes distintos.

A madeira formada no lenho das árvores em plantações florestais tem sua qualidade influenciada pelos fatores ambientais, dentre estes, o substrato-solo e os nutrientes minerais, sendo que o estudo da acumulação e da influência que os nutrientes minerais exercem na qualidade e quantidade de madeira é fundamental para a definição dos solos mais adequados e recomendados nos programas de reflorestamento (BELLOTE et al., 2007). Os referidos autores observaram correlações negativas entre o teor de manganês e magnésio no lenho com o crescimento das árvores, e entre os mesmos nutrientes juntamente com o cálcio, com a dimensão dos traqueídeos e a densidade do lenho de *Pinus taeda*.

Conforme Rigatto et al. (2004) os atributos do solo são fatores que podem influenciar a qualidade da polpa celulósica produzida, através de sua interferência na taxa de crescimento dos sítios florestais e, conseqüentemente, na qualidade da madeira. Com relação a este aspecto, Carvalho et al. (1999) destacam que a estrutura do solo, a consistência, a capacidade de retenção de água, a drenagem e as reações de troca entre o sistema radicular e o complexo coloidal são diretamente dependentes da textura, que pode ser considerada, individualmente, como a característica que mais influencia na capacidade produtiva dos sítios florestais.

Silva (2011) analisando a influência da produtividade sobre a qualidade da madeira proveniente de um híbrido do gênero *Eucalyptus* na produção de polpa celulósica, observou que com o aumento da produtividade do sítio (solos argilosos), houve redução da densidade básica da madeira, aumento do comprimento e do diâmetro de lume de fibras, menor

quantidade de ácidos hexenurônicos e maior viscosidade, além de melhores propriedades físico-mecânicas da polpa celulósica.

Também Rigatto et al. (2004) analisando os efeitos dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose kraft, verificaram ser possível a previsão de propriedades da polpa através da análise das características da madeira associada às condições edáficas. Os referidos autores observaram que a madeira formada em plantios em solo de textura mais argilosa, de modo geral, apresentou menor aptidão para uso na indústria de celulose, uma vez que as características relacionadas a densidade, parâmetros morfológicos de traqueídeos e composição química conduziram a um menor rendimento no processo de polpação.

Da mesma forma, Gava (2005) observou que o teor de argila do solo, foi o atributo que mais afetou a produtividade e qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* para produção de celulose, de tal modo que o rendimento de celulose depurada relacionou-se exponencialmente com o teor de argila do solo, até cerca de 35% a 40% de argila. Porém, o referido autor, ao contrário de Rigatto et al. (2004), observou que o teor de lignina total diminuiu e o de holocelulose aumentou exponencialmente com o aumento do teor de argila do solo, enquanto o teor de extrativos não foi afetado; atribuiu-se ainda à compensação entre o aumento do teor de holocelulose e a diminuição do teor de lignina total a não-variação da densidade básica da madeira nos diferentes solos.

Já Corrêa e Bellote (2011), avaliando as propriedades anatômicas da madeira sob sítios classificados quanto a acréscimos de produtividade de biomassa de madeira, concluíram que apenas as dimensões dos traqueídeos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* variaram com o sítio, mas sem um padrão de variação de acordo com os atributos químicos e físicos dos solos dos diferentes sítios.

Roque et al. (2007), estudando o lenho de árvores de *Gmelina arborea* Roxb., proveniente de plantações caracterizadas por duas condições ecológicas distintas da Costa Rica (clima tropical seco e úmido), concluíram que, em uma variação de latitude e longitude de aproximadamente 1° entre estas duas regiões, foram detectadas algumas diferenças na estrutura anatômica do lenho das árvores estudadas. As diferenças estiveram relacionadas à coloração do lenho; dimensão e distribuição dos vasos; porcentagem de vasos múltiplos, tipo de parênquima longitudinal; frequência, largura e altura do parênquima radial, modificados, provavelmente, indicando sua adaptação às condições climáticas como a precipitação média anual, disponibilidade de água no solo, a temperatura, a quantidade de horas luz, dentre outras.

Para Roque et al. (2007), as alterações na anatomia do lenho, com respeito às células importantes para o fluxo de seiva mineral (vasos) e reserva de nutrientes (parênquima), foram induzidas pelas condições ecológicas dos locais de estudo, indicando que estes são os elementos anatômicos que refletem as mudanças do ambiente.

Moya et al. (2009) ao avaliarem a variação das características anatômicas da madeira de *Tectona grandis* de plantações diferenciadas quanto a produtividade e localizadas em duas regiões de climas distintos da Costa Rica, sendo eles o clima úmido tropical e o clima seco tropical, observaram que o elemento celular vaso foi o mais afetado pela qualidade do sítio de crescimento das árvores, em que nos sítios de menor produtividade foram determinados diâmetros de vaso significativamente maiores em comparação com os observados na madeira de sítios de maior produtividade, desde o primeiro ano. Os referidos autores também observaram que as árvores que se desenvolveram em clima tropical úmido, produziram madeira com menor frequência de vasos, mas com maior porcentagem de vasos múltiplos.

Oliveira et al. (2012) ao estudarem os parâmetros anatômicos da madeira de um clone de eucalipto com 64 meses de idade cultivada em quatro regiões do Estado do Espírito Santo e duas regiões de Minas Gerais, encontraram variações significativas entre as localidades quanto ao diâmetro tangencial e a frequência vascular, altura, largura e frequência de raios e comprimento e espessura de parede celular das fibras. Os referidos autores concluíram que regiões de menor altitude e com maiores precipitações, foram as que produziram as madeiras com menores diâmetros de vaso e, conseqüentemente, maiores frequências desses elementos, bem como a formação de fibras de paredes mais delgadas.

Jesus (2004) em estudo caracterizando anatômica e fisicamente a madeira de *Schizolobium amazonicum* aos sete anos plantada em dois espaçamentos (4 x 2m e 4 x 3m) e aos nove anos em dois ambientes (capoeira e pleno aberto) no município de Aurora do Pará – PA, concluiu que o espaçamento não influenciou significativamente as características anatômicas da madeira de paricá (diâmetro dos poros; comprimento, largura e espessura da parede celular das fibras), tendo efeito somente sobre a densidade básica e a contração longitudinal. Já o ambiente causou variações significativas na parede celular das fibras, na interação das posições axial x transversal do fuste, na largura das fibras e na contração volumétrica, longitudinal e tangencial.

Referências

ALMEIDA, D.H.; SCALIANTE, R.M.; MACEDO, L.B.; MACÊDO, A.N.; CALIL JUNIOR, C. Madeira laminada colada (MLC) da espécie Paricá. **Madeira: Arquitetura e Engenharia**, São Carlos, v. 12, n. 30, p. 71-82, 2011.

AMATA. **Revisão sobre o paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. São Paulo, 2009. 106 p.

AMSTALDEN, R.A.S.; CALIL NETO, C.; VARANDA, L.D.; CHRISTOFORO, A.L.; MOLINA, J.C.; LAHR, F.A.R. Produção de aglomerados com resíduos de Paricá (*Schizolobium parayba* var. *amazonicum*). **Madeira: Arquitetura e Engenharia**, São Carlos, v. 14, n. 34, p. 1-8, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Compensados de paricá: Conceito e características de uma nova alternativa**. Curitiba, 2015. 8 p. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br/wp-content/uploads/2015/12/parica-para-site.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico 2013, ano base 2012**. Brasília, 2013. 148 p. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910>>. Acesso em: 29 jul. 2015.

BELLOTE, A.F.J.; TOMAZELLO FILHO, M.; DEDECEK, R. A. Dendronutrição como ferramenta para avaliação da produtividade e da qualidade da madeira de *Pinus taeda*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 85-95, 2007.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; CESARO, A.S.; LIMA, G.P.P.; GONÇALVES, A.N. Germinação de sementes de pinho-cuiabano sob deficiência hídrica com diferentes agentes osmóticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 157-163, 2008.

CARNEIRO, M.E. **Obtenção de nanossílica de *Equisetum arvense* L. e a sua utilização na modificação de lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby**. 2012. 137 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

CARVALHO, A.P.; MENEGOL, O.; OLIVEIRA, E.B.; MACHADO, S.A.; POTTER, R.O.; FASOLO, P.J.; FERREIRA, C.A.; BARTOSZECK, A. Efeitos de características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 51-66, 1999.

CARVALHO, C.J.R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [*S. parayba* var. *amazonicum*] e *Schizolobium parayba* [*Schizolobium paraybum*] à deficiência hídrica. **Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 907-914, 2005.

CARVALHO, P.E.R. **Paricá: *Schizolobium amazonicum***. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 8 p. (Circular Técnica, 142).

CAVALHEIRO, W.C.S.; VENDRUSCOLO, J.; HILGERT, L.M.H.; SANTOS, A.M. dos. Impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental-Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Caracas, v. 56, n. 1, p. 41-57, 2015.

CORDEIRO, I.M.C.C. **Comportamento de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppens & Leal sob diferentes sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará (PA)**. 2007. 115 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

CORRÊA, R.S. **Efeito dos atributos do solo na produtividade e qualidade da madeira de *Pinus Caribaea* var. *hondurensis***. 2007. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CORRÊA, R.S.; BELLOTE, A.F.J. Influência do solo na dimensão dos traqueídeos e densidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 93-102, 2011.

COSTA, D.H.M.; REBELLO, F.K.; D'ÁVILA, J.L. **Alguns aspectos silviculturais sobre o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber)**. Belém: Banco da Amazônia, 1998. 19p. (Série Rural, 2).

FERRO, F.; ICIMOTO, F.H.; SOUZA, A.M.; ALMEIDA, D.H.; CHRISTOFORO, A.L.; LAHR, F.A.R. Produção de painéis de partículas orientadas (OSB) com *Schizolobium amazonicum* e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 313-320, 2015.

GAVA, J.L. **Relações entre atributos do solo e qualidade da madeira de clone de *Eucalyptus grandis* para produção de celulose**. 2005. 54 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

IWAKIRI, S.; MATOS, J.L.M.; PINTO, J.A.; VIANA, L.C.; SOUZA, M.M.; TRIANOSKI, R.; ALMEIDA, V.C. Produção de painéis laminados unidirecionais – LVL com lâminas de *Schizolobium amazonicum*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 557-563, 2010.

JESUS, R.C.S. **Características anatômicas e físicas da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), plantado em diferentes espaçamentos e condições ambientais no município de aurora do Pará – Pa**. 2004. 165 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2004.

LOCATELLI, M.; MELO, A.S.; LIMA, L.M.L.; VIEIRA, A.H. Deficiências Nutricionais em Mudanças de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 648-650, 2007.

MARQUES, L.C.T.; YARED, J.A.G.; SIVIERO, M.A. **A evolução do conhecimento sobre o Paricá para reflorestamento no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia oriental, 2006. 5 p. (Comunicado técnico, 158).

- MOYA, R.; BERROCAL, A.; SERRANO, J.R.; TOMAZELLO FILHO, M. Variación radial de la anatomía, densidad y durabilidad de la madera de teca (*Tectona grandis*) procedente de dos calidades de sitio y dos regiones climáticas de Costa Rica. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 18, n. 2, p. 119-131, 2009.
- NAUMANN, R.B.; VITAL, B.R.; CARNEIRO, A.C.O.; DELLA LUCIA, R.M.; SILVA, J.C.; CARVALHO, A M M.L.; COLLI, A. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de *Schizolobium amazonicum* Herb. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1143-1150, 2008.
- OHASHI, S.T.; YARED, J.A.G.; FARIAS NETO, J.T. de. Variabilidade entre procedências de paricá *Schizolobium parahyba* var *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby plantadas no município de Colares – Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 81–88, 2010.
- OLIVEIRA, J.G.L.; OLIVEIRA, J.T.S.; ABAD, J.I.M.; SILVA, G.G.; FIEDLER, N.C.; VIDAURRE, G.B. Parâmetros quantitativos da anatomia da madeira de eucalipto que cresceu em diferentes locais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 559-567, 2012.
- PAIXÃO, C.P.S. **Determinação do crescimento e fator de forma para *Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke a partir da análise de tronco**. 2014. 34 p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, 2014.
- REIS, C.A.F.; PALUDZYSZYN FILHO, E. **Estado da arte de plantios com espécies florestais de interesse para o Mato Grosso**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 63 p. (Documentos, 215).
- RIBEIRO, V.C.N. **Caracterização anatômica da matéria-prima e avaliação das propriedades tecnológicas de painéis MDF de madeira de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke e de resíduos de espécies da Amazônia**. 2015. 124 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- RIGATTO, P.A.; DEDECEK, R.A.; MATOS, J.L.M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.
- ROQUE, R.M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C.T.S. Variações na estrutura da anatomia do lenho de árvores de *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) de clima tropical seco e úmido na Costa Rica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 65-75, 2007.
- ROSA, L.S. Características botânicas, anatômicas e tecnológicas do paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke). **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 46, p.63-79, 2006a.
- _____. Ecologia e silvicultura do paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) na Amazônia Brasileira. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 45, p. 135-174, 2006b.
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL. **Projeto municípios verdes sustentáveis: plantando novos caminhos de sustentabilidade**. Porto Velho, 2014. 12 p.

SILVA, M.G. **Produtividade, idade e qualidade da madeira de *Eucalyptus* destinada à produção de polpa celulósica branqueada**. 2011. 95 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SOUZA, C.R.; ROSSI, L.M.B.; AZEVEDO, C.P.; VIEIRA, A.H. **Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby**. Manaus:Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 12 p. (Circular Técnica, 18).

TEREZO, R.F. **Avaliação tecnológica do paricá e seu uso em estruturas de madeira laminada colada**. 2010. 201 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

URBINATI, C.V. **Influência das características anatômicas em juntas coladas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby (Paricá)**. 2013. 162 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

VIDAURRE, G.B. **Caracterização anatômica, física e químico-mecânica da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum*) para produção de energia e polpa celulósica**. 2010. 74 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

VIDAURRE, G.B.; CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; SANTOS, R.; VALLE, M.L.A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

VIDAURRE, G.B.; VITAL, B.R.V.; ZANETI, L.; COLLI, A.; NAUMANN, R. Paricá uma espécie promissora. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 97, 2006. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=924&subject=E%20mais&title=Paric%E1%20uma%20esp%E9cie%20promissora>. Acesso em: 22 jul. 2015.

2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA DA MADEIRA DE *Schizolobium amazonicum* AOS 14 ANOS PROVENIENTE DE PLANTIOS DO ESTADO DE RONDÔNIA

Resumo

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de verificar a variação radial das características de fibras e vasos e a composição química da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum*) aos 14 anos, proveniente de duas áreas de florestas plantadas, nos municípios de Rolim de Moura e Parecis, estado de Rondônia. De cada plantio foram amostradas quatro árvores e, de cada uma delas, removidos discos ao longo de três posições longitudinais. A caracterização morfológica de fibras e vasos da madeira foi conduzida em pontos correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% do comprimento do raio, de um disco extraído somente da primeira posição longitudinal de cada árvore. Para análise da composição química foram confeccionadas cunhas de discos extraídos nas três posições amostradas, que foram processadas gerando uma amostra composta. Os parâmetros de fibras não sofrem influência da proveniência. As médias de comprimento de fibras, espessura de parede, largura e diâmetro de lume foram respectivamente 1,30 mm, 2,80 μm , 31,10 μm e 25,50 μm , sendo que tanto o comprimento como a espessura de parede tenderam a um aumento gradativo, com estabilização na posição a 75% do raio em ambos os plantios amostrados, enquanto os demais parâmetros tenderam a uma redução. Os vasos apresentaram um diâmetro médio de 194,08 μm e tenderam a um aumento ao longo da distância radial, acompanhado de um aumento na área ocupada e redução da frequência, com valores médios de 5,28% e 1,83 vasos/ mm^2 , respectivamente. Quanto aos parâmetros relativos aos vasos, observa-se que ao longo da distância radial a madeira proveniente da área de solo de textura argilosa (Rolim de Moura) tendeu sempre a apresentar valores mais elevados em relação a madeira da área de solo de textura média e de maior compactação (Parecis), resultando em efeito da proveniência no diâmetro de vasos e área ocupada. A composição química média da madeira indicou uma porcentagem de extrativos de 6,65%, um teor de holocelulose de 64,71% e lignina total de 28,63%. Com relação ainda a este aspecto, apenas o teor de cinzas diferiu-se estatisticamente entre as duas áreas, sendo maior na madeira proveniente de Parecis, e média geral de 0,61%. Tomando-se por base a variação radial dos parâmetros de comprimento e espessura de parede das fibras, já se observa a presença de madeira adulta nesta espécie aos 14 anos nas condições de crescimento avaliadas. As menores porcentagens de variação dos parâmetros anatômicos entre as posições avaliadas para as duas proveniências, revela uma maior homogeneidade da madeira proveniente de Rolim de Moura. Os coeficientes indicativos de qualidade das fibras revelam o grande potencial desta espécie na produção de polpa e papel na idade considerada, no entanto, o elevado teor de extrativos registrado deve ser levado em consideração nos programas de melhoramento genético.

Palavras-chave: Paricá; Fibras; Vasos; Holocelulose

Abstract

This study aimed to determinate the radial variation of the characteristics of fibers and vessels and the chemical composition of parica wood (*Schizolobium amazonicum*) at age 14 which are from two planted forests in Rolim de Moura and Parecis, cities in Rondônia. It was sampled four trees of each plantation, and each of them had removed discs along three longitudinal positions. The morphological characterization of the fibers and vessels was conducted at 0%, 25%, 50%, 75% and 100% at the pith-to-bark direction of a disk extracted

only from the first longitudinal position of each tree. To analyze the chemical composition were made samples of disk removed of three sampled positions, which were processed generating a composite sample. The average fiber length, thickness, width and lumen diameter were respectively 1.30 mm, 2.80 μm , 31.10 μm and 25.50 μm , and the length and the wall thickness tended to a gradual increase, with stabilization in the position to 75% at the pith-to-bark direction in both sampled plantations, while the other parameters tended to a reduction. The vessels had a mean diameter of 194.08 μm and tended to increase along the radial distance, with an increase in the occupied area and reduction of frequency, with mean values of 5.28% and 1.83 vessels/ mm^2 , respectively. For the parameters of vessels, it was observed that along the radial distance, the wood from the clay soil area (Rolim de Moura) has always tended to have higher values of diameter vessels and occupied area than the wood of the area of sandy-loam texture and higher compacting (Parecis), resulting in the effect of the origin on diameter vessels and in the occupied area. The average chemical composition of the wood indicated a percentage of extractives of 6.65%, an holocelulose content of 64.71% and 28.63% of the total lignin. Regarding to this aspect, only the ash content differed statistically between the two areas, being higher in the wood from Parecis, and overall average of 0.61%. Based in the radial variation of the parameters of length and wall thickness of the fibers, it was observed the presence of mature wood in *S. amazonicum* with at age 14 in the evaluated growing conditions. Smaller variation percentages of anatomical parameters between positions evaluated for both origins reveal a greater homogeneity of the wood from Rolim de Moura. The quality coefficients of fibers reveal the great potential of *S. amazonicum* in the production of pulp and paper at the age considered, however, the high extractive content should be considered in genetic improvement programs.

Keywords: Paricá; Fibers; Vessels; Holocelulose

2.1 Introdução

Os plantios florestais com a espécie *Schizolobium amazonicum* no estado de Rondônia tiveram como cunho inicial a atividade de reposição florestal como uma compensação do volume de matéria-prima extraída de formações florestais naturais. Com o passar do tempo esta espécie foi reconhecida como uma excelente opção na indústria de painéis compensados, em substituição a espécies tradicionais, sendo responsável hoje pela sustentabilidade do setor. Segundo Iwakiri et al. (2010), a implantação de florestas com espécies nativas na Região Norte foi impulsionada pela preocupação do setor florestal e madeireiro com a imagem negativa da devastação da floresta amazônica e pelas pressões ambientalistas sobre o uso industrial de madeiras tropicais sem manejo florestal sustentado.

De acordo com a Secretaria do Estado de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM, 2014) a presença de povoamentos florestais plantados, em determinados municípios, vem atraindo empresários desejosos em estabelecer empreendimentos industriais baseados na oferta dessa matéria-prima disponível. De acordo com a mesma fonte, sabe-se que em Rondônia a madeira para obtenção de lâminas destinadas a fabricação de compensados basea-

se em boa parte na espécie florestal nativa conhecida como pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*).

De acordo com Terezo (2010), com uma produtividade que varia de 13 a 35 m³/ha/ano, a espécie *Schizolobium amazonicum* considerada de rápido crescimento tornou-se, em meados da década de 1990, uma alternativa viável para a implantação de novas florestas plantadas na Região Norte e Centro-Oeste do Brasil. Conforme Lobão (2011), há grande demanda por madeira de árvores de espécies tropicais, tal como a de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (sinonímia empregada por alguns autores para designar a espécie em referência), porém, é escassa a literatura sobre a qualidade do seu lenho.

Conforme Jesus (2004), a variação das dimensões dos componentes anatômicos do lenho tem um efeito marcante sobre a qualidade da madeira e constitui-se no elemento fundamental na análise das alternativas de possíveis utilizações que se pretenda dar-lhe. Adicionalmente, o conhecimento de tal variação também é importante para investigar as modificações da madeira ocasionadas por diferenças ambientais. Para Vidaurre (2010) o estudo da qualidade da madeira permite uma melhor adequação da matéria-prima a um determinado uso, ou a sua capacidade para preencher os requisitos necessários à fabricação de um determinado produto.

Segundo Iwakiri (2005), a influência da anatomia da madeira está relacionada principalmente a sua estrutura, no que tange as diferenças nas dimensões dos elementos celulares; nas dimensões, disposição e frequência das cavidades celulares, as quais, por sua vez, estão relacionadas com a porosidade e permeabilidade da madeira.

Para Vidaurre (2010) informações sobre as dimensões das fibras subsidiam a definição da aptidão da madeira para processos de produção de polpa celulósica, papel e painéis MDF. O conhecimento da variabilidade e da proporção dos elementos de vaso, bem como da composição química da madeira, permitem o aprimoramento dos processos de secagem e colagem de lâminas para manufatura de painéis compensados.

Os caracteres anatômicos influenciam as propriedades mecânicas da madeira. Moreira (1999), estudando a madeira de *Schizolobium amazonicum*, observou que o comprimento de fibras esteve fortemente correlacionado com a resistência à compressão paralela às fibras ($r = 0,98$), bem como com o módulo de elasticidade ($r = 0,92$) e o módulo de ruptura ($r = 0,91$) à flexão estática. Já a espessura da parede das fibras, dentre as demais propriedades anatômicas, foi a responsável pela segunda maior correlação positiva com as referidas propriedades mecânicas, seguida pelo diâmetro do lume e largura de fibra, que apresentaram correlação negativa. Ainda, de acordo com Moreira (1999), a frequência e diâmetro dos vasos exercem

influência marcante nas características superficiais dos papéis para impressão e afetam determinantemente no movimento de líquido, sendo este fator, também importante no processo de tratamento preservante da madeira.

A qualidade da celulose obtida da madeira é altamente dependente das características anatômicas, físicas e químicas dessa matéria-prima. Dentre os principais parâmetros da madeira para produção de celulose destacam-se a densidade básica, as dimensões das fibras, as proporções de vasos e parênquimas, os teores de lignina, celulose, pentosanas e extrativos, sendo que estes últimos, em geral, são mais frequentemente relacionados ao aspecto quantitativo de rendimento e consumo de produtos químicos no cozimento (CARVALHO, 1997). De acordo com a mesma fonte no que se refere à morfologia de fibras, as dimensões baseadas no comprimento, largura e espessura de parede, bem como suas relações, são um indicativo das propriedades físico-mecânicas, tanto das polpas celulósicas como dos papéis produzidos.

O estudo da qualidade da madeira da espécie *Schizolobium amazonicum* no estado de Rondônia, o qual se encontra entre aqueles de ocorrência natural da referida espécie no País, permitirá dar contribuição à investigação científica que já vem sendo conduzida em outros estados, bem como prever o grau de variabilidade existente para os parâmetros anatômicos e químicos encontrados com os já relatados na literatura, com vistas a confirmar, e/ou ampliar, as possibilidades de uso até hoje previstas para a sua madeira, a partir de indivíduos em idade mais avançada. Também, a partir da análise de propriedades químicas e anatômicas da madeira de *Schizolobium amazonicum* de plantios distintos, pretende-se verificar o grau de alteração existente, em resposta a características de solo de reconhecida influencia, de acordo com informações disponíveis na literatura, possibilitando oferecer a base para estudos futuros com relação a esta temática.

Diante do exposto, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a variação radial das características de fibras e vasos e a composição química da madeira de *Schizolobium amazonicum* aos 14 anos, proveniente de duas áreas distintas de florestas plantadas no estado de Rondônia.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Caracterização dos plantios, coleta e preparo do material

Para o presente estudo foram amostradas árvores da espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke com 14 anos de idade, proveniente de duas diferentes áreas de cultivo no estado de Rondônia, localizadas nos municípios de Rolim de Moura (11° 48' de latitude sul; 61° 48' de longitude oeste e 271 m de altitude) e de Parecis (12° 07' de latitude sul; 61° 36' de longitude oeste e 374 m de altitude), de propriedade de uma empresa privada do setor de laminação.

Segundo a classificação de Köppen, o Estado de Rondônia possui um clima do tipo Aw (Clima Tropical Chuvoso), com estação seca definida entre os meses de maio a outubro e chuvosa entre novembro a abril, com valores de precipitação em mm variando anualmente de 1800-2400 mm, chegando a valores mínimos de 0,0 mm no mês de julho. A temperatura média anual situa-se em torno de 25°C.

No total foram amostradas oito árvores, sendo quatro para cada uma das referidas áreas, cujos plantios foram estabelecidos no espaçamento 2,0 x 2,0 metros. Registra-se que esse número de árvores amostradas por plantio é compatível com o utilizado em outros estudos de mesma natureza, por exemplo, os de Vidaurre et al. (2012), Silva et al. (2007) e Corrêa e Bellote (2011). Na Tabela 1 constam as características dendrométricas dos indivíduos amostrados em cada plantio.

Tabela 1 – Valores individuais de Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e altura comercial dos indivíduos amostrados em cada plantio.

Proveniência	Árvore	DAP	Altura comercial (m)
Parecis	1	0,4268	17,8
	2	0,4363	16,3
	3	0,4618	16,6
	4	0,4554	14,0
Média		0,4451	16,2
Rolim de Moura	1	0,4427	19,2
	2	0,4618	20,2
	3	0,4140	11,6
	4	0,4554	17,8
Média		0,4434	17,2

O abate dos indivíduos amostrados se deu a uma altura de 0,60 m do nível do solo em decorrência da presença de sapopemas na base das árvores desta espécie. Foram amostradas as duas primeiras toras de cada árvore, com comprimento de 2,0 m, definido após a extração de discos removidos ao longo de três posições longitudinais (P1, P2 e P3). Para os procedimentos de caracterização anatômica da madeira, de cada árvore foi utilizado um disco de 3,0 cm de espessura (I) extraído somente da primeira posição longitudinal (P1), a fim de verificar a variação ocorrida em ao longo de todo o período de crescimento das árvores de cada plantio. Já para os procedimentos de caracterização da composição química da madeira foi extraído um disco de 2,0 cm de espessura (II) nas três posições de amostragem (P1, P2 e P3). Na Figura 1 consta o esquema de amostragem do material.

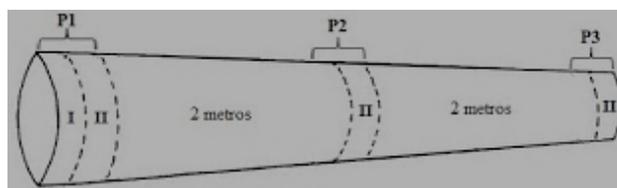


Figura 1 – Esquema de retirada das amostras

Para caracterização das áreas de ocorrência dos plantios foi conduzida a amostragem de solo, segundo metodologia adaptada de Castelo et al. (2008), para estudo dos atributos físico-químicos. Para isso foi realizada amostragem de solo a granel a uma distância de 1 m dos indivíduos amostrados, em dois pontos distintos, nas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 30 cm, sendo realizada a mistura daquelas correspondentes a mesma posição, gerando uma amostra composta para análise química (pH, macro e micronutrientes, capacidade de troca de cátions, saturação por alumínio e matéria-orgânica). Também, em dois pontos distintos, nas posições 10 e 40 cm de profundidade foram coletadas amostras indeformadas (através de anéis metálicos), para estudo dos atributos físicos (textura, densidade de solo, densidade de partícula, porosidade total, macroporosidade e microporosidade).

A determinação dos atributos físicos do solo foi conduzida no Laboratório de Análises Físicas do Solo da Universidade Federal de Santa Maria. Já os atributos químicos foram determinados no Laboratório de Solos da ESALQ/USP.

2.2.2 Morfologia de vasos e fibras

Para obtenção de informações acerca do diâmetro (μm), frequência (vasos/ mm^2) e área ocupada por vasos (%) foram preparadas lâminas histológicas temporárias do plano transversal de amostras de madeira, com auxílio de micrótomo de deslize. Para este procedimento, a partir dos discos amostrados, foram confeccionadas baguetas, passando pela medula, e destas retirados blocos, de seção quadrada 1,5 a 2,0 cm, de pontos correspondentes a 0, 25, 50, 75 e 100% do comprimento do raio dos discos.

Posteriormente, os blocos foram submetidos à fervura, num béquer com adição de mistura de água destilada e glicerina na proporção 2:1 e álcool, para amolecimento do lenho, a fim de facilitar a execução dos cortes histológicos. Para tanto, foi utilizado um micrótomo de deslize com navalha tipo C (15-20 μm de espessura). Depois de obtidos, os cortes histológicos foram submetidos a uma série alcoólica em concentração crescente, intercalada com imersão em safranina 1% por 1 minuto, para desidratação e coloração. Ao final da série alcoólica foi feito o procedimento de desbaste das arestas dos cortes, os quais assumiram uma dimensão de aproximadamente 1,0 cm^2 .

A partir das seções transversais do lenho foram coletadas imagens digitais sob microscopia de luz com ampliação de 25x, percorrendo toda a distância radial das mesmas, para a determinação do diâmetro tangencial de vasos, da frequência e da área ocupada pelos vasos, por meio de um programa de análise de imagens.

Para determinação das dimensões das fibras, fragmentos da aresta, no sentido das fibras dos mesmos corpos-de-prova empregados na caracterização histológica da madeira, foram submetidos à técnica de maceração pelo Método de Nicholls e Dadswell. Para isso, os fragmentos foram depositados no interior de tubos de ensaio, contendo solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético (1:1), os quais foram cobertos com papel alumínio e conduzidos para aquecimento em estufa a 60°C por 48 horas, a fim de favorecer o processo de individualização das fibras.

A partir das lâminas montadas, com amostras de cada posição radial considerada, foram obtidas imagens digitais com ampliação de 25x para determinação do comprimento das fibras. Para a determinação da largura e do diâmetro do lume, foram adquiridas imagens com ampliação de 400x. A mensuração dos parâmetros descritos, em relação às células de vaso e fibra, se deu por meio do software Image Pro Plus, baseada nas normas da IAWA (IAWA COMMITTEE, 1989).

A Figura 2 ilustra os procedimentos utilizados na montagem das lâminas temporárias, as quais permitiram a caracterização anatômica dos elementos de vaso e fibras da madeira de *Schizolobium amazonicum*.

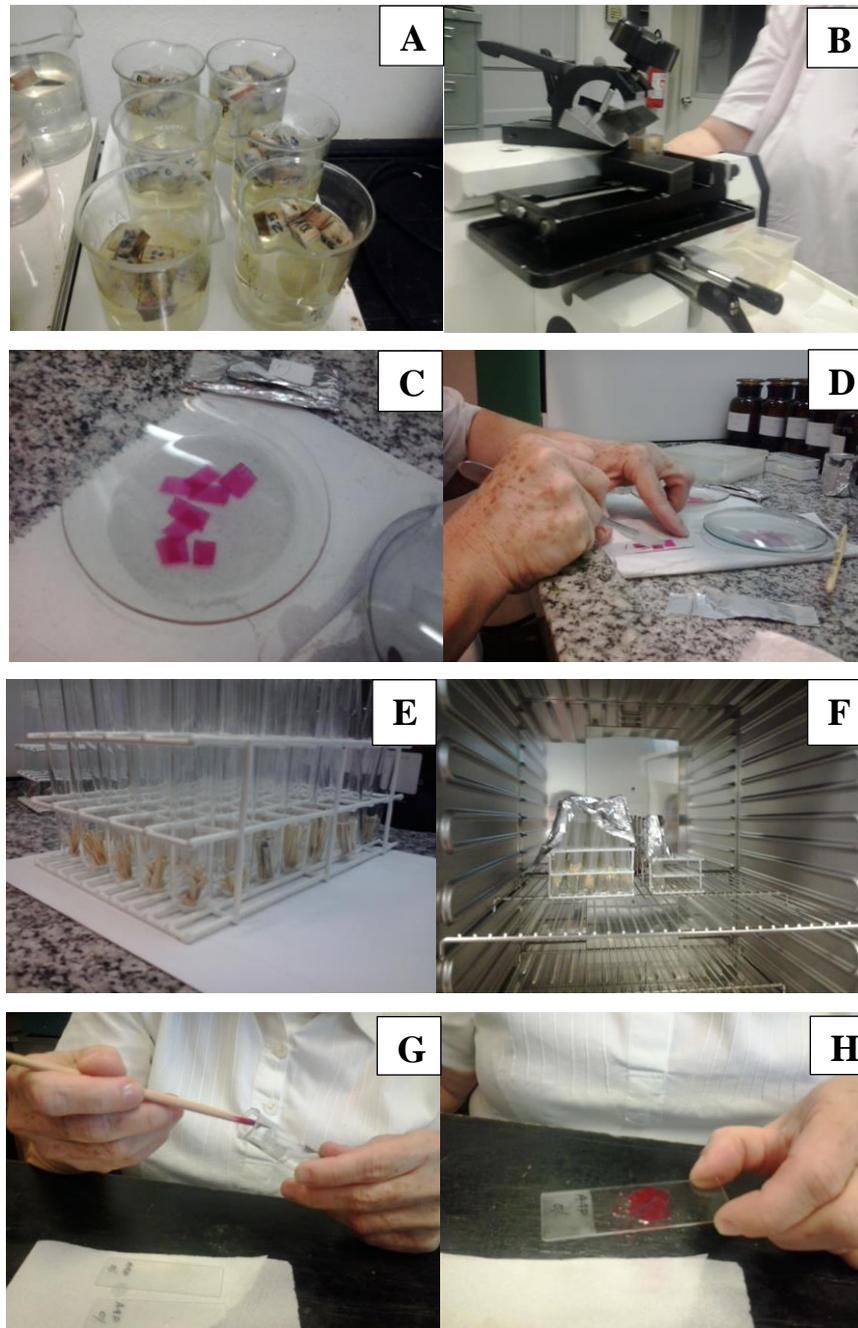


Figura 2 – Procedimento de preparação de lâminas histológicas e de macerado. (A) Fervura dos blocos de madeira; (B) Confecção dos cortes histológicas da seção transversal; (C) lâminas histológicas armazenadas em ácido nítrico após série alcoólica e coloração; (D) Realização do desbaste das arestas; (E) Fragmentos de madeira em tubo de ensaio com solução macerante; (F) Aquecimento da solução macerante em

estufa; (G) Coleta de porção de fibras após maceração; (H) Coloração das fibras individualizadas com safranina

A partir dos valores de comprimento, largura das fibras e diâmetro de lume foram calculadas as seguintes relações para cada fibra, conforme Equações 1, 2, 3, 4.

$$E = \left(\frac{L - DL}{2} \right) \quad (1)$$

$$FP = \left(\frac{2 \cdot E}{L} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

$$CF = \left(\frac{DL}{L} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

$$IR = \left(\frac{2 \cdot E}{DL} \right) \quad (4)$$

Em que: E = espessura da parede celular, μm ; L = largura da fibra, μm ; DL = diâmetro do lume, μm ; FP = fração parede, %; CF = coeficiente de flexibilidade, %; IR = índice de Runkel.

Para a caracterização microscópica dos elementos de vaso foi determinado o diâmetro (μm), frequência (vasos/ mm^2) e área ocupada pelos vasos (%), estas últimas por meio das Equações 5 e 6.

$$\text{Porcentagem de vasos} = \frac{\text{Área total de poros}}{(\text{Largura} \cdot \text{altura})_{\text{da imagem digital}}} \cdot 100 \quad (5)$$

$$\text{Frequência de vasos} = \frac{\text{Número de vasos}}{(\text{Largura} \cdot \text{altura})_{\text{da imagem digital}}} \cdot 100 \quad (6)$$

2.2.3 Caracterização química da madeira

Para a caracterização química da madeira, foi confeccionada uma cunha de cada um dos discos com 2,0 cm de espessura (Figura 1), removidos ao longo de três posições longitudinais da porção amostrada de cada árvore. As 24 cunhas obtidas foram transformadas

em cavacos e estes reduzidos a serragem em moinho de facas. Posteriormente, a serragem produzida foi classificada, utilizando-se um agitador mecânico dotado de peneiras metálicas, e o material selecionado para as análises químicas foi aquele retirado da fração 40/60, ou seja, fração de serragem que atravessou a peneira de 40 *mesh* e ficou retida na peneira de 60 *mesh*.

Após a classificação e seleção, a serragem resultante das três cunhas de cada uma das árvores amostrada foi misturada, obtendo-se assim um total de 08 amostras compostas. Posteriormente, essas amostras foram submetidas à análise para determinação da sua composição química, conduzida no Laboratório de Química, Celulose e Energia (LQCE) da ESALQ/USP.

Foram determinados os teores de extrativos e de lignina, considerando a metodologia preconizada pela TAPPI T 204 cm-97 e TAPPI T 222 om-02. Para determinação do teor de extrativos totais o equivalente a 1g de serragem absolutamente seca (a.s) foi submetida à extração em álcool:tolueno (1:2) e álcool 96 ° GL, durante 8 horas em cada solvente. Posteriormente, este mesmo material foi misturado à água destilada e submetido ao aquecimento em banho-maria por 1 hora. Subsequentemente, a mistura foi filtrada e a serragem depositada em cadinho que foi submetido a secagem em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até peso constante. O cálculo do teor de extrativos totais (E.T.) se deu através da Equação 7.

$$\text{E.T.(\%)} = (1 - \text{massaa.s.serragem}) \times 100 \quad (7)$$

Para determinação do teor de lignina, 300 mg da serragem livre de extrativos foi misturada à 3 mL de H_2SO_4 a 72% resfriado a $10 - 12^\circ\text{C}$ e mantidas em banho-maria a $30 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 1 hora. Posteriormente, foram adicionados 84 mL de água destilada quente, a fim de reduzir a concentração de H_2SO_4 para 3 %, e a mistura autoclavada por 1 hora a 118°C (27 psi). Na sequencia o material foi filtrado, lavado em água quente e a lignina transferida para um cadinho que foi levado à estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até peso constante. O teor de lignina residual (L.R.) foi calculado com o auxílio da Equação 8.

$$\text{LR (\%)} = \left(\frac{\text{Massaseca final}}{\frac{0,3}{1 - \frac{\text{ET}}{100}}} \right) \cdot 100 \quad (8)$$

Em que: E.T.= Extrativos totais

Para determinação da lignina solúvel e residual, parte do filtrado foi transferido para um balão volumétrico de 1000 mL, cujo volume foi completado com água destilada. Utilizando cubeta de quartzo e prova em branco (3,0 mL de ácido sulfúrico 72% para 1000 mL), foi ajustado o espectrofotômetro, em 0 de absorvância no comprimento de onda 215 nm e 280 nm, e conduzida a leitura dos filtrados. Os teores de lignina solúvel (L.S.) e lignina total (L.T.) foram determinados por meio das Equações 9 e 10, respectivamente.

$$L.S.(%) = \left[\frac{4.53 \times L_{215} - L_{280}}{300 \times \left(\frac{0,3}{1 - \frac{E.T.}{100}} \right)} \right] \times 100 \quad (9)$$

$$L.T.(%) = L.R.(%) + L.S.(%) \quad (10)$$

Já o teor de holocelulose foi determinado considerando a soma dos teores de extrativos e lignina total, segundo a Equação 11.

$$Hc = 100 - (Ex + Lt) \quad (11)$$

Em que: Hc= holocelulose, %; Ex= extrativos, %; Lt= lignina total, %

Para a determinação do teor de cinzas (Equação 12) aproximadamente 2 g de serragem foi submetida à calcinação em mufla a 600°C por 6 horas, conforme recomendação da norma TAPPI T 211 om-02.

$$\text{Cinzas } (\%) = \left(\frac{Pc}{P} \right) \cdot 100 \quad (12)$$

Em que: Pc = peso das cinzas (g); e P = peso da amostra seca em estufa (g)

2.2.4 Análise estatística

Os parâmetros anatômicos foram avaliados a partir de delineamento inteiramente casualizado com arranjo bifatorial, sendo os fatores: posição radial com 5 níveis (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) e proveniência com 2 níveis (Parecis e Rolim de Moura), totalizando 10 tratamentos, com 4 repetições cada. Efetuou-se a análise de variância (ANOVA), com posterior comparação de médias pelo teste de Tukey, em nível de 1% e 5% de probabilidade de erro, sendo que para avaliação da composição química da madeira foi empregada apenas esta última. Foi utilizada a correlação linear simples (Pearson) para verificar a correlação entre atributos químicos e físicos do solo e as propriedades químicas e anatômicas da madeira, aplicando-se o programa estatístico ASSISTAT Versão 7.7.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Caracterização físico-química do solo

As Tabelas 2 e 3, respectivamente, apresentam informações referentes aos atributos físicos e químicos do solo de ambos os plantios amostrados.

Tabela 2 – Atributos físicos do solo dos plantios provenientes de Parecis e Rolim de Moura

Proc.	Prof.	Parâmetros físicos do solo					
		Densidade de solo (g/cm ⁻³)	Densidade de partícula (g cm ⁻³)	Macrop. (%)	Microp. (%)	Porosidade total (%)	Argila (%)
P	10	1,47	2,62	12,35	31,10	44,04	23,13
	40	1,54	2,68	8,54	33,74	42,28	32,01
	Média	1,51	2,65	10,45	32,72	43,16	27,57
RM	10	1,15	2,56	27,02	27,92	54,95	37,48
	40	1,09	2,57	23,85	33,96	57,81	40,83
	Média	1,12	2,57	25,44a	30,94	56,38	39,16

Em que: P= Parecis; RM= Rolim de Moura

Levando em consideração os limites da Escala de Atterberg para a classificação da textura do solo, a qual utiliza informações da porcentagem de argila presente no mesmo, pode-se classificar o solo do plantio estabelecido no município de Parecis como de textura média (teor de argila entre 15% a 35%) e o solo do plantio estabelecido no município de Rolim de Moura como de textura argilosa (teor de argila entre 35% a 60%).

A área de cultivo localizada na região de abrangência do município de Parecis apresentou valores superiores de densidade de solo e de partículas e inferiores em macroporosidade e porosidade total em relação ao solo da região de abrangência do município de Rolim de Moura. Segundo Stolf et al. (2011), a macroporosidade, em particular, é considerada um excelente indicador de degradação do solo, devido à sua relação com a compactação, visto que valores baixos de macroporosidade podem resultar em má drenagem, baixa aeração e aumento da resistência do solo à penetração de raízes.

Tabela 3 – Atributos químicos do solo dos plantios amostrados

Proc.	Prof. cm	MO g/dm ³	pH	P mg.dm ⁻³	mmolc. dm ⁻³					
					K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB
P	0-10	36	6,2	16	1,9	90	10	<1	22	102,7
	10-30	26	6,0	8	2,0	50	7	0	24	59
RM	0-10	32	3,6	6	1,2	3	2	14	125	6,2
	10-30	24	3,6	5	0,6	2	<1	10	98	3,4

Proc.	Prof. cm	CTC mmolc. dm ⁻³	V %	m	mg.dm ⁻³				
					B	Cu	Fe	Mn	Zn
P	0-10	124,7	81	<1	0,16	4,5	40	121,4	21,7
	10-30	83,1	70	0	<1	6,0	36	121,4	29,1
RM	0-10	131,7	5	70	0,14	0,6	320	12,3	19,9
	10-30	101,4	3	75	0,13	0,5	194,5	5,3	12,1

Em que: P= Parecis; RM= Rolim de Moura; <1= Menor que o limite de quantificação; M.O=matéria orgânica; P= fósforo; K=potássio; Ca=cálcio; Mg=magnésio; Al=alumínio; H+Al=acidez potencial; SB= soma de bases trocáveis; CTC= Capacidade de troca catiônica em pH 7,0; V= Saturação da CTC por bases; m= Saturação por alumínio; B=boro; Cu=cobre; Fe=ferro; Mn=manganês; Zn=zinco

Segundo Ronquim (2010), a saturação por bases (V%) é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo. De acordo com a classificação mencionada pelo referido autor, o solo do plantio do município de Parecis pode ser considerado solo eutrófico (fértil) em virtude de possuir uma porcentagem de saturação por bases superior a 50%, enquanto o solo do plantio no município de Rolim de Moura pode ser considerado distrófico (pouco fértil) em virtude de apresentar porcentagem inferior a 50%. Ainda, ao se considerar os baixos teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ encontrados nesse último, a quantidade de alumínio trocável elevado ($\geq 3 \text{ mmolc dm}^{-3}$) e saturação em alumínio trocável (m%) superior a 50%, pode ainda ser considerado como solo álico (muito pobre).

2.3.2 Caracterização morfológica

A Figura 3 apresenta as imagens obtidas das lâminas histológicas e das fibras maceradas da madeira de *Schizolobium amazonicum*, as quais permitiram a caracterização anatômica de fibras e vasos.

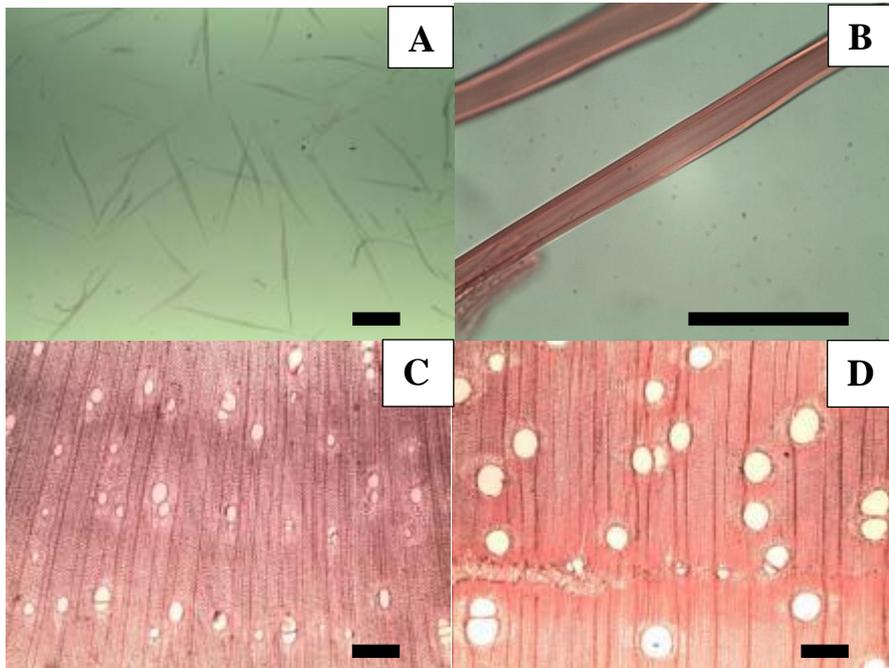


Figura 3 – Imagens microscópicas de fibras e vasos. (A) Detalhe do comprimento de fibras (25x, barra: 500 μm); (B) Detalhe da largura e espessura da parede de fibras (400x, barra: 100 μm); (C) Imagem digital de lâmina histológica da posição 0% de distância radial (25x, barra: 500 μm); (D) Imagem digital de lâmina histológica da posição 100% de distância radial (25x, barra: 500 μm)

Analisando as referidas imagens obtidas (Figura 3C e 3D) observou-se predominância de vasos solitários, sendo comum encontrar vasos geminados ou múltiplos de 3 a 4, especialmente na região próxima à medula, com distribuição difusa, sem arranjo definido, circulares, desobstruídos; parênquima axial paratraqueal vasicêntrico aliforme de extensão losangular; raios unisseriados e bisseriados próximo à medula e trisseriados na região das proximidades da casca. A descrição do xilema secundário da espécie, ora analisada no presente estudo, é condizente com a relatada por Urbinati (2013) para a madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, também, da mesma idade, ou seja, 14 anos, proveniente do estado do Pará.

2.3.2.1 Morfologia de fibras da madeira de *Schizolobium amazonicum*

Na Tabela 4 consta o teste de médias para os parâmetros de fibras em função da proveniência, juntamente com o coeficiente de variação.

Tabela 4 – Teste de médias para as variáveis de fibra da madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos em função da proveniência

Proveniência	Dimensões das Fibras			
	Comprimento (mm)	Espessura de parede (µm)	Largura de fibras (µm)	Diâmetro de lume (µm)
Parecis	1,30a*	2,89a	30,94a	25,16a
Rolim de Moura	1,31a	2,71a	31,25a	25,83a
Média	1,30	2,80	31,10	25,50
CV (%)	7	14	11	16

Em que: *= Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p >= 0,05$); CV = Coeficiente de variação

Observa-se que os parâmetros referentes às fibras da madeira de *S. amazonicum* não foram influenciados pela proveniência dos indivíduos amostrados (Tabela 3, Anexos A1, A3, A5, A7), de maneira que as características de solo dos locais em que se deu o crescimento das árvores não foram suficientes para promover variação.

Com relação aos parâmetros anatômicos de fibras da madeira de *S. amazonicum*, observa-se certa diversidade de trabalhos (Tabela 5), cujos resultados diferem em alguns aspectos com relação ao presente estudo.

Tabela 5 – Parâmetros das fibras da madeira de *Schizolobium amazonicum* disponíveis na literatura

Autor	Proc.	Idade (anos)	Comprimento (mm)	Largura	Diâmetro de lume	
					Espessura de parede	
					µm	
Ribeiro (2015)	Pará	8	1,08	32,13	26,48	2,82
Urbinati (2013)	Pará	14	0,99	...	22,52	3,55
Lobão et al. (2012)	Acre	10-18	1,18	32,16	26,40	2,88
		22-33	1,49	31,18	24,03	3,57
Vidaurre (2010)	Pará	5	0,98	32,75	24,87	3,94
		7	1,09	32,84	25,08	3,88
		9	1,04	34,70	27,13	3,79
		11	1,16	32,74	25,17	3,78
Terezo (2010)	Pará	6	1,08	30,36	23,27	7,09
		10	1,16	32,23	24,13	8,09
		19	1,31	35,17	29,22	5,94
		28	1,28	35,85	29,90	5,95
Bianche (2009)	Pará	...	1,02	42,93	36,09	3,42
Jesus (2004)	Pará	7	1,11	26,56	...	4,61
		9	1,15	26,53	...	4,63
Presente estudo	Rondônia	14	1,30	31,10	25,50	2,80

Nota: ... Informação não disponibilizada pelo autor

Comparando os dados da Tabela 4 com os da Tabela 5, de modo geral, pode-se dizer, no que se refere ao comprimento de fibras, que o valor médio registrado no presente estudo para a madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos é superior ao registrado na literatura por outros autores com a mesma espécie, tanto em indivíduos de mesma idade, em que se mostrou superior em 23,84%, como em idade superior, com exceção do mencionado por Lobão et al. (2012) na idade de 22 a 33 anos, sendo numericamente igual ao valor de comprimento médio mensurado por Terezo (2010) na idade de 19 anos.

Já com relação à espessura de parede o valor médio registrado (2,80 µm) é inferior a todos os estudos referenciados com esta espécie em indivíduos de mesma idade e idade superior. Com referência ao estudo de Urbinati (2013), foi inferior em 21,12%, estando compatível apenas com registrado por Ribeiro (2015) em povoamento com idade de 8 anos.

No que se refere ao diâmetro de lume das fibras, o valor médio é superior em 11,7% ao registrado por Urbinati (2013) em indivíduos de mesma idade e mais próximo ao encontrado no povoamento de 11 anos estudado por Vidaurre (2010). Quanto à largura de

fibras, o valor registrado é compatível com o verificado por Lobão et al. (2012) a partir de indivíduos em idade mais avançada (22 a 33 anos).

Um maior comprimento de fibras pode ser uma característica vantajosa do *Schizolobium amazonicum* em relação à espécies do gênero *Eucalyptus*, especialmente na manufatura de painéis do tipo MDF. Segundo Belini (2007), um maior comprimento médio de elementos celulares, tal como as fibras, resulta em menor área aparente de fibras/feixes e, em consequência, maior presença de micro espaços internos durante a manufatura do MDF, facilitando a retirada da pressão de vapor presente no centro do painel com reflexos sobre a cura da resina. Para Bianche (2009) um maior comprimento de fibras torna determinada madeira apta para resultar em painéis mais resistentes.

Lobão et al. (2011), ao realizar o agrupamento de 12 espécies florestais segundo as propriedades anatômicas, físicas e químicas das suas madeiras, enquadraram a espécie *S. amazonicum* no grupo daquelas detentoras de fibras de lume muito grande. Segundo Bianche (2009) esta é uma característica vantajosa, uma vez que o lume das fibras e o diâmetro dos vasos influenciam a porosidade da madeira, e pode facilitar o ancoramento do adesivo na confecção de painéis de partículas de madeira (aglomerados).

A Figura 4 (A a D) apresenta os valores médios das dimensões das fibras da madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos, proveniente dos dois plantios analisados, referentes às 5 posições radiais avaliadas, bem como o comportamento radial médio da espécie na idade considerada.

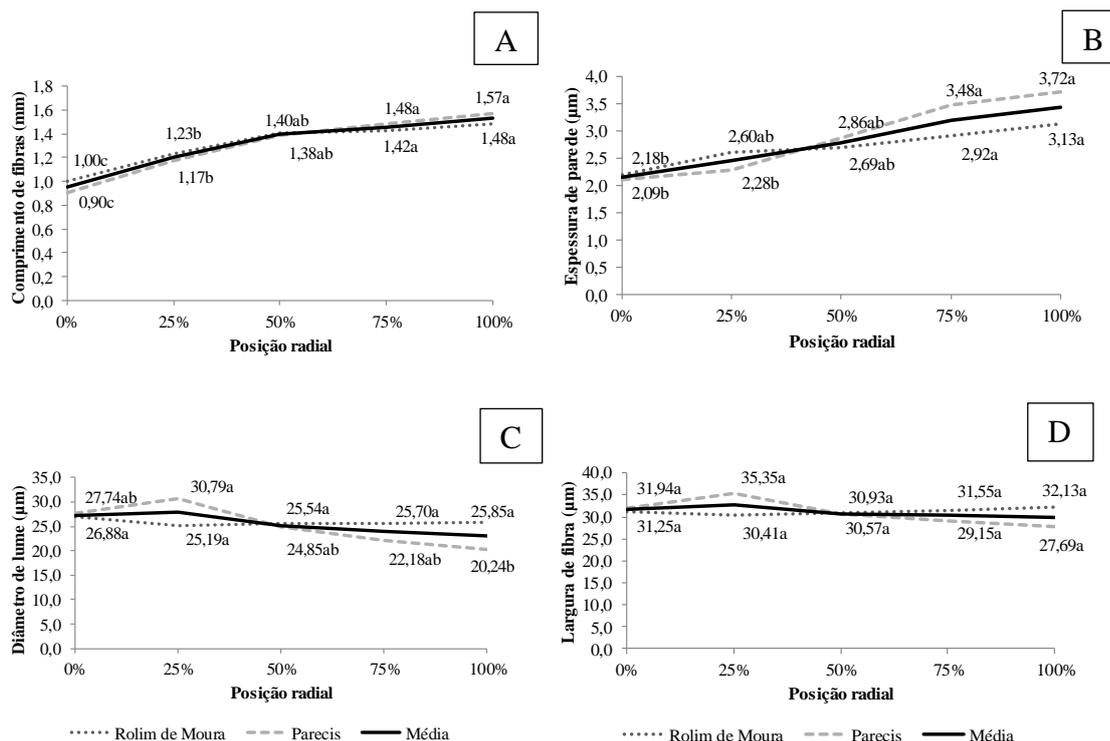


Figura 4 – (A) Variação radial do comprimento (mm), (B) espessura (μm), (C) largura de fibras (μm) e (D) diâmetro de lume (μm) de fibras para a madeira de *Schizolobium amazonicum* aos 14 anos

A observação dos dados de comprimento (Figura 4A) evidencia uma tendência de valores crescentes ao longo da distância radial. Para a madeira de ambas as proveniências não houve diferenças estatisticamente significativas para os valores médios do comprimento das fibras (Figura 3A) entre as posições 100%, 75% e 50%, sendo que apenas esta última (50%) igualou-se estaticamente à posição 25%, e a posição 0% diferiu de todas as outras.

O comprimento médio de fibras registrado na posição 100% de ambos os plantios encontra-se dentro do limite da amplitude mencionada por Souza et al. (2003), os quais destacam, para a mesma espécie em análise, fibras com tamanho entre 1,10 e 1,59 mm o que as tornariam, segundo os mesmos autores, excelentes para fabricação de polpa e papel de fibra curta.

Analisando os valores médios do comprimento das fibras da madeira de *S. amazonicum*, proveniente do plantio de Rolim de Moura, observam-se crescimentos de 23%, 14%, 1% e 4%, respectivamente, às posições 0% - 25%, 25% - 50%, 50% - 75% e 75% - 100% do raio. No caso do plantio de Parecis, os crescimentos foram de 30%, 18%, 7% e 6%, respectivamente, às referidas posições radiais. Ou seja, observa-se quanto a este aspecto, uma

maior homogeneidade quanto a este parâmetro para a madeira proveniente de Rolim de Moura. Nota-se, em ambos os casos, um crescimento vigoroso do comprimento das fibras entre as posições 0% - 25% do raio, com maior ênfase no caso da madeira proveniente de Parecis. Tal crescimento continua entre as posições 25% - 50% do raio, porém, com menor vigor. Da posição 50% para 75% do raio o crescimento das fibras é bastante reduzido e a partir desta posição (75%) o comprimento tende a uma estabilização dos seus valores.

O teste de médias para o comprimento de fibras em função da posição radial (Anexo A2) revela também a tendência de estabilização dos valores a partir da posição a 75% do raio.

Urbinati (2013), em estudo com a madeira de *Schizolobium amazonicum* aos 14 anos, encontrou que na direção radial o comprimento de fibras aumentou de forma significativa até 13,5 cm, quando então tendeu a estabilizar, sendo tal posição muito próxima à distância correspondente a 75% do raio (13,8 cm), adotada no presente trabalho. Essa mesma autora, levando em consideração o comprimento e a espessura da parede de fibras, definiu como limite para o lenho juvenil a posição condizente com a distância radial de 10,5 cm, cujo valor, no presente estudo, se encontra entre as posições 50% e 75%.

Embora a madeira de ambos os plantios avaliados tenha apresentado um comportamento de elevação dos valores de espessura da parede ao longo da distância radial (Figura 3B), de forma análoga ao comprimento de fibras, o teste de médias detectou comportamento distinto para as médias por posição. Para a madeira proveniente do município de Rolim de Moura houve uma tendência de estabilização dos valores de espessura de parede em um patamar anterior (25% do raio), em relação ao registrado para a madeira proveniente de Parecis, em que a média de espessura de parede registrada apenas na posição 50%, mostrou o mesmo comportamento das médias, ou seja, passou a ser equivalente estatisticamente a todas as demais posições.

Com relação à espessura de parede, observa-se que embora os valores tenham mostrado um comportamento de elevação ao longo da distância radial, a porcentagem de incremento não se mostrou regular. Para a madeira proveniente de Rolim de Moura, foram observados crescimento da ordem de 19%, 3%, 8% e 7%, respectivamente, às posições 0% - 25%, 25% - 50%, 50% - 75% e 75% - 100% do raio e para a madeira proveniente de Parecis, um aumento em porcentagem entre os mesmos intervalos de 9%, 25%, 21% e 7%, portanto, um comportamento de maior amplitude entre as médias das posições 25% - 50% e 50% - 75%, superiores até mesmo ao registrado para o crescimento inicial (0% - 25%), dos indivíduos provenientes de Rolim de Moura. Nesse sentido, também com relação a espessura de parede, observa-se a tendência da madeira extraída de plantio proveniente de Rolim de

Moura se tratar de um material de maior homogeneidade. Com relação ao comportamento radial médio da espécie *S. amazonicum* dos plantios avaliados (Anexo A4), observa-se uma tendência menos clara de estabilização das médias em relação ao registrado pelas proveniências individualmente.

A amplitude observada para a espessura da parede de fibras entre as posições 0% e 100% para cada proveniência avaliada (Figura 4B) e média geral (Anexo A4) é condizente com o intervalo mencionado por Urbinati (2013), 2 a 4 μm , que as considerou também como de parede muito fina. Da mesma forma, a amplitude do diâmetro de lume, entre as mesmas posições (0% e 100%), (Figura 4C), foi próxima também à observada pela referida autora (21 a 27 μm), que os classificou como conspícuos em madeira de *S. amazonicum* de mesma idade (14 anos). Observa-se que os valores de largura de fibra e diâmetro de vaso dos extremos são muito próximos também aos verificados por Lobão et al. (2012), com valores de 32,48 μm e 27,62 μm para a largura de fibras e diâmetro de lume na posição mais próximo à medula e valores de 29,35 μm e 22,57 μm para estes mesmos parâmetros na posição próximo a casca.

O comportamento da variação do diâmetro de lume das fibras ao longo da distância radial diferiu entre os plantios avaliados. Para a madeira proveniente de Rolim de Moura houve redução do diâmetro de fibras entre as posições 0%-25% da ordem de 6%, seguida de uma elevação dos valores ao longo das posições radiais seguintes de 1%, 0,6% e 0,5%, respectivamente, às posições 25% - 50%, 50% - 75% e 75% - 100% do raio, sem, no entanto, ser observada diferença estatística entre as médias das 5 posições, refletindo-se numa matéria prima de maior homogeneidade quanto a este parâmetro. Para a madeira proveniente de Parecis houve uma elevação de 11% entre as médias do intervalo de 0%-25%, seguido da uma redução dos valores da ordem de 19%, 11% e 9% respectivamente, às posições 25% - 50%, 50% - 75% e 75% - 100% do raio, havendo a ocorrência de diferença estatística entre as médias das posições 25% e 100%, que foram equivalentes a todas as demais posições radiais.

No que se refere à largura de fibras (Figura 3D) observa-se que, embora o comportamento desse parâmetro ao longo das posições radiais tenha sido o mesmo do registrado para o diâmetro de lume, as médias entre as posições radiais não diferiram estatisticamente entre si. Para a madeira proveniente de Rolim de Moura houve uma redução nos valores entre as posições 0%-25% da ordem de 3%, seguida de uma elevação dos valores ao longo das posições radiais seguintes de 1,7%, 2% e 1,8%, respectivamente, às posições 25% - 50%, 50% - 75% e 75% - 100% do raio, enquanto que na madeira proveniente de Parecis houve uma elevação da média registrada na posição 25% em relação à posição 0% da

ordem de 10%, seguida se uma redução dos valores nas posições seguintes da ordem de 13%, 4% e 5%, respectivamente às posições 25% - 50%, 50% - 75% e 75% - 100% do raio.

Não foi observada influência da posição radial no comportamento médio tanto na largura de fibras como no diâmetro de lume (Anexos A6 e A8).

O comportamento radial médio da madeira dos plantios avaliados (Figuras 3C e 3D) revelou uma tendência de aumento no valor de largura de fibra e diâmetro de lume entre as posições 0% e 25% seguido de um decréscimo no valor das médias, de forma análoga ao observado por Lobão et al. (2012) a partir de árvores de DAP médio de 27,4 cm de *S. amazonicum*, cuja tendência de elevação das médias foi registrada entre a posição 0% e a região de formação do cerne. Urbinati (2013) também registrou o mesmo comportamento para a largura de fibras, em que houve um aumento entre os valores das duas primeiras posições avaliadas, seguida de uma redução gradual nas posições seguintes.

2.3.2.1.1 Coeficientes indicativos de qualidade da madeira

Na Tabela 6 se encontra a estatística descritiva para a média dos coeficientes indicativos de qualidade da madeira de *S. amazonicum* para produção de polpa e papel.

Tabela 6 – Coeficientes indicativos de qualidade da fibra de *Schizolobium amazonicum* aos 14 anos em função da posição radial

Indicativos	Posição radial					Média	Desvio Padrão	CV (%)
	0%	25%	50%	75%	100%			
FP (%)	13,81	15,44	18,61	21,80	23,89	18,71	6,00	32,07
CF (%)	86,19	84,56	81,39	78,20	76,11	81,29	6,00	7,38
IR	0,16	0,19	0,23	0,29	0,33	0,24	0,10	43,52

Em que: FP: Fração parede; CF: Coeficiente de flexibilidade; IR: índice de Runkel

Analisando os dados da Tabela 6, verifica-se que o índice de Runkel calculado, menor que 0,25, permite enquadrar a madeira de *Schizolobium amazonicum* aos 14 anos no grupo I da classificação proposta por Runkel (1952) e disponível no trabalho de Vasconcelos (2005). Esse resultado é importante, pois, madeiras pertencentes ao referido grupo são de excelente qualidade para a fabricação de papel. Dessa forma, em comparação com espécies de maior índice de Runkel, as fibras da madeira da espécie em referência estão sujeitas a um maior grau de colapso, permitindo assim a formação de uma maior superfície de contato entre fibras, resultando na produção de um papel de maior resistência à tração e ao estouro. O elevado

valor médio do coeficiente de flexibilidade (81,29%) confirma a maior susceptibilidade das fibras ao achatamento na produção de papel, com ganhos em resistência do produto manufaturado.

A excelente qualidade das fibras de *S. amazonicum* para a finalidade de produção de polpa e papel é reforçada pelo valor do índice fração parede calculado, inferior a 40%, uma vez que Foelkel e Barrichelo (1975), citados por Vidaurre (2010), mencionam que porcentagens acima desse valor para a fração parede não produzem celulose de boa qualidade porque as fibras são extremamente rígidas e pouco flexíveis.

Ao comparar os coeficientes indicativos de qualidade das fibras de *S. amazonicum* aos 14 anos com a madeira do gênero *Eucalyptus*, de reconhecido uso na produção de polpa e papel, comprovam-se as excelentes propriedades de suas fibras. Ferreira et al. (2006), estudando a madeira de 12 clones de *Eucalyptus* em idade de corte (9 anos), observaram uma fração parede de 46,66% e um coeficiente de flexibilidade de 53,67%, ou seja, diferente do observado no presente estudo, uma fração parede superior (até mesmo à porcentagem limite de 40%) e um coeficiente de flexibilidade inferior.

2.3.2.2 Morfologia de vasos da madeira de *Schizolobium amazonicum*

Na Tabela 7 consta o teste de médias para os parâmetros de elementos de vaso em função da proveniência, juntamente com o coeficiente de variação.

Tabela 7 – Teste de médias para as variáveis dos elementos de vaso de *S. amazonicum* aos 14 anos, em função da proveniência

Proveniência	Variáveis dos Elementos de Vaso		
	Diâmetro (μm)	Frequência (vasos/ mm^2)	Área ocupada (%)
Parecis	186,93b*	1,71 a	4,91 b
Rolim de Moura	201,21a	1,94 a	5,65 a
Média	194,07	1,82	5,28
CV (%)	10	23	19

Em que: *= Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$); CV= Coeficiente de variação

Observa-se que a análise fatorial (Tabela 6, Anexo B1 e B5) acusou influência do fator proveniência nas médias de diâmetro de vaso e área ocupada pelos vasos, com as maiores médias registradas para a madeira proveniente de Rolim de Moura, que também apresentou a

maior frequência de vasos embora com média estatisticamente igual à proveniência de Parecis.

Rigatto et al. (2004), estudando a influência dos atributos de solo sobre a qualidade da madeira, relataram que a textura do solo influenciou a morfologia dos traqueídeos, sendo maior o diâmetro de lume observado na madeira formada em sítios de textura argilosa, em relação ao da madeira formada em sítios com solo de textura média. Os dados da Tabela 6, referentes ao diâmetro dos elementos de vaso, corroboram a informação desses autores, visto que o solo do plantio proveniente de Rolim de Moura (Tabela 2), pela porcentagem de argila encontrada, pode ser classificado como de textura argilosa e é caracterizado como de maior porosidade total e de menor densidade de solo e partículas em relação ao solo proveniente de Parecis, este classificado como de textura média.

Segundo Bellote e Dedecek (2006) a porosidade total do solo é responsável pelo armazenamento e transporte da água e do ar no mesmo. De acordo com Castelo (2007), a densidade global corresponde à massa de solo seco por unidade de volume, ou seja, o volume do solo ao natural, incluindo espaços porosos, estando tal densidade estritamente relacionada à porosidade total, sendo estas propriedades inversamente proporcionais e, por este motivo, uma contrasta com a outra. A disponibilidade de água está intimamente ligada à porosidade total do solo e inversamente proporcional à densidade global, as quais podem influenciar na dinâmica entre água, solo e planta. Nesse sentido, as características físicas do solo do plantio no município de Rolim de Moura, provavelmente, condicionaram uma maior disponibilidade hídrica no solo, e como uma adaptação dos indivíduos em crescimento nessas condições, houve um acréscimo do diâmetro dos vasos condutores e, por consequência, da área ocupada pelos mesmos. Com relação ainda a este aspecto, Corrêa (2007) não verificou relação entre os atributos químicos do solo e as características morfológicas de traqueídeos e mencionou como interpretação deste fato que, no desenvolvimento e formação destas células, as árvores aproveitam o que existe de nutriente disponível e as produzem de acordo com padrões pré-estabelecidos.

Roque et al. (2007) observaram que as alterações na anatomia do lenho, com respeito às células importantes para o fluxo de seiva mineral (vasos) e reserva de nutrientes (parênquima), foram induzidas pelas condições ecológicas dos locais de estudo, indicando que estes são os elementos anatômicos que refletem as mudanças do ambiente.

Embora a literatura relate a influência das propriedades do solo na disponibilidade hídrica e, por consequência, na anatomia celular como uma forma de adaptação, a análise de correlação de Pearson, realizada entre os caracteres anatômicos da madeira e os caracteres

físico-químicos do solo (Anexo C1), acusou correlação negativa significativa entre a frequência de vasos e a densidade de partículas do solo, não sendo verificadas outras correlações a nível estatístico.

Na Tabela 8 consta a relação de resultados de estudos disponíveis com os parâmetros anatômicos relativos às células de vaso da madeira de *S. amazonicum*.

Tabela 8 – Variáveis de elementos de vaso de *S. amazonicum* disponíveis na literatura

Autor	Proc.	Idade (anos)	Diâmetro (μm)	Frequência (vasos/ mm^2)	Área ocupada (%)
Urbinati (2013)	Pará	14	154,88	3,68	...
Lobão et al. (2012)	Acre	10-18	180	1,67	4,34
		22-33	200	1,57	6,69
Vidaurre (2010)	Pará	5	176,11	...	...
		7	199,78	...	...
		9	191,64	...	...
		11	208,28	...	...
Bianche (2009)	Pará	...	172,53	3,16	...
Presente estudo	Rondônia	14	194,07	1,82	5,28

Nota: ... Informação não disponibilizada pelo autor

Comparando os dados da Tabela 7 com os da Tabela 8, de modo geral, pode-se dizer, em comparação com informações já relatadas em indivíduos de *S. amazonicum* de mesma idade, que a média de diâmetro de vasos dos plantios avaliados no presente estudo foi superior em 20,19% ao registrado por Urbinati (2013), e a frequência de vasos foi inferior em 102,19% ao registrado pela referida autora. Em relação a estudos com indivíduos de outras idades (Tabela 8), verifica-se que os valores médios do presente estudo são todos compatíveis.

A frequência de vasos e a área ocupada pelos vasos foram compatíveis com o registrado no estudo de Lobão et al. (2012), com indivíduos em cuja amplitude de idade se encaixa a madeira avaliada (14 anos).

Na Figura 5 está representado o comportamento radial médio e de cada plantio avaliado, dos parâmetros de elementos de vaso (diâmetro, frequência e área ocupada).

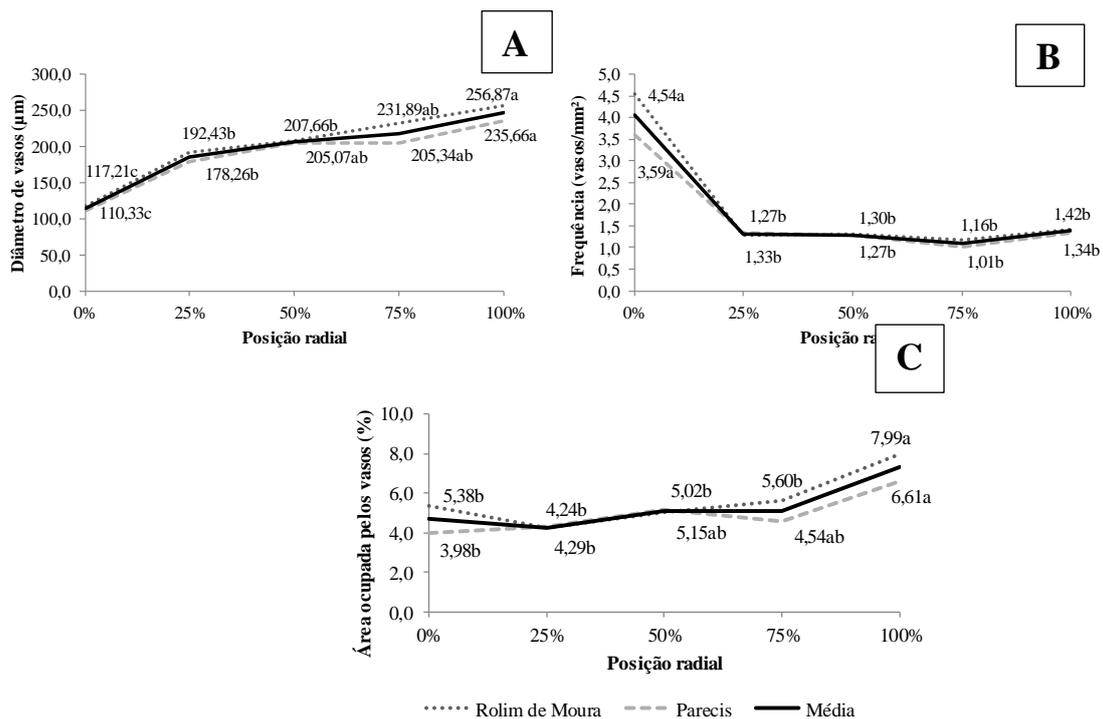


Figura 5 – (A) Variação radial do diâmetro de vasos (µm), (B) frequência (vasos/mm²) e (C) área ocupada pelos vasos (%) para a madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos

Com relação aos valores médios de diâmetro dos vasos (Figuras 5A), observa-se tendência de valores crescentes ao longo da distância radial para a madeira de ambas as proveniências avaliadas. Para os indivíduos provenientes de Rolim de Moura, a média referente à posição 0% diferiu estatisticamente das demais, enquanto a média das posições 25%, 50% e 75% não diferiram estatisticamente entre si, sendo esta última posição (75%) estatisticamente equivalente à posição 100%. Com relação à madeira proveniente de Parecis, houve o mesmo comportamento, exceção de que a posição 100% igualou-se estatisticamente também com a posição a 50% do raio, ou seja, houve uma tendência de estabilização dessa característica em patamar anterior.

Observa-se aumento de 64%, 8%, 11% e 10%, correspondente aos intervalos 0%-25%, 25%-50%, 50%-75% e 75%-100%, respectivamente para a madeira proveniente de Rolim de Moura, já a de Parecis, para os mesmos intervalos, o aumento em porcentagem foi de 61%, 15%, 0,13% e 15%.

Com relação ao comportamento médio dos plantios avaliados no que se refere ao diâmetro de vaso (Figura 5A, Anexo B2), observa-se diferenciação estatística entre as médias das posições 0% e 100%, com a média da posição 50% sendo estatisticamente igual à das posições 25% e 75%.

Vidaurre (2010) relatou para o *S. amazonicum* uma baixa frequência de elementos de vaso por milímetro quadrado, em média de 3 a 4, em que os maiores valores foram encontrados na região da madeira juvenil, entre 1,5 cm e 4,5 cm da medula, e os menores valores, próximos à casca ($1/\text{mm}^2$), portanto, condizentes aos encontrados no presente estudo (Figura 5B). De acordo com Sette Júnior et al. (2012), sob o aspecto fisiológico, as alterações no diâmetro, frequência e disposição dos elementos de vasos são decorrentes da necessidade das plantas aumentarem sua capacidade de transporte de água e sais minerais, à medida que se processa o seu crescimento, resultando em aumento das dimensões de tais elementos. Vidaurre (2010) observou correlação positiva entre a idade de indivíduos de *S. amazonicum* e diâmetro de vasos, fato que deve ser levado em consideração nos processos de industrialização da madeira, uma vez que para a referida autora o *S. amazonicum* por apresentar lume conspícuo, aparenta ser uma espécie com facilidade para penetração e passagem de fluidos, ou seja, trata-se de madeira permeável.

Quanto à frequência de vasos (Figura 5B), para a madeira de ambas as proveniências, o valor médio encontrado próximo a medula (posição 0% do raio) foi superior e diferiu estatisticamente de todas as demais posições seguintes, as quais equivaleram-se entre si, mesma tendência também verificada para a média dos dois plantios por posição (Anexo B4). Comportamento semelhante foi registrado por Urbinati (2013), em cujo trabalho os maiores valores da frequência de vasos da madeira de *S. amazonicum* foram encontrados nos primeiros centímetros da medula, tendendo a entrar em estabilidade nas posições posteriores.

Observa-se na Figura 3B que para a madeira proveniente de Rolim de Moura houve uma redução de 72% na frequência de vaso entre as posições 0%-25%, e para a madeira proveniente de Parecis uma redução um pouco inferior, de 63%, no mesmo intervalo. Para ambas as proveniências os demais intervalos não apresentaram um comportamento definido, com oscilação entre os valores, porém como mencionado, sem apresentarem diferença estatística entre si.

O comportamento inverso dos valores médios do diâmetro de vasos em relação a frequência (vasos/ mm^2) ao longo do comprimento radial, verificado através da análise conjunta das Figuras 5A e 5B, respectivamente, também foi relatado por Vidaurre (2010), Lobão et al. (2012) e Urbinati (2013), estudando a mesma espécie em referência.

Esse comportamento, da maior abertura dos elementos de vaso nas porções mais periféricas do tronco da madeira de *S. amazonicum*, foi relatado por Urbinati (2013) como tendo influencia na maior penetração de adesivo na estrutura anatômica da madeira, com

reflexos, por exemplo, no aumento da tensão de ruptura da madeira extraída destas porções quando colada, e submetida ao ensaio de cisalhamento.

Com relação à área ocupada pelos vasos, em % (Figura 5C), observa-se que para ambas as proveniências houve uma tendência de aumento dessa variável ao longo da distância radial, com oscilação das médias entre as posições 25%, 50% e 75%. No caso da madeira proveniente de Rolim de Moura, apenas a média da posição 100% foi estatisticamente diferente das demais, cujas médias não diferiram entre si. Já para os indivíduos de Parecis, a posição 100% diferiu estatisticamente somente das posições 0% e 25%, e as posições 50% e 75% apresentaram médias equivalentes, a nível estatístico, com todas as demais. Com relação ao comportamento médio dos dois plantios para a área ocupada pelos vasos (Figura 5C, Anexo B6) a média da posição 100% foi superior e estatisticamente diferente de todas as demais.

Em uma análise individual do comportamento registrado para a madeira dos plantios em que se deu a amostragem, os valores médios por posição radial referente ao diâmetro de vasos (Figura 5A), frequência de vasos (Figura 5B) e área ocupada pelos vasos (Figura 5C) da madeira extraída do plantio de textura argilosa (Rolim de Moura, vide Tabela 1) apresentaram tendência de se manter sempre superiores ao longo de toda a distância radial, em relação aos valores médios da madeira proveniente da área com solo de textura média e maior compactação (Parecis), resultando em média superior (Tabela 6), conforme já discutido anteriormente.

2.3.3 Composição química da madeira de *Schizolobium amazonicum*

A Figura 6 apresenta a composição química das madeiras de *Schizolobium amazonicum* aos 14 anos, provenientes de Parecis - RO e Rolim de Moura – RO.

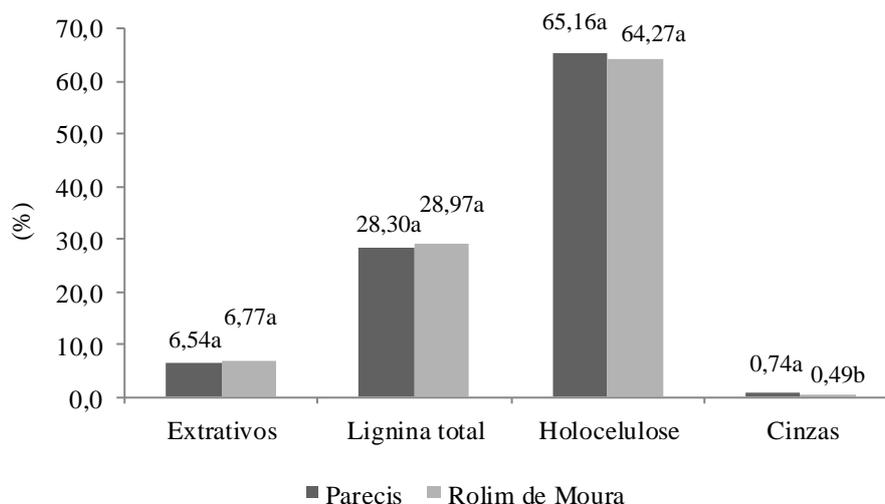


Figura 6 – Valores médios dos componentes químicos da madeira de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke aos 14 anos, provenientes de Parecis – RO e Rolim de Moura – RO

Observa-se na Figura 6 que houve diferença estatisticamente significativa entre as proveniências apenas para o teor de cinzas. Apesar de não haver diferenças estatísticas entre os demais parâmetros químicos da madeira de *S. amazonicum*, de modo geral, a madeira proveniente do plantio de textura argilosa (Rolim de Moura) mostrou tendência a ter menor teor de holocelulose e maiores teores de extrativo e lignina. Resultado análogo encontra-se registrado no estudo de Rigatto et al. (2004), com a madeira de *Pinus taeda*. A referida autora também faz menção à pesquisa de Tsoumis e Panagiotidis (1980), os quais, mesmo sem encontrar diferenças estatísticas significativas, observaram que os maiores teores de extrativos e lignina foram observados na madeira de sítios com textura mais argilosa.

Essa informação é confirmada pela correlação negativa e significativa encontrada para o teor de holocelulose e argila do solo (Anexo C1), enquanto para os demais parâmetros não foi possível observar uma relação, possivelmente, devido ao reduzido número de indivíduos avaliados. Da mesma forma, observou-se uma correlação negativa entre este constituinte químico e os parâmetros que reduzem a fertilidade do solo, tais como a saturação por alumínio (m%), a quantidade de alumínio trocável e a acidez potencial, enquanto que para a soma de bases trocáveis (SB%), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P), a correlação se mostrou positiva.

Conforme visto anteriormente, os plantios em que se deu a amostragem diferiram estatisticamente entre si apenas para a porcentagem de cinzas na madeira, cujo valor médio foi maior nos indivíduos provenientes do município de Parecis.

Segundo Oliveira (2003) o teor, assim como a composição química das cinzas podendo incluir cálcio, potássio, magnésio e traços de outros, pode ser afetado pela disponibilidade desses minerais no solo. Observa-se que a correlação de Pearson realizada (Anexo C1) permitiu verificar que a concentração de cinzas, em porcentagem na madeira de *S. amazonicum*, esteve condicionada de forma inversa com os atributos que restringem a disponibilidade de nutrientes no solo tais como aqueles ligados à acidez do solo, como a quantidade de alumínio trocável (Al), a saturação por alumínio (m%), e a concentração de ferro (Fe) no solo. Segundo Carvalho et al. (2005) com relação ao ferro, classificado como micronutriente em virtude da menor necessidade pelas plantas em quantidade, quando em maior concentração no solo tem sua absorção restrita a fim de evitar toxidez pela planta, em benefícios de outros nutrientes. Assim, a participação real dos micronutrientes e macronutrientes demandaria a análise da composição química das cinzas presentes na madeira.

Observa-se que as propriedades físicas de densidade do solo e densidade de partículas correlacionaram positivamente em nível de 1% de probabilidade com o conteúdo de cinzas na madeira (Anexo C1). Segundo Souza (2012) valores elevados de densidade podem causar aumento da resistência mecânica à penetração de raízes, redução da aeração, alteração do fluxo de água e calor e da disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Para Silva et al. (2002) a absorção de nutrientes pelas plantas depende do crescimento e eficiência das raízes e da disponibilidade de nutrientes no solo. Desta forma, embora a densidade do solo ofereça uma maior restrição das raízes à exploração dos nutrientes, observa-se que o solo proveniente de Rolim de Moura, de menor densidade (Tabela 1) e por ser considerado um solo muito pobre, conforme discussão relativa à Tabela 2, pode ter contribuído para redução da disponibilidade e acúmulo de nutrientes. De acordo com Freddo et al. (1999) a quantidade de elementos minerais presentes na madeira varia com a espécie, as disponibilidades do solo, as necessidades individuais e outros fatores de menor importância.

Na Tabela 9 consta a relação de resultados de estudos disponíveis com relação a extrativos, lignina total, holocelulose e cinzas para a madeira de *S. amazonicum*.

Tabela 9 – Variáveis de composição química da madeira de *Schizolobium amazonicum* encontrados na literatura

Autor	Proc.	Idade	Extrativo	Lignina total	Holocelulose	Cinzas
			%			
Melo et al. (2013)*	Pará	5-7	5,3%	25,6	68,5	0,60
Silva et al. (2013)	Mato Grosso	15	5,30	25,7	69	...
Vidaurre (2010)	Pará	5	5,93	29,71	64,68	0,82
		7	6,75	29,53	64,26	0,57
		9	6,19	29,68	65,52	0,67
		11	5,79	29,23	65,34	0,60
Lobão et al. (2011)	Acre	...	3,35	28,03	68,62	...
Almeida (2009)*	Pará	...	3,0	28,8	68,2	...
Bianche (2009)	Pará	...	...	28,10	70,56	...
Presente estudo	Rondônia	14	6,65	28,63	64,71	0,61

Nota: ... Informação não disponibilizada pelo autor; * Avaliação conduzida com lâminas de madeira

Ao comparar o valor médio da porcentagem de extrativos (6,65% Figura 6) com os disponíveis na literatura para a madeira de *S. amazonicum* (Tabela 8), observa-se que a porcentagem é mais próxima do observado por Vidaurre (2010) com a madeira de *S. amazonicum* aos 7 anos e superior em 20,30% ao observado por Silva et al. (2013) para a madeira desta espécie em idade superior (15 anos).

Um alto teor de extrativos, ora verificado na madeira estudada, é característica indesejável para madeiras destinadas à produção de celulose. Segundo Carvalho (1997), o aumento de extrativos na madeira, além de exigir maior carga de reagentes, também aumenta o potencial de formação de depósitos de “pitch” em equipamentos, principalmente telas e feltros, bem como afetam o potencial de absorção de líquidos do papel.

O valor médio do teor de lignina total da madeira (28,63% Figura 6) foi mais próximo ao observado por Almeida (2009) que não fez referência à idade da madeira avaliada. Com relação à madeira de idade mais próxima (15 anos), foi superior em 10,23%.

Vidaurre et al. (2012) não encontraram diferença nos teores médios de extrativos e lignina total entre as madeiras de *S. amazonicum*, nas idades de 5, 7, 9 e 11 anos. Adicionalmente, os autores afirmam que o teor de lignina registrado para espécie em referência sugere maior consumo de licor de cozimento e de reagentes de branqueamento. Carvalho (1997) menciona que a madeira de *S. amazonicum* apresenta alto teor de lignina,

porém, a mesma pode ser facilmente deslignificada. Referindo-se à lignina, Vidaurre (2010) verificou que na madeira de *S. amazonicum* a relação S/G mostrou que a frequência das estruturas siringila (S) foi ligeiramente superior às estruturas guaiacila (G). Segundo Ferreira et al. (2006) as estruturas de lignina siringila, por conterem mais grupos metoxílicos, são mais fáceis de serem degradadas pelos reagentes de cozimento, necessitando de menos álcali para se alcançar um mesmo número kappa final e, conseqüentemente, resultando em menor perda de rendimento no processo.

Ao se compararem os resultados de extrativos e lignina total obtidos para a madeira de *S. amazonicum* avaliada (Figura 6), com os registrados para a madeira de *Eucalyptus*, usualmente empregada nos processos de polpação, observa-se a menor qualidade da madeira de *S. amazonicum* do presente estudo para a mesma finalidade.

Gomide et al. (2010), a partir de 75 amostras de madeiras de *Eucalyptus* spp. em idade comercial de corte, determinaram teor de extrativos médio de 3,08% e teor de lignina total médio de 27,3%, ou seja, inferiores em 53,68% e 4,64%, respectivamente, aos registrados para a madeira de *S. amazonicum*. Lima et al. (2007), estudando a madeira de *E. urophylla* aos 14 anos, observaram teor de extrativos totais médio de 5,54%, portanto inferior em 16,69% ao registrado para a madeira de *S. amazonicum* de mesma idade no presente estudo.

Embora a densidade básica da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum*) aos 14 anos (0,31 g/cm³) possa ser considerada baixa (vide Capítulo 3, item 3.3.1), o que demandaria um maior consumo de madeira por tonelada de celulose produzida, Silva (2011) destaca que esta característica traz facilidade nos procedimentos de picagem, na impregnação e penetração dos licores de cozimento, com reflexos positivos no grau de deslignificação e rendimento depurado da polpa.

Segundo Gomide et al. (2010), a densidade da madeira tem correlação negativa com o consumo específico de matéria-prima, uma vez que madeira mais densa proporciona menor consumo de madeira (m³/t celulose). No entanto, no que se refere ao rendimento do processo, estes mesmos autores verificaram que o teor de lignina e o teor de extrativos são importantes características de qualidade da madeira, afetando significativamente o rendimento do processo de polpação, enquanto a densidade apresentou correlação positiva e significativa com a carga de álcali, um indicativo de que madeiras de densidades mais altas podem requerer álcali mais elevado no cozimento.

Assim, considerando que o teor de extrativos na madeira em estudo é bastante elevado em relação a madeira de *Eucalyptus*, essa seria uma desvantagem observada, uma vez que ocorre intensa remoção desses constituintes durante a polpação. De acordo com Vidaurre

(2010) para o emprego da madeira de paricá na produção de polpa celulósica recomenda-se a princípio estudos da influencia da relação S/G na polpação e o desenvolvimento de programas de melhoramento genético com o intuito de reduzir o teor de lignina total e o teor de extrativos e aumentar o conteúdo de lignina solúvel.

O teor de holocelulose médio encontrado no presente estudo (64,71%) está próximo ao encontrado por Vidaurre (2010) em todas as idades avaliadas, com um valor inferior em 6,63% ao observado para a madeira de 15 anos avaliada por Silva et al. (2013). Vidaurre (2010), estudando a composição química da madeira de *S. amazonicum* em diferentes idades, observou um aumento do teor de celulose na madeira com o aumento da idade, devido ao espessamento da parede celular, acompanhado de redução no teor de hemicelulose.

Considerando-se conjuntamente os dados obtidos para a madeira de ambos os plantios, o valor médio do teor de cinzas foi de 0,61%. Esse valor é compatível com o encontrado por Melo et al. (2013) em idades entre 5 e 7 anos e Vidaurre (2010) na idade de 11 anos. O alto teor de cinzas registrado na madeira de *S. amazonicum* proveniente de Parecis é uma característica indesejável na utilização dessa matéria prima na indústria de celulose e papel, principalmente em fábricas de celulose de ciclo de água muito fechado, com altas taxas de recirculações e baixos volumes de efluentes, segundo Freddo et al. (1999), já que, sendo os minerais uma fonte de contaminação dos efluentes, estes se acumulam no processo, causando problemas como corrosões, incrustações e entupimentos e, portanto, reduzem a vida útil dos materiais.

De acordo com Oliveira (2003) quanto maior a proporção de matérias minerais na madeira, maior será a porcentagem de cinzas no carvão, fato este pouco desejável, já que é um composto prejudicial na utilização da madeira para fins siderúrgicos. Nesse sentido, observa-se a maior eficiência energética da madeira proveniente de Rolim de Moura, uma vez que o teor de cinzas por ser considerado um material inerte no processo de combustão, e ao ser contabilizado na massa de material submetido à queima, conduz a uma redução do poder calorífico dessa biomassa.

2.4 Conclusões

Os parâmetros referentes às fibras da madeira de *S. amazonicum* não foram influenciados pela proveniência. No entanto, a menor porcentagem de variação desses parâmetros entre as posições radiais mostrou uma tendência de maior homogeneidade na madeira proveniente de Rolim de Moura;

Os valores do comprimento e espessura da parede de fibras na direção radial foram crescentes e tenderam a uma estabilização a partir da posição a 75% do raio, na madeira de ambas as proveniências avaliadas, o que pode ser um indicativo do início da formação de madeira adulta desta posição adiante;

O comprimento de fibras encontrado para a madeira de *S. amazonicum* de ambas as proveniências avaliadas pode ser considerado uma característica de destaque, uma vez que foi compatível ao registrado na literatura para madeira da mesma espécie, porém, em idade superior (19 anos);

O diâmetro de vasos e a sua porcentagem de área ocupada mostraram tendência de elevação dos valores na direção medula-casca, acompanhada de uma redução na frequência dos mesmos;

Houve influência da proveniência no diâmetro de vasos e área ocupada pelos mesmos. A madeira formada em condições de solo de textura argilosa (Rolim de Moura) mostrou tendência de apresentar valores superiores dos parâmetros de vaso em relação aos apresentados pela madeira proveniente do plantio com solo de textura média (Parecis) e maior compactação;

Com relação aos parâmetros químicos apenas o teor de cinzas diferiu entre as proveniências avaliadas, com porcentagem superior registrada para a madeira proveniente de Parecis, de solo cujos atributos químicos permitiram caracterizá-lo como de maior fertilidade;

Embora os coeficientes indicativos de qualidade das fibras da madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos, tenham revelado grande aptidão desta espécie para produção de polpa e papel na idade considerada, e os teores de holocelulose e lignina sejam próximos ao registrado na literatura para a madeira de *Eucalyptus* spp., recomenda-se que o elevado teor de extrativos observado deva ser levado em consideração nos programas de melhoramento genético para adequação da madeira avaliada;

O elevado teor de cinzas observado na madeira de *S. amazonicum* proveniente de Parecis, é um fator que deve ser levado também em consideração no emprego da madeira desta espécie na indústria de celulose e papel, com implicações sobre o sistema de recuperação de reagentes químicos e queima do licor negro, bem como na utilização da madeira para fins siderúrgicos, pela redução de sua eficiência energética.

Referências

ALMEIDA, V.C. **Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo uréia-formaldeído e dos compensados de pinus e paricá.** 2009. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

BELINI, U.L. **Caracterização e alterações na estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus grandis* em três condições de desfibramento e efeito nas propriedades tecnológicas de painéis MDF.** 2007. 89 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

BELLOTE, A.F.J.; DEDECEK, R.A. Atributos físicos e químicos do solo e suas relações com o crescimento e a produtividade do *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 21-38, 2006.

BIANCHE, J.J. **Propriedades de aglomerado fabricado com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida spp.*).** 2009. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

CARVALHO, H.G. **Efeito da idade de corte da madeira e de variáveis de refino nas propriedades da celulose kraft branqueada de eucalipto.** 1997. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

CARVALHO, J.C.R.; SOUSA, C.S.; SOUSA, C.S. **Fertilizantes e fertilização.** Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia, Departamento de Química do Solo, 2005. 159 p.

CASTELO, P.A.R. **Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus taeda* em diferentes sítios de crescimento e espaçamentos, através do método não destrutivo de emissão de ondas de tensão.** 2007. 151 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CASTELO, P.A.R.; MATOS, J.L.M.; DEDECEK, R.A.; LAVORANTI, O.J. Influência de diferentes sítios de crescimento sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 495-506, 2008.

CORRÊA, R.S. **Efeito dos atributos do solo na produtividade e qualidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.** 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CORRÊA, R.S.; BELLOTE, A.F.J. Influência do solo na dimensão dos traqueídeos e densidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 93-102, 2011.

FERREIRA, C.R.; FANTINI JUNIOR, M.; COLODETTE, J.L.; GOMIDE, J.L.; CARVALHO, A.M.M.L. Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: parte 1 - qualidade da madeira para produção de celulose Kraft. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 161-170, 2006.

FREDDO, A.; FOELKEL, C.E.B.; FRIZZO, S.M.B.; SILVA, M.C.M. Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 193-209, 1999.

GOMIDE, J.L.; FANTUZZI NETO, H.; REGAZZI, A.J. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 339-344, 2010.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Oakland, v. 10, n. 3, p. 219-332, 1989.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.

IWAKIRI, S.; MATOS, J.L.M.; PINTO, J.A.; VIANA, L C.; SOUZA, M.M.; TRIANOSKI, R.; ALMEIDA, V.C. Produção de painéis laminados unidirecionais – LVL com lâminas de *Schizolobium amazonicum*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 557-563, 2010.

JESUS, R.C.S. **Características anatômicas e físicas da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), plantado em diferentes espaçamentos e condições ambientais no município de aurora do Pará – Pa**. 2004. 165 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2004.

LIMA, C.K.P.; MORI, F.A.; MENDES, L.M.; CARNEIRO, A.C.O. Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influência na colagem. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2007.

LOBÃO, M.S.; COSTA, D.P.; ALMONACID, M.A.; TOMAZELLO FILHO, M. Qualidade do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, Acre, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 374-384, 2012.

LOBÃO, M.S.; CASTRO, V.R.; RANGEL, A.; SARTE, C.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA JÚNIOR, F.G.; CAMARGO NETO, L.; BERMUDEZ, M.A.R.C. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 469-477, 2011.

LOBÃO, M.S. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvore de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. E *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil**. 2011. 215 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2011.

MELO, R.R.; DEL MENEZZI, C.H.S.; SOUZA, M.R., STANGERLIN, D.M. Avaliação das propriedades físicas, químicas, mecânicas e de superfície de lâminas de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 238-249, 2013.

MOREIRA, W.S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999. 107 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semi-árido nordestino**. 2003. 122 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

RIBEIRO, V.C.N. **Caracterização anatômica da matéria-prima e avaliação das propriedades tecnológicas de painéis MDF de madeira de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke e de resíduos de espécies da Amazônia**. 2015. 124 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2015.

RIGATTO, P.A.; DEDECEK, R.A.; MATOS, J.L.M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose Kraft. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

ROQUE, R.M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C.T.S. Variações na estrutura da anatomia do lenho de árvores de *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) de clima tropical seco e úmido na Costa Rica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 65-75, 2007.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL. **Projeto municípios verdes sustentáveis: plantando novos caminhos de sustentabilidade**. Porto Velho, 2014. 12 p.

SETTE JÚNIOR, C.R.; OLIVEIRA, I.R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F.M.; LACLAU, J.P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1183-1190, 2012.

SILVA, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J.T.S.; CASTRO, V.R. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1081-1090, 2007.

SILVA, J.J.N.; CARDOSO, G.V.; SILVA JÚNIOR, F.G.; STANGERLIN, D.M. Caracterização tecnológica da madeira de *Schizolobium amazonicum* para a produção de celulose Kraft. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 33-45, 2013.

SILVA, M.G. **Produtividade, idade e qualidade da madeira de *Eucalyptus* destinada à produção de polpa celulósica branqueada**. 2011. 96 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; PEREIRA, P.R.G. Eficiência nutricional de potássio e crescimento de eucalipto influenciados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 1001-1010, 2002.

SOUZA, C.R.; ROSSI, L.M.B.; AZEVEDO, C.P. **Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*** (Huber x Ducke) Barneby. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 12 p. (Circular Técnica, 18).

SOUZA, M.G.O.S. **Crescimento de espécies florestais em povoamentos puros e sua influência sobre atributos edáficos em Trajano de Moraes, RJ**. 2012. 64 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

STOLF, R.; THURLER, A.M.; BACCHI, O.O.S.; REICHARDT, K. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 447-459, 2011.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Test Methods**. Atlanta: TAPPI Press, 2007. 2 v.

TEREZO, R. F. **Avaliação tecnológica do paricá e seu uso em estruturas de madeira laminada colada**. 2010. 201 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

URBINATI, C.V. **Influência das características anatômicas em juntas coladas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby (Paricá)**. 2013. 162 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

VASCONCELOS, F.S.R. **Avaliação do processo SuperBatch™ de polpação de *Pinus taeda***. 2005. 106 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

VIDAURRE, G.B. **Caracterização anatômica, física e químico-mecânica da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum*) para produção de energia e polpa celulósica**. 2010. 74 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

VIDAURRE, G.B.; CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; SANTOS, R.; VALLE, M.L.A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

3 PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA MADEIRA SÓLIDA DE *Schizolobium amazonicum* AOS 14 ANOS

Resumo

O presente estudo objetivou avaliar a variação longitudinal da densidade básica e da massa específica aparente, bem como a variação radial das propriedades mecânicas da madeira sólida de paricá (*Schizolobium amazonicum*) aos 14 anos de idade, proveniente de duas áreas de florestas plantadas no estado de Rondônia. Foi amostrado a campo um total de oito árvores, sendo quatro de cada uma de duas áreas distintas (Rolim de Moura e Parecis). De cada árvore foram obtidas duas toras subseqüentes com comprimento de 2,0 m, definido após a extração de discos removidos ao longo de três posições longitudinais, os quais foram empregados na determinação da densidade básica e na massa específica aparente, esta última por meio da densitometria de raios X. Para os procedimentos de caracterização mecânica da madeira quanto às propriedades de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE) à flexão estática, resistência e MOE à compressão paralela as fibras, foram confeccionados corpos de prova retirados das porções próximas à medula e à casca da segunda tora amostrada, os quais foram ensaiados segundo a metodologia preconizada pela norma ASTM D-143. A média geral obtida para a densidade básica e a massa específica aparente da madeira de *S. amazonicum*, na porção avaliada do fuste, foi de 0,31 g/cm³ e 0,37g/cm³, respectivamente. Em ambos os casos observou-se uma tendência de redução dos valores ao longo da porção longitudinal avaliada, sem influência da proveniência da madeira nos resultados. A proveniência da madeira, também, não influenciou as propriedades mecânicas, cujos valores foram estatisticamente superiores na madeira extraída da região próxima à casca. As diferenças entre os valores médios dos dois tipos de madeira (casca e medula) na resistência ao cisalhamento, na resistência e MOE à compressão paralela, no MOR e no MOE à flexão estática foram de 18,73%, 13,67% e 9,65%, 22,05% e 22,63%, respectivamente. A menor diferença, em porcentagem, registrada para a densidade básica e massa específica aparente entre os extremos ao longo da porção longitudinal avaliada denotam maior homogeneidade por parte da madeira extraída do plantio proveniente de Rolim de Moura. Com exceção da resistência ao cisalhamento, a madeira de paricá aos 14 anos apresentou um incremento nos valores das propriedades mecânicas em relação a outros estudos com a mesma espécie, principalmente, no que se refere ao MOE à flexão estática.

Palavras-chave: Paricá; Flexão estática; Densitometria de raios X; Medula

Abstract

This study aimed to evaluate the longitudinal variation of the basic density and the apparent specific mass, as well as the radial variation of the mechanical properties of paricá wood (*S. amazonicum*) at age 14, from two areas of planted forests in the state of Rondônia. It was sampled a total of eight trees, four of each of two areas (Rolim de Moura and Parecis). From each tree were obtained two subsequent logs with a length of 2.0 m, determined after the extraction disks removed along three longitudinal positions which were used in the determination of the basic density and the specific gravity, determined by X-ray densitometry. For the mechanical characterization procedures of wood as the parallel shear, bending and parallel compression were prepared test specimens near pith and bark of the second log sampled, which were tested according to the methodology recommended by the ASTM D 143. The overall average for the density and specific gravity of *S. amazonicum* wood was 0.30708 g/cm³ and 0.37125 g/cm³, respectively, and a trend of reduction over the longitudinal

portion evaluated without influence of origin on the results. The mechanical properties were statistically higher for wood extracted near the bark, and the differences between the mean values of both types of wood in shear strength, resistance and MOE to parallel compression and MOE and MOR to bending were 18.73%, 13.67%, 9.65%, 22.05% and 22.63%, respectively. The smallest difference, in percentage, for basic density and apparent specific mass between the extremes along the longitudinal portion evaluated denote greater homogeneity by the wood from Rolim de Moura. Except for of the shear strength of the timber paricá at age 14 showed an increase in the values of the mechanical properties regarding to other studies with the same species, mainly in regard to MOE and the static bending.

Keywords: Paricá; Bending; X-ray densitometry; pith

3.1 Introdução

A investigação do potencial madeireiro de espécies nativas de rápido crescimento na região amazônica, dentro de uma ampla possibilidade de usos, é uma forma de agregar maior valor à matéria prima produzida, reduzindo a necessidade de recorrer à introdução de espécies exóticas ou à exploração predatória de florestas nativas para extração de maior volume de madeira, sem um manejo florestal adequado.

Segundo Iwakiri et al. (2011), o impacto ambiental resultante da exploração seletiva de espécies madeireiras de tradição na produção de compensados tropicais, levou o mercado consumidor a exigir certificados de manejo florestal sustentado. De acordo com a mesma fonte isso forçou os empresários do setor florestal e madeireiro da Amazônia a investir em alternativas, como a implantação de florestas com espécies nativas da região, tal como o *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (paricá), cuja madeira demonstrou ser uma excelente alternativa na produção de lâminas e compensados.

Para Vidaurre et al. (2012), o potencial silvicultural e tecnológico apresentado pelo paricá tem demonstrado, no decorrer dos últimos anos, sua viabilidade para o reflorestamento na Região Norte e parte da Região Nordeste do País, já que, segundo a mesma autora, sua taxa de crescimento é, em média, de 30 a 35 m³/ha/ano, mesmo sem a adoção de programas de melhoramento genético, comumente utilizados nos plantios em larga escala no Brasil. De acordo com o anuário da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2014) o *S. amazonicum* está entre as espécies mais plantadas no Brasil, excetuando-se os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, com um aumento na área plantada de 2,4% no ano de 2013.

Conforme Urbinati (2013), desde que seja realizado o tratamento contra ataque de agentes xilófagos, a madeira de *S. amazonicum* apresenta potencial para diversas utilizações, tais como na fabricação de saltos para sapatos, embalagens leves, aerodelismo, pranchetas,

forros, etc. De acordo com Figueroa (2008) a restrição do emprego da madeira de *S. amazonicum* aos referidos usos e na confecção de compensados, está relacionada à falta de informações relativas às suas propriedades mecânicas. A exploração do potencial da madeira de *S. amazonicum* para finalidade estrutural é justificada por características de sua madeira tais como as mencionadas por Almeida et al. (2013), como o rápido incremento em altura e diâmetro em poucos anos de cultivo, o desenvolvimento de madeira com pequena quantidade de nós e defeitos e uma boa resistência a compressão paralela às fibras.

Urbinati (2013) afirma que a madeira de paricá é reconhecidamente promissora em diversas frentes de atuação e vem ganhando mercado como matéria-prima, seja para atender à demanda da indústria de painéis ou de componentes para construção civil. Com o avanço do conhecimento tecnológico sobre o comportamento da espécie, os problemas ainda existentes serão superados. Segundo Almeida et al. (2011), a utilização da madeira de paricá para finalidade estrutural depende do conhecimento de suas propriedades físicas e mecânicas, o qual permitirá utilizar esse material de forma racional, empregando-o de maneira correta nas edificações. De acordo com Vidaurre (2010), apesar do aumento da área plantada, estudos sobre as propriedades da madeira do paricá são incomuns, principalmente para diferentes idades e posições no tronco, os quais são importantes para avaliar o potencial da referida espécie para diferentes usos e conseqüentemente aumentar a sua utilização efetivamente.

O estudo da variação existente com relação a características relacionadas à densidade da madeira é uma forma de avaliar o grau de homogeneidade da matéria prima pela relação direta desta, com todas as demais propriedades tecnológicas da madeira. Já a caracterização mecânica da madeira de *S. amazonicum* em idade mais avançada, permite verificar a possibilidade de ampliação do uso até hoje previsto, agregando maior valor à madeira desta espécie, de forma a valorizar as características de incremento volumétrico e de qualidade do seu fuste, enquanto o estudo da variação radial desta propriedade é uma forma de otimizar o seu emprego estrutural, ao se direcionar a madeira de maior resistência na composição de itens que exijam maior desempenho mecânico.

O presente estudo objetivou avaliar a variação longitudinal da densidade básica e massa específica aparente, bem como a variação radial das propriedades mecânica da madeira sólida de paricá (*Schizolobium amazonicum*) aos 14 anos de idade, proveniente de duas áreas de florestas plantadas no estado de Rondônia.

3.2 Material e Métodos

Para o presente estudo, foram amostradas quatro árvores da espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke com 14 anos de idade, extraídas de duas diferentes áreas de cultivo no Estado de Rondônia, na área de abrangência dos municípios de Parecis (Latitude: 12° 07' e Longitude: 61° 36'), e Rolim de Moura (Latitude: 11° 48' e Longitude: 61° 48'), num total de oito. O número de toras amostradas por plantio está de acordo a pesquisa de Vidaurre et al. (2012) e Silva et al. (2007).

Foram selecionadas árvores de fuste linear e de boa sanidade, com diâmetro à altura do peito (DAP) em torno de 0,4 m. O abate dos indivíduos amostrados se deu a uma altura de 0,60 m do nível do solo em decorrência da presença de sapopemas na base das árvores desta espécie. De cada uma das árvores amostradas foram extraídas duas toras subsequentes, com comprimento de 2,0 m cada, definido após a extração de discos removidos ao longo de três posições longitudinais (P1, P2 e P3). A segunda tora deu origem à confecção de corpos-de-prova para os procedimentos de caracterização mecânica da madeira. Para a determinação da densidade básica foram confeccionadas cunhas a partir dos discos de 2,0 cm de espessura (II) e para a determinação da massa específica aparente por densitometria de raios-X extraídas seções transversais de discos com 3,0 cm de espessura (I), extraídos ao longo das três posições longitudinais. Na Figura 1 consta o esquema de amostragem do material.

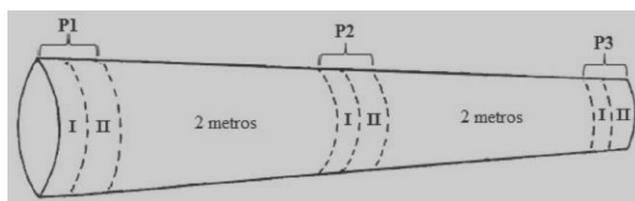


Figura 1 – Esquema de retirada das amostras

3.2.1 Avaliação da densidade básica da madeira

A partir dos discos amostrados foram confeccionadas duas cunhas, opostas pelo vértice, para determinação da densidade básica da madeira. O volume verde ou saturado das cunhas foi determinado pelo método de imersão em água, por meio da variação do peso desse líquido deslocado quando da imersão do corpo de prova, conforme descrito em Vital (1984). Já a massa seca das cunhas foi obtida em balança, pelo método gravimétrico, após as mesmas

terem atingido massa constante depois de acondicionadas em estufa com temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$.

Com os dados de volume verde e massa seca obtidos, a densidade básica (ρ_b) da madeira foi calculada através da Equação 1.

$$\rho_b = \frac{\text{Massa seca (g)}}{\text{Volume saturado (cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

3.2.2 Avaliação da massa específica aparente

Para determinação do perfil densitométrico do lenho, inicialmente sobre os discos foram visualmente definidas as regiões de corte representativas da madeira normal, a fim de evitar erros na leitura da densidade. Após, foi retirada uma amostra diametral do disco, com dimensões de 1,0 cm de largura por 2,0 cm de espessura. Essas amostras foram separadas na região da medula e constituíram duas amostras de madeira por disco.

As amostras radiais do lenho foram fixadas em suporte de madeira e cortadas em secções transversais (1,7 mm de espessura por 10 mm de largura) em equipamento de dupla serra circular e após foram mantidas acondicionadas em câmara de climatização a 20°C de temperatura e 60% de umidade relativa.

Para o procedimento, as amostras do lenho foram ajustadas em equipamento QTRS-01X (Quintek Measurement Systems), procedendo-se a varredura radial contínua por um feixe de raios X colimado. Os valores de raios X que atravessaram a amostra do lenho foram transformados em densidade aparente pelo software QMS, originando um arquivo DAT (relatório da análise com os valores pontuais de densidade aparente do lenho a cada $40\ \mu\text{m}$), que ao ser lido pelo software Excel, possibilitou construir os perfis radiais de densidade aparente do lenho das árvores nos lados direito e esquerdo da medula. Na Figura 2 consta o preparo das amostras de madeira.

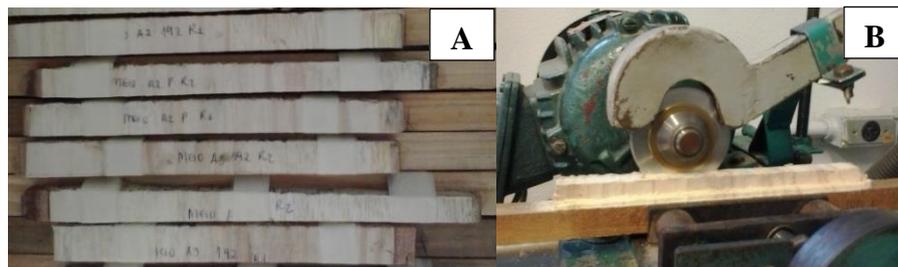


Figura 2 – Preparo das amostras de lenho. (A) Amostras de madeira coladas em suporte; (B) Extração dos corpos de prova em serra dupla

3.2.3 Avaliação das propriedades mecânicas da madeira sólida

Inicialmente, a segunda tora de cada árvore amostrada foi desdobrada, por meio de uma serra de fita, e obteve-se uma prancha diametral, com cerca de 8,0 cm de espessura e largura correspondente ao diâmetro da tora. Posteriormente, a prancha foi desdobrada em serra circular esquadrejadeira e então foram obtidos os corpos-de-prova para condução dos ensaios previstos para determinação das propriedades mecânicas da madeira sólida de *S. amazonicum*, as quais se encontram descritas na Tabela 1. O desdobro das toras em pranchas e a confecção dos corpos de prova foram conduzidos em estabelecimentos de processamento da madeira localizados no município de Rolim de Moura-RO.

Tabela 1 – Madeira sólida de paricá - Ensaios, Propriedades e Dimensões do material ensaiado, segundo a norma ASTM D-143 (1994)

Ensaios	Propriedades	Dimensões (cm)
Flexão Estática	Resistência (MOR) e Rigidez (MOE)	2,5 x 2,5 x 41,0
Compressão Paralela às Fibras	Resistência e Rigidez (MOE)	5,0 x 5,0 x 20,0
Cisalhamento Paralelo às Fibras	Resistência ao Cisalhamento	5,0 x 5,0 x 6,3

Os corpos de prova obtidos, depois de identificados quanto à posição de extração na prancha diametral (próximos à casca e próximos à medula), foram transportados à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), no município de Piracicaba, SP e encaminhados ao LEMMAD para acondicionamento em sala climatizada à temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 5\%$, onde permaneceram até estabilização da massa.

Depois de alcançarem tal condição, os corpos-de-prova destinados a todos os ensaios (flexão, compressão e cisalhamento) tiveram a massa e o volume determinados com auxílio de paquímetro e balança digital, respectivamente, para determinação da massa específica aparente na condição de equilíbrio higroscópico, e na sequência foram submetidos aos ensaios previstos, conduzidos em máquina universal de testes com capacidade para aplicar cargas de até 30 toneladas. A determinação da massa específica aparente da madeira na condição de climatização utilizada (aproximadamente 12% de umidade) teve por objetivo, também, possibilitar a estimativa das propriedades mecânicas avaliadas em função dessa propriedade física. A Figura 3 ilustra os ensaios conduzidos com a madeira sólida de *S. amazonicum* no LEMMAD.

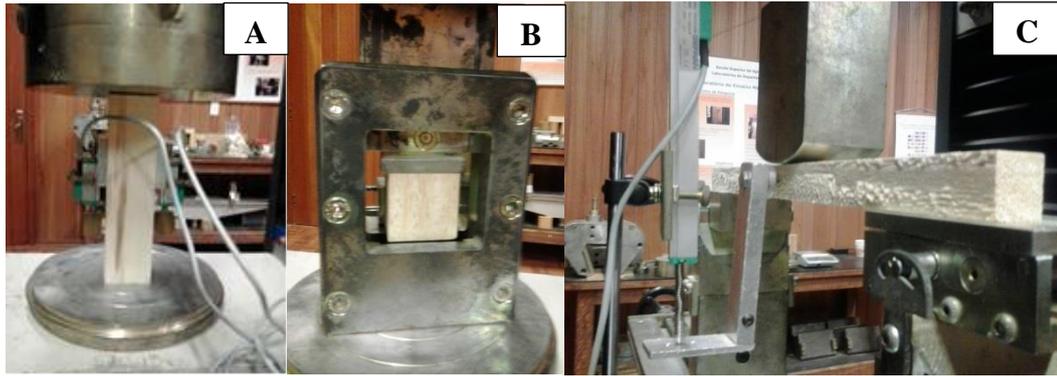


Figura 3 – (A) Ensaio de compressão paralela à grã; (B) Ensaio de cisalhamento; (C) Ensaio de flexão estática

3.2.4 Análise estatística

As propriedades físico-mecânicas foram avaliadas a partir de um delineamento inteiramente casualizado com arranjo bifatorial. Para as propriedades físicas densidade básica e massa específica aparente foram considerados os fatores: posição longitudinal com 3 níveis (0 m, 2 m e 4 m) e proveniência com 2 níveis (Parecis e Rolim de Moura), totalizando 6 tratamentos. Já para as propriedades mecânicas o fator proveniência foi combinado com o fator posição radial com 2 níveis (medula e casca), totalizando 4 tratamentos. Efetuou-se a análise de variância (ANOVA), com posterior comparação de médias pelo teste de Tukey, em nível de 1% e 5% de probabilidade de erro, aplicando-se o programa estatístico ASSISTAT Versão 7.7.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Densidade básica

Na Figura 4 está representada a variação longitudinal da densidade básica da madeira de *Schizolobium amazonicum* proveniente de Rolim de Moura e Parecis.

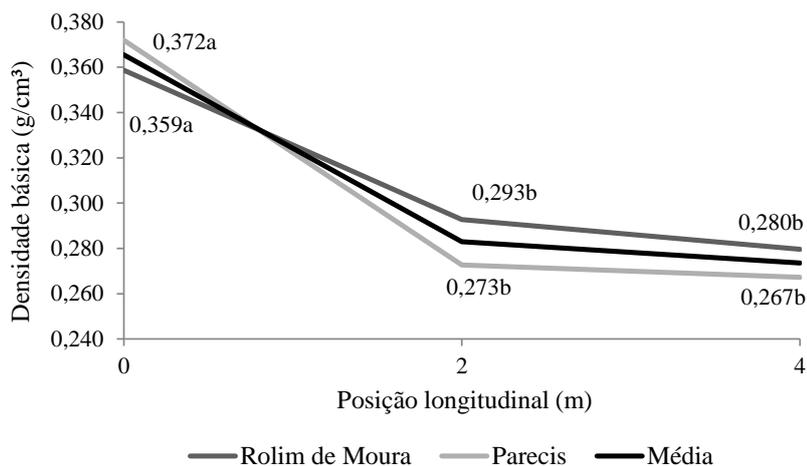


Figura 4 – Variação da densidade básica da madeira de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke aos 14 anos em função da posição longitudinal. As letras minúsculas se referem ao teste de médias entre as posições longitudinais dentro da mesma proveniência

A média geral registrada para a densidade básica da madeira de *S. amazonicum* foi de 0,307 g/cm³ (CV= 11,05%). A análise fatorial (Anexo D1) não indicou influência da proveniência da madeira avaliada, porém, em relação à variação longitudinal, para ambas as proveniências, houve diferença estatística entre a densidade básica da primeira porção avaliada (0 m) em relação à demais posições longitudinais seguintes, as quais não diferiram entre si (Figura 4). Mesma tendência foi registrada por Colli (2007) avaliando o comportamento longitudinal da densidade básica da madeira de *Schizolobium amazonicum*. Essa tendência de redução da densidade básica da madeira no sentido longitudinal do tronco é comum em madeiras com diferença pronunciada de densidade básica entre os lenhos inicial e tardio, em virtude da menor concentração de anéis de lenho tardio à medida que ocorre o afastamento da base das árvores.

O valor superior para a densidade básica determinada para a madeira proveniente de Rolim de Moura (Anexo D2), cujo solo foi caracterizado como de textura argilosa (Capítulo 2) mostrou o mesmo comportamento registrado por Castelo et al. (2008), cujos autores verificaram, para a madeira de *Pinus taeda* proveniente de sítio com textura mais argilosa, uma tendência a apresentar maiores valores para densidade básica. A diferença, em porcentagem, registrada para a densidade básica entre os extremos avaliados foi de 28,22% para a madeira proveniente de Parecis e de 22,00% para a madeira proveniente de Rolim de

Moura, indicando para esta última, maior homogeneidade da matéria prima quanto a este aspecto.

Os valores médios de densidade básica determinados neste estudo, ao longo da porção longitudinal (Anexo D3), ficaram próximos ou até mesmo inferiores aos resultados encontrados por outros pesquisadores com a madeira de *S. amazonicum* a partir de indivíduos de menor idade, tal como no estudo de Colli (2007) aos 11 anos ($0,36 \text{ g/cm}^3$, $0,27 \text{ g/cm}^3$ e $0,28 \text{ g/cm}^3$, respectivamente) e Jesus (2004) aos 9 anos ($0,34 \text{ g/cm}^3$, $0,30 \text{ g/cm}^3$ e $0,32 \text{ g/cm}^3$).

3.3.2 Massa específica aparente

Na Figura 5 consta o perfil densitométrico diametral de discos extraídos ao longo de três posições longitudinais de uma árvore escolhida aleatoriamente dentre as amostradas em cada plantio de *S. amazonicum*.

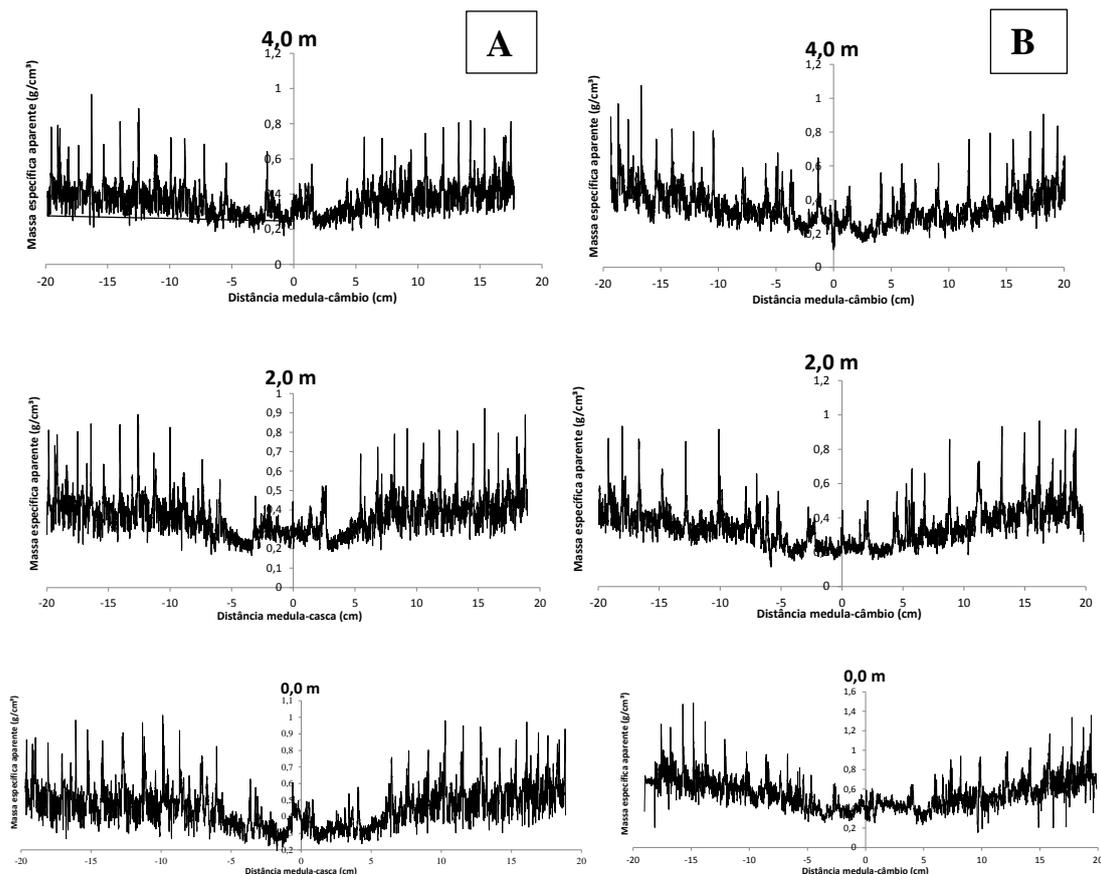


Figura 5 – Perfil diametral da madeira de *Schizolobium amazonicum* aos 14 anos. (A) Proveniência Rolim de Moura; (B) Proveniência Parecis

O perfil densitométrico de massa específica aparente a 12% do lenho das árvores de *Schizolobium amazonicum* é característico e revela uma redução dos valores coincidente com a demarcação dos limites dos anéis de crescimento, comprovando as variações da estrutura anatômica do lenho, evidenciando anéis de crescimento distintos, constituídos pelo lenho inicial e tardio, este de maior densidade aparente.

Urbinati (2013) descreveu que qualitativamente a anatomia do xilema secundário de *S. amazonicum* foi caracterizada por apresentar anéis de crescimento distintos, visíveis a olho desarmado, predominantemente delimitado pelo espessamento da parede e achatamento das fibras no limite do anel. Assim, a demarcação das zonas de baixa densidade pela técnica aplicada é, segundo Alvarado et al. (2010) resultado da menor atenuação dos raios X, durante o processo de irradiação das amostras do lenho, decorrente da composição anatômica das células de parede fina, maior largura e diâmetro do lume.

Corteletti (2013), ao avaliar árvores de *S. amazonicum* provenientes de uma região próxima a Paragominas, estado do Pará, menciona que as formações do lenho inicial e tardio, que compõe um anel de crescimento, estão relacionadas com os períodos de chuva e seca respectivamente, e esclarece que pelas condições climáticas predominantes na região, a formação do lenho inicial começa aproximadamente em dezembro, quando inicia o período chuvoso até aproximadamente em junho, quando o lenho tardio começa a se formar, e este termina aproximadamente no fim de novembro, iniciando um novo período de crescimento, mesma sazonalidade presente no estado de Rondônia.

Urbinati (2013), aplicando a técnica de raios X também à madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos, porém auxiliada pela determinação da densidade básica, verificou a presença de madeira juvenil nesta espécie até uma distância radial entre 7,5 e 10,5 cm da medula. Essa informação vem ao encontro dos resultados da caracterização anatômica (Capítulo 2) conduzida para a madeira de *S. amazonicum*, na qual, considerando os parâmetros comprimento e espessura de parede das fibras, verificou-se a presença de madeira de transição por volta da posição a 50% do raio, equivalente a aproximadamente a distância referente a 10 cm da medula.

A partir dos perfis diametrais de massa específica aparente do lenho, ao longo do comprimento longitudinal amostrado do fuste, foram determinadas as densidades aparente média e por posição longitudinal, da madeira das árvores amostradas em cada plantio, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios de massa específica aparente (g/cm^3) do lenho para as árvores de *Schizolobium amazonicum* das proveniências avaliadas

Posição Longitudinal (m)	Rolim de Moura	Parecis
0,0	0,4125 a	0,4425 a
2,0	0,3525 b	0,3400 b
4,0	0,3425 b	0,3375 b
Média	0,36917	0,37333

A densidade aparente média da madeira de *S. amazonicum* avaliada foi de 0,371 (CV=12,60%). Ao se considerar a média entre as posições longitudinais observa-se que o valor de massa específica aparente da madeira amostrada na posição mais inferior do tronco foi, da mesma forma que para a densidade básica, estatisticamente superior às demais posições que não diferiram entre si (Anexo D6). Para esta propriedade a diferença entre os valores dos extremos da posição longitudinal amostrada foi de 16,96% e 23,72% para as madeiras provenientes de Rolim de Moura e Parecis, respectivamente (Tabela 2).

Colli (2007), com esta espécie aos 11 anos, também encontrou valores similares e o mesmo comportamento estatístico das médias entre as três primeiras posições longitudinais do tronco, e média geral de $0,357 \text{ g/cm}^3$.

Na Figura 6 consta o perfil da massa específica aparente ao longo da distância radial da primeira porção longitudinal amostrada, portanto mais próxima à porção basal do tronco, confeccionado a partir dos valores acumulados de cada árvore amostrada a cada 2 cm de distância radial, juntamente com a linha de tendência e equação ajustada para os valores médios. O alto coeficiente de determinação registrado confirma a observação de Moreira (1999) de que para a madeira de *S. amazonicum* há uma tendência linear crescente na direção medula casca para a densidade aparente a 12%.

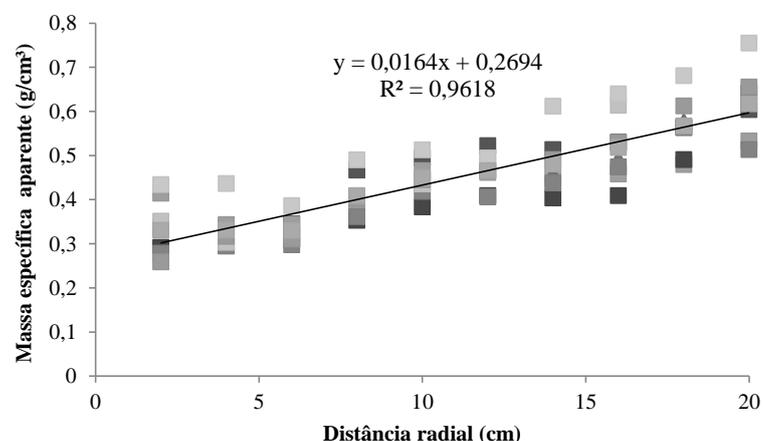


Figura 6 – Comportamento radial da densidade aparente da madeira de *S. amazonicum*

3.3.3 Propriedades mecânicas da madeira sólida de *Schizolobium amazonicum*

A Tabela 3 apresenta os valores médios da massa específica aparente e das propriedades mecânicas de corpos de prova da madeira de *S. amazonicum*, provenientes de Parecis e Rolim de Moura, extraídos da porção radial próximo à medula e casca.

Tabela 3 – Valores médios da massa específica e das propriedades mecânicas da madeira sólida de *Schizolobium amazonicum*

Proveniência	Posição Radial	Cisalhamento		Compressão Paralela		Flexão Estática	
		MEA (%)	Resistência* (kgf/cm ²)	Resistência (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)
P	Casca	0,3413	62	297	102914	601	84658
	Medula	0,2901	51	252	85768	475	67422
	Média	0,3156	57	274	94341	538a	76040
RM	Casca	0,3443	65	299	93765	627	89646
	Medula	0,3011	52	262	91925	482	67428
	Média	0,3226	58	280	92845	554	78537
Média Geral		0,3191	57	277	93593	546	77288
CV (%)		11,10	16	13	24,09	15	14

Em que: MEA= Massa específica aparente ao teor de umidade de acondicionamento; * = média da resistência ao cisalhamento nos planos radial e tangencial; P = Parecis; RM = Rolim de Moura

De acordo com as análises de variância efetuadas para as variáveis massa específica (Anexo D7), MOE e MOR na flexão estática (Anexo D10 e D13), MOE à compressão paralela (Anexo D16), resistência à compressão paralela (Anexo D19) e resistência ao cisalhamento (Anexo D22), verificou-se que houve diferenças significativas entre os tratamentos para o fator posição radial, consideradas todas essas propriedades, mas, não houve diferenças para o fator proveniência. Segundo as mesmas análises de variância, não houve interação significativa entre os fatores dos tratamentos para qualquer das propriedades.

O resultado do teste de médias de *Tukey*, realizado para a massa específica e para as propriedades mecânicas do fator posição radial, encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Teste de médias para massa específica e propriedades mecânicas em função da posição radial

Posição Radial	TU (%)	MEA (g/cm ³)	Cisalhamento	Compressão paralela		Flexão Estática	
			Resistência (kgf/cm ²)	Resistência (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)
Casca	11,8	0,3427 a	63 a	298 a	98339 a	614 a	87152a
Medula	11,6	0,2955 b	51 b	257 b	88846 b	478 b	67425 b

A massa específica média registrada para a madeira próxima a casca foi de 0,34 g/cm³ e próximo a medula de 0,29 g/cm³ (Tabela 4). Essa variável contribuiu para as propriedades mecânicas estatisticamente superiores da madeira próxima à casca, em todos os ensaios mecânicos realizados, sendo que as diferenças entre os valores médios dos dois tipos de madeira na resistência ao cisalhamento, na resistência e no MOE à compressão paralela, no MOR e no MOE à flexão estática foram de 18,73%, 13,67% e 9,65%, 22,05% e 22,63%, respectivamente.

Observa-se que a média geral da resistência ao cisalhamento (Tabela 3) é pouco inferior aos 60,16 kgf/cm² encontrado por Vidaurre (2010) para madeira de *S. amazonicum* na idade de 11 anos. Para as demais propriedades avaliadas, tais como MOR e MOE à flexão estática e resistência à compressão paralela, os valores médios gerais foram superiores em 11,10%, 15,78% e 3,55%, respectivamente, ao registrado pela referida autora. Deve-se destacar que os valores das propriedades mecânicas encontradas no estudo de Vidaurre (2010) se deram a partir da avaliação de corpos de prova extraídos da primeira tora e que as propriedades mecânicas da madeira estiveram, no estudo da referida autora, dentre as que foram afetadas pela posição longitudinal do tronco, o que pode ter contribuído para a elevação dos valores médios registrados em relação aos observados para a madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos no presente estudo.

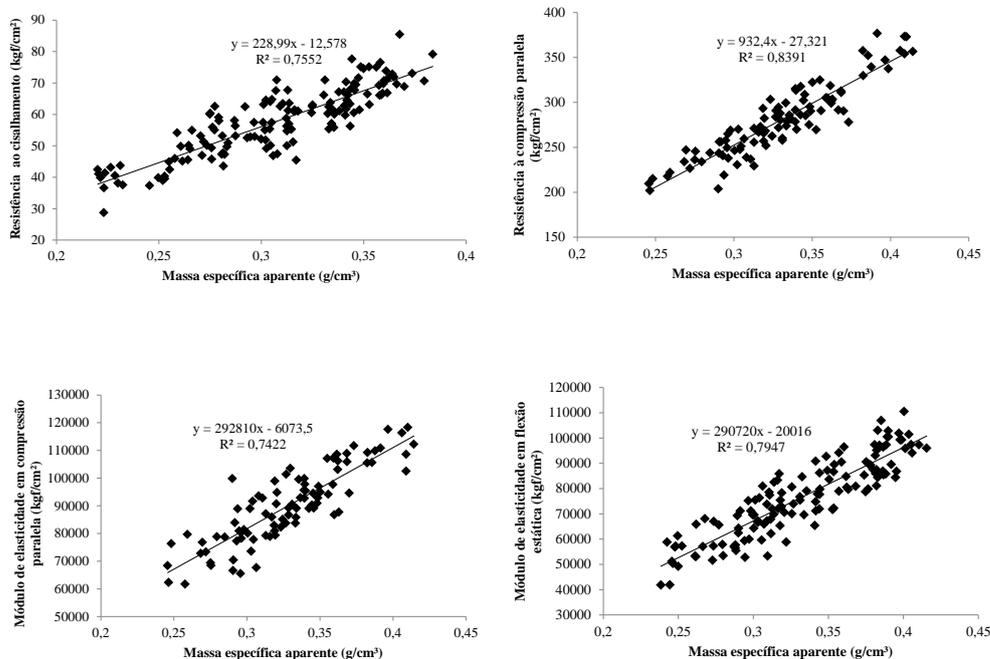
Em comparação com as informações de Moreira (1999), com a madeira de *S. amazonicum* de densidade básica superior em 29%, a madeira avaliada no presente estudo apresentou média de cisalhamento inferior em 16,56% e resistência inferior em 25,57% no ensaio de compressão paralela. As propriedades obtidas no ensaio de flexão estática da madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos foram superiores, tanto para o MOR (7,36%) como para o MOE (20,17%).

Almeida et al. (2013) ao avaliar as propriedades mecânicas da madeira de *S. amazonicum* na idade de 10 anos, na composição de peças de dimensões estruturais, observaram propriedades inferiores para a resistência (11,64%) e para o MOE (20,24%) à compressão paralela, e no MOR à flexão estática (6,62%) em relação ao registrado no

presente estudo para a madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos. Já as propriedades de resistência ao cisalhamento e o MOE em flexão estática registradas por Almeida et al. (2013) foram superiores ao do presente estudo em 6,83% e 14,83%, respectivamente.

A propriedade de rigidez em flexão estática oferecida pela madeira de *S. amazonicum* quando levada em consideração a densidade da madeira avaliada, pode ser elucidada quando comparada a do gênero *Pinus*, tradicionalmente utilizado no plantio de florestas. Trianoski et al. (2014), que avaliaram as propriedades de sete espécies de *Pinus* tropicais de 17 e 18 anos, com massa específica aparente a 12% entre 0,43 e 0,58 g/cm³, portanto bem superiores à registrada pelos corpos de prova avaliados, encontrou uma rigidez média superior apenas em 1,82% à média do presente estudo, já a rigidez no ensaio de compressão paralela foi superior em 19,60%. Com relação as propriedades de resistência para os mesmos ensaios, os valores encontrados foram superiores em 17,46% e 21,54%, respectivamente, aos valores médios no presente estudo.

Na Figura 7 constam as regressões lineares e as respectivas equações para estimativa das propriedades mecânicas da madeira de *S. amazonicum* em função da massa específica aparente dos corpos de prova.



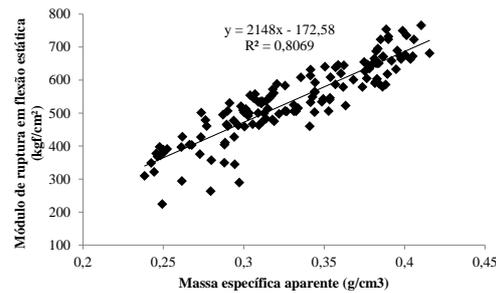


Figura 7 – Regressões lineares relacionando a massa específica aparente dos corpos de prova e as propriedades mecânicas avaliadas

Observa-se um bom ajuste das equações originadas para predição das propriedades da madeira de *S. amazonicum* em função da massa específica aparente a 12% de umidade, com coeficientes de determinação superiores a 70%. Para Moreira (1999) a relação massa/volume da madeira tem sido sempre empregada para estimar suas propriedades mecânicas, porém a correlação, no entanto, parece depender da espécie, sendo significativa em algumas, mas falha em outras. Este autor observou que a resistência à compressão da madeira do *Schizolobium amazonicum*, pode ser estimada pela densidade básica, com coeficiente de determinação de 0,9187 e erro-padrão da estimativa de apenas 1,79 MPa. Ao utilizar um modelo polinomial com densidade elevada ao quadrado, o coeficiente de determinação subiu para 0,976, com um erro-padrão associado de tão somente 0,964 MPa. Ainda no estudo de Moreira (1999) para a predição do módulo de elasticidade na espécie *Schizolobium amazonicum*, a densidade sozinha explicou 85,6% da variação.

3.4 Conclusões

Os valores médios da densidade básica e da massa específica aparente da madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos apresentaram redução ao longo da porção longitudinal avaliada da tora, com valores superiores para base diferindo estatisticamente das demais posições. Não houve influência significativa da proveniência da madeira nesse parâmetro;

A menor diferença, em porcentagem, registrada entre os valores de densidade básica e massa específica aparente dos extremos da porção longitudinal avaliada, denotam maior homogeneidade por parte da madeira extraída do plantio proveniente de Rolim de Moura;

Não houve influência da proveniência da madeira avaliada para todas as propriedades mecânicas avaliadas. Os valores médios de todas as propriedades mecânicas da madeira extraída da região próxima à casca foram estatisticamente superiores aos da madeira extraída

próxima à medula, com uma vantagem maior para o MOE à flexão estática, resultando em efeito da posição radial;

A aplicação da técnica de densitometria de raios X evidencia para a espécie *S. amazonicum* anéis de crescimento distintos e uma tendência linear de aumento da massa específica aparente a 12% na direção medula-casca;

Observou-se bom ajuste das equações originadas para predição das propriedades mecânicas da madeira de *S. amazonicum* em função da massa específica aparente dos corpos de prova avaliados, com coeficientes de determinação superiores a 70%. Na análise da magnitude dos valores das propriedades mecânicas avaliadas, deve-se levar em consideração que a madeira submetida aos ensaios foi extraída da segunda tora amostrada e que, considerando o comportamento de variação longitudinal de massa específica, não reflete o potencial máximo de resistência e rigidez aos esforços mecânicos pela madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos.

Referências

ALMEIDA, D.H.; SCALIANTE, R.M.; MACEDO, L.B.; MACÊDO, A.N.; CALIL JUNIOR, C. Madeira laminada colada (MLC) da espécie Paricá. **Madeira: Arquitetura e Engenharia**, São Carlos, v. 12, n. 30, p. 71-82, 2011.

ALMEIDA, D.H.; SCALIANTE, R.M.; MACEDO, L.B.; MACÊDO, A.N.; DIAS, A.A.; CHRISTOFORO, A.L.; CALIL JUNIOR, C. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb) em peças de dimensões estruturais. **Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1175-1181, 2013.

ALVARADO, J.R.; TOMAZELLO FILHO, M.; POLLITO, P.A.Z.; LOBÃO, M.S. Variação da densidade do lenho e relação com a largura dos anéis de crescimento de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla*, da floresta tropical amazônica do Peru. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 171-179, 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 143**: standard methods of testing small clear specimens of timber. Philadelphia, 1994. 31 p.

CASTELO, P.A.R.; MATOS, J.L.M.; DEDECEK, R.A.; LAVORANTI, O.J. Influência de diferentes sítios de crescimento sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 495-506, 2008.

COLLI, A. **Caracterização da madeira de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e propriedades de chapas de partículas aglomeradas com diferentes proporções de fibras de coco (*Cocos nucifera* L.)**. 2007. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CORTELETTI, R.B. **Análise de tronco aplicada à avaliação de crescimento de árvores de paricá**. 2013. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.

FIGUEROA, M.J.M. **Influência da temperatura sobre a resistência mecânica do paricá**. 2008. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Cenários IBÁ: estatísticas da indústria brasileira de árvores**. Brasília, 2014. 8 p. Disponível em: <http://www.iba.org/images/shared/destaque/cenarios_junho_imprensa.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2014.

IWAKIRI, S.; VARGAS, C.A.; PARCHEN, C.F.A.; WEBER, C.; BATISTA, C.C.; GARBE, E.A.; CIT, E.J.; PRATA, J.G. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 451-458, 2011.

JESUS, R.C.S. **Características anatômicas e físicas da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), plantado em diferentes espaçamentos e condições ambientais no município de aurora do Pará – Pa**. 2004. 165 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2004.

LOBÃO, M.S.; COSTA, D.P.; ALMONACID, M.A.; TOMAZELLO FILHO, M. Qualidade do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, Acre, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 374-384, 2012.

MOREIRA, W.S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999. 107 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

SILVA, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J.T.S.; CASTRO, V.R. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1081-1090, 2007.

TRIANOSKI, R.; MATOS, J.L.M.; IWAKIRI, S.; PRATA, J.G. Avaliação das propriedades mecânicas da madeira de espécies de Pinus tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 21-28, 2014.

URBINATI, C.V. **Influência das características anatômicas em juntas coladas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby (Paricá)**. 2013. 162 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

VIDAURRE, G.B. **Caracterização anatômica, física e químico-mecânica da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum*) para produção de energia e polpa celulósica**. 2010. 74 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

VIDAURRE, G.B.; CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; SANTOS, R.; VALLE, M.L.A.
Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*).
Árvore, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 1984. 21 p.
(Boletim Técnico, 1).

4 RENDIMENTO NA LAMINAÇÃO DA MADEIRA DE *Schizolobium amazonicum* E PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE PAINÉIS COMPENSADOS COM MADEIRA DE PROVENIÊNCIA DISTINTA

Resumo

A pesquisa teve como objetivo determinar o rendimento e as perdas no processo de laminação de toras da espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (paricá) aos 14 anos, em torno desfolhador do tipo tracionado (sem garras telescópicas), bem como as propriedades físico-mecânicas dos painéis compensados produzidos com as lâminas obtidas. Foi amostrado a campo um total de oito árvores, sendo quatro de cada uma de duas áreas distintas (Rolim de Moura-RO e Parecis-RO). Para a laminação, foi extraída a primeira tora, com 1,90 m de comprimento, de árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) próximo ao diâmetro máximo admitido para processamento no torno utilizado (400 mm). A partir das toras, lâminas com 2,0 mm de espessura nominal foram obtidas e utilizadas na manufatura de painéis compensados de 11 camadas. Os painéis foram colados com adesivo à base de ureia-formaldeído (UF), na gramatura de 320 g/m². O rendimento efetivo da laminação foi de 71,83%, em que do total, 46,12% das lâminas produzidas apresentaram potencial para compor a capa dos painéis, e o restante, 25,71% para composição do miolo. A maior perda em madeira se deu na etapa de arredondamento das toras (16,10%), seguida das perdas na segregação das lâminas em guilhotina (8,75%) e da perda em madeira de rolo resto (3,97%). Os compensados produzidos com a madeira dos plantios avaliados diferenciaram-se quanto a absorção de água, cujo valor foi superior para os painéis obtidos com lâminas de madeira proveniente de Parecis. As porcentagens médias registradas para a absorção de água, inchamento e recuperação em espessura foram 66,74% 3,90% e 1,07%, respectivamente. A tensão ao esforço de cisalhamento, tanto para a condição seca como úmida foi superior a 10,2 kgf/cm². O valor médio do MOR na flexão estática paralela foi superior em 25% ao obtido na direção perpendicular, e para o MOE, essa mesma diferença foi mais pronunciada (35,82%). O rendimento obtido na laminação foi superior aos disponíveis na literatura, considerando tanto a madeira da espécie estudada como a de outras quando processadas em torno tradicional (com garras telescópicas). Os resultados encontrados indicaram alta resistência mecânica dos painéis, levando em consideração a densidade relativamente baixa da madeira utilizada. O comportamento físico-mecânico dos painéis confirma a aptidão desta espécie para a manufatura de compensados, nas condições do processo industrial que foram adotadas no trabalho. Caso fossem colados com adesivo fenólico, os compensados de lâminas de madeira de *S. amazonicum* tornariam-se promissores para aplicação estrutural.

Palavras-chave: Paricá; Processamento de toras; Lâminas; Painel

Abstract

The research aimed to determine the yields and losses in the lamination process of logs of *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (paricá) at age 14 years, in a logs turning lathe – tractioned type (without claws), as well as the physical and mechanical properties of plywood produced with the obtained laminas. It was sampled in the field a total of eight trees, four of each of two distinct areas (Rolim de Moura-RO-RO and Parecis). For the laminating, the first log was extracted, with 1.90 m long from trees with diameter at breast height (DBH) near the maximum diameter admitted for processing on the lathe used (400 mm). From the logs, blades with 2.0 mm nominal thickness were obtained and used in the manufacture of plywood

panels 11 layers. The panels were bonded with urea-formaldehyde-based adhesive (UF), the weight of 320 g / m². The actual yield was 71.83% rolled, wherein the total, 46.12% of the blades produced showed potential to compose the cover of the panels, and the remaining 25.71% to crumb composition. The greatest loss occurred during the rounding step of the logs (16.10%), and with the losses in the separation of the veneer guillotine (8.75%) and of the loss on wooden roller rest (3.97%). The plywood produced with the wood of the evaluated plantations differed with the water absorption, which value was higher than for the panels obtained with wood veneers from Parecis. The percentages reported for water absorption, swelling and thickness recovery were 66.74% 3.90% and 1.07%, respectively. The tension shear stress for both dry and wet conditions was more than 10.2 kgf / cm². The average MOR value of the parallel bending was 25% higher than that obtained in the perpendicular direction and for the MOE, the same difference was more pronounced (35.82%). The yield obtained in the lamination was superior to those available in the literature, considering both the wood studied as other when processed on traditional lathe (with telescopic clutches). The results indicated high mechanical strength panels, considering the relatively low density of the wood used. The physical-mechanical behavior of the panels confirms the suitability of this species for the manufacture of plywood under the conditions of the manufacturing process that have been adopted at work. If they were bonded with phenolic adhesive, the plywood of veneers of *S. amazonicum* would become promising for structural application.

Keywords: Paricá; Processing of logs; veneers; Panel

4.1 Introdução

A franca decadência do setor madeireiro na região amazônica decorre de um processo exploratório intensivo baseado na elitização de indivíduos arbóreos comerciais qualitativamente melhores, levando a um empobrecimento das matas. Em função disso, cresceu a importância dos plantios florestais na Amazônia, os quais surgem no atual momento devido a necessidade de recuperar áreas degradadas e da crescente escassez de matéria-prima.

Para AMATA (2009), fugir da dependência de liberação de planos de manejo e garantir o fornecimento da própria matéria-prima escassa, foi um dos motivos que levaram os empresários do setor madeireiro a investir no plantio da espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. De acordo com Terezo e Szücs (2010), a produtividade desta espécie varia de 13 a 35 m³/ha/ano e, segundo Braga et al. (2008), é conhecida por diversos nomes vulgares de acordo com as regiões de ocorrência e, dentre os mais comuns, estão pinho cuiabano e paricá.

O potencial silvicultural e tecnológico apresentado pela *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (paricá) tem demonstrado no decorrer dos últimos anos a viabilidade dessa espécie para o reflorestamento na Região Norte e parte da Região Nordeste do país (VIDAURRE et al., 2012). Segundo Vieira et al. (2005), a espécie é muito utilizada para

reflorestamento e em substituição às reservas nativas por apresentar crescimento rápido e ser utilizada na forma de lâminas no interior de compensados.

Diante das boas perspectivas de produção da espécie em escala comercial na região Amazônica, o paricá passou a ser estudado pelas instituições de pesquisa e ensino, as quais vêm realizando em conjunto uma coletânea de resultados de estudos que, até então, se encontravam dispersos na literatura ou nem mesmo haviam sido publicados.

Com relação a este aspecto, os estudos disponíveis na literatura com a madeira de *Schizolobium amazonicum* dão conta de sua abordagem principalmente no Estado do Pará, no qual esta espécie vem sendo exaustivamente investigada, podendo-se citar os trabalhos de Colli et al. (2010), Vidaurre et al. (2012), Hoffmann et al. (2011) e Melo et al. (2014). Dessa maneira, necessitam-se estudos com relação a matéria-prima produzida em resposta a diferentes condições ecológicas como a registrada no estado de Rondônia, em que, segundo Rocha et al. (2008), esta espécie apresenta uma ampliação de sua área plantada.

Segundo Melo et al. (2014), embora o processamento mecânico do paricá apresente grande potencial (fácil descascamento, rápida secagem, ausência de nós e a possibilidade de laminação em tornos laminadores sem a necessidade de pré-tratamentos), com diâmetro adequado obtido após os cinco anos de plantio, o processo de laminação nos tornos tradicionais apresenta muitas perdas, contornadas somente com adaptações no maquinário.

Segundo Monteiro (2013), a valorização da madeira de paricá está diretamente relacionada ao avanço tecnológico no torno de laminação, visto que a adaptação trouxe mudanças do uso do torno tradicional (torno de fuso) para o torno desfolhador tracionado, sem garras, movidos por rolos que pressionam a tora contra a faca.

Com isso, a abordagem do rendimento obtido nas indústrias com relação a esta tecnologia de processamento, frente às características da matéria-prima fornecida em diferentes regiões de crescimento, vem a disponibilizar informações adicionais aos diversos segmentos sociais que direta ou indiretamente atuam na atividade de reflorestamento com esta espécie. No que se refere ao setor de painéis de madeira, onde o emprego do paricá já está consolidado, faz-se necessário averiguar as propriedades de painéis compensados produzidos a partir de indivíduos extraídos de plantios em áreas distintas, como forma de dar uma resposta à indústria sobre a possível variabilidade que pode resultar sobre o produto (painel compensado).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo determinar o rendimento e as perdas no processo de laminação de toras da espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke em torno desfolhador tracionado nas condições de uma indústria de processamento no Estado de

Rondônia e as propriedades físico-mecânicas de painéis compensados produzidos a partir de lâminas de árvores provenientes de florestas plantadas no estado de Rondônia.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Seleção e preparo do material

Para o presente estudo foram amostradas árvores da espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke com 14 anos de idade, proveniente de duas diferentes áreas de cultivo no estado de Rondônia, localizadas nos municípios de Rolim de Moura (11° 48' de latitude sul; 61° 48' de longitude oeste e 271 m de altitude) e de Parecis (12° 07' de latitude sul; 61° 36' de longitude oeste e 374 m de altitude), de propriedade de uma empresa privada do setor de laminação. No total foram amostradas oito árvores, sendo quatro para cada uma das referidas áreas, cujos plantios foram estabelecidos no espaçamento 2,0 x 2,0 metros. O número de toras processadas foi definido com base nos trabalhos de Bortoletto Júnior e Belini (2002) e Iwakiri et al. (2013).

Os critérios utilizados para a seleção das árvores foram a linearidade e sanidade do fuste, aliado à similaridade da circunferência à altura do peito (CAP). Optou-se por indivíduos com diâmetro em torno de 0,4 m, esta considerada como a dimensão máxima admitida para processamento por torno do tipo tracionado (torno sem garras telescópicas), o qual foi utilizado na obtenção das lâminas utilizadas na produção dos painéis compensados.

No processamento, foi utilizada a primeira tora reduzida a um comprimento de 1,90 m, extraída a uma altura de 0,60 m do nível do solo em decorrência da presença de sapopemas na base das árvores desta espécie. Da mesma maneira que Almeida et al. (2004a), foi calculado o fator de forma das toras submetidas à laminação, uma vez que o mesmo é o indicativo do grau de conicidade das toras. Esta característica influencia nas perdas em arredondamento, que por sua vez, contribui para a redução no rendimento em laminação.

Todo o processo de laminação das toras e os procedimentos necessários à manufatura dos compensados a partir das lâminas geradas foi desenvolvido nas instalações industriais da Laminadora Lano da Amazônia Ltda., localizada no município de Rolim de Moura-RO.

4.2.2 Processo de laminação das toras

O processo de laminação foi realizado em um torno desfolhador com rolos de tração e sem garras. Neste equipamento, a tora não é movida por garras laterais como nos tornos convencionais, mas sim por dois rolos de tração que pressionam a tora contra a faca. O torno foi ajustado a fim de se obter lâminas com espessura nominal de 0,002 m e dimensões quadradas de 1,8 x 1,8 m, as quais foram mantidas separadas e identificadas por árvore. A cada três lâminas do total produzido, uma foi selecionada e nela foram mensuradas a largura, o comprimento e a espessura, esta última em quatro pontos distintos antes da secagem das mesmas em estufa, com o auxílio de um espessímetro com precisão de $\pm 0,1$ mm. A fim de avaliar o ajuste do torno utilizado e auxiliar na confiabilidade dos dados, a uniformidade da espessura foi avaliada por meio do cálculo do coeficiente de variação entre os valores registrados.

4.2.3 Determinação do rendimento em laminação

As toras destinadas à laminação, depois de permanecerem por aproximadamente sete dias no pátio de toras, foram descascadas com o auxílio de um machado e tiveram o comprimento e a circunferência nos dois extremos aferidos com trena. Posteriormente, as toras foram submetidas ao desenrolamento em torno do tipo tracionado até a forma arredondada e tiveram aferidas as mesmas variáveis nessa ocasião (Figura 1). Finalizado o processo de laminação, mensurou-se o volume do rolo resto resultante do processo.



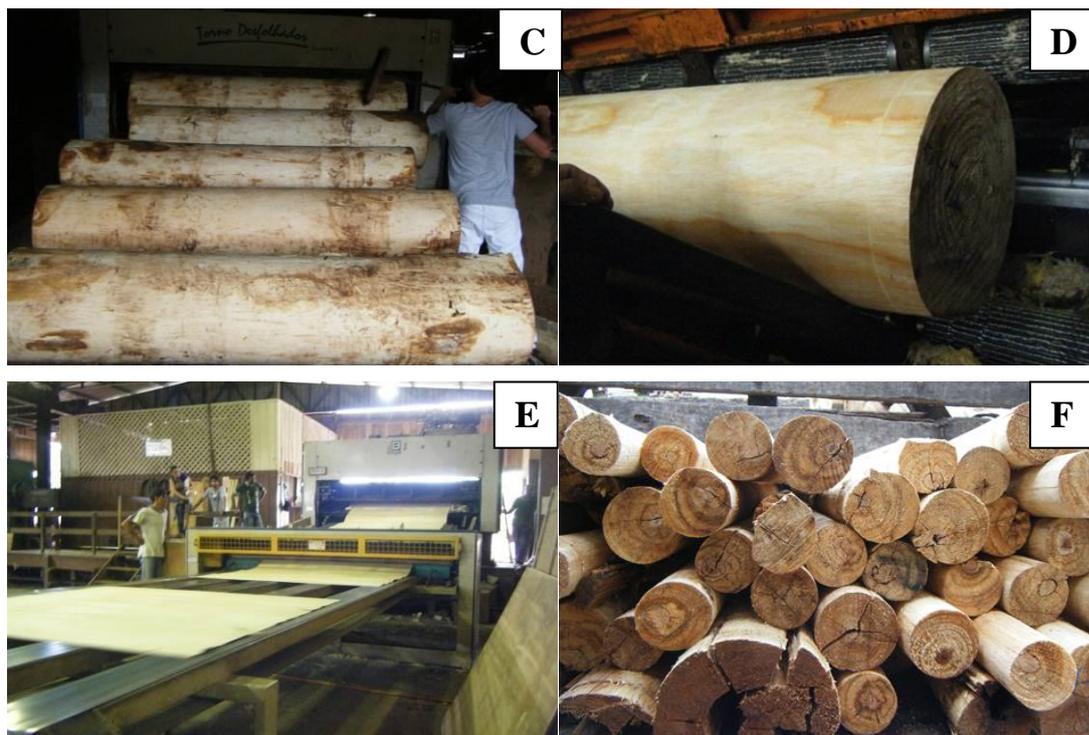


Figura 1 – Etapas do processo de laminação. (A) Descascamento de toras; (B) Determinação do diâmetro sem casca; (C) Toras posicionadas na entrada do torno desfolhador; (D) Tora arredondada; (E) lâminas desenroladas sendo guilhotinadas na saída do torno; (F) Rolos resto resultantes do processo de laminação

As lâminas produzidas, numeradas e identificadas pela árvore de origem, foram submetidas à secagem num secador industrial de rolos visando atingir um teor de umidade final entre 5 e 6%, e após, realizada a classificação visual das lâminas conforme procedimentos usuais de inspeção utilizados pela empresa, com base no tipo, quantidade e dimensões dos defeitos, em lâminas de capa e lâminas de miolo, segundo critérios estabelecidos pelo Programa Nacional de Qualidade da Madeira (PNQM). As lâminas de miolo dependendo da intensidade dos defeitos apresentados foram novamente guilhotinadas para eliminação dos mesmos, e tiveram a largura e o comprimento novamente mensurados para determinação das perdas com manuseio e guilhotinagem.

O volume das toras em cada operação foi calculado levando em consideração as Equações 1 e 2. Para auxiliar na determinação do rendimento em laminação, foi calculado o volume do total de lâminas inteiras e segregadas obtidas de cada tora (Equação 3). O volume de lâminas descartadas foi calculado com o auxílio das Equações 4 e 5. Dessa maneira, por meio dos volumes calculados em cada etapa do processo, foi possível calcular a percentagem de participação destas perdas na redução do rendimento, considerando o volume da tora sem

casca e do cilindro como referência. Já o rendimento quantitativo do total de lâminas do fardo, lâminas de capa e de miolo foi calculado pela Equação 6.

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{40000} \cdot L \quad (1)$$

Em que: V = Volume da tora (m^3); d = Diâmetro médio (cm); L = Comprimento da tora (m)

$$d = \frac{C1 + C2}{2\pi} \quad (2)$$

Em que: $C1$ =Circunferência base maior (cm); $C2$ = Circunferência base menor (cm); π = 3,1416

$$\text{Volume do fardo (m}^3\text{)} = c \cdot l \cdot e \quad (3)$$

Em que: c = comprimento da lâmina (m); l = largura da lâmina (m); e = média de três medidas da espessura (m)

$$VLD = Vtora_{SC} - (VLam_c + VLam_m + V_{rr} + P_a) \quad (4)$$

$$P_a = Vtora_{SC} - V_{cilindro} \quad (5)$$

Em que: VLD = Volume de lâminas descartadas (m^3); $Vtora_{SC}$ = volume da tora sem casca (m^3); $VLam_c$ = volume de laminas de capa (m^3); $VLam_m$ = volume de laminas de miolo (m^3); V_{rr} = Volume do rolo resto (m^3); P_a = Perda no arredondamento (m^3); $V_{cilindro}$ = volume da tora arredondada (m^3)

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{V_{lâminas}}{Vtora_{SC}} \cdot 100 \quad (6)$$

Em que: $V_{lâminas}$ = Volume de lâminas do fardo/capa/miolo (m^3); $Vtora_{SC}$ = volume da tora sem casca (m^3)

4.2.4 Confeccão de painéis compensados

Para a composição dos painéis compensados foram sorteadas, dentre as lâminas de melhor qualidade (capa), 11 unidades para a manufatura de 01 painel compensado por tora/árvore, totalizando 08, sendo 04 painéis (repetições) para cada área de amostragem das árvores. Para a colagem das lâminas foi utilizado adesivo à base de uréia-formaldeído (UF) (64,1% de teor de sólidos), aplicado em linha dupla na gramatura de 320 g/m² utilizando-se um aplicador de rolos. A Tabela 1 apresenta a formulação do adesivo utilizado, cujo tempo de escoamento em Copo Ford nº 8 foi de 59 segundos.

Tabela 1 – Formulação do adesivo em partes por peso

Resina UF	Água	Farinha de trigo	Catalisador	Imunizante
60	38	40	2,5	1,0

Depois de montados, obedecendo ao princípio da laminação cruzada, os painéis foram colocados numa prensa hidráulica de múltiplas aberturas e submetidos à prensagem adotando-se os seguintes parâmetros: tempo de 24 minutos, temperatura de 100°C e pressão específica de 10 kgf/cm².

Depois de completado o ciclo de prensagem, os painéis foram retirados da prensa e permaneceram armazenados no galpão da empresa. Posteriormente, nas faces dos painéis foram demarcados, cortados e obtidos os corpos-de-prova para serem empregados nos ensaios físicos e mecânicos. Todo o material obtido foi encaminhado para o Departamento de Ciências Florestais – LCF da ESALQ/USP, localizado em Piracicaba - SP.

No Laboratório de Ensaio Mecânicos da Madeira e Derivados – LEMMAD do LCF os corpos-de-prova anteriormente obtidos foram acondicionados numa sala climatizada com temperatura de 20 ± 2°C e umidade relativa de 65 ± 5%, permanecendo assim até estabilização da massa. Depois de alcançarem tal condição, os corpos-de-prova foram submetidos aos ensaios previstos para determinação das propriedades físico-mecânicas dos compensados de *S. amazonicum*, os quais encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Compensados de paricá - Ensaio, Propriedades e Normas

Ensaio	Propriedades	Normas
Teor de Umidade	-----	NBR 9484: 2011a
Massa Específica	Massa específica aparente	NBR 9485: 2011b
Absorção de água	Absorção de água	NBR 9486:2011c

Inchamento	Inchamento e recuperação em espessura	NBR 9535: 2011d
Flexão estática Paralela* e Perpendicular	Resistência (MOR) e rigidez (MOE)	NBR 9533:2012e
Cisalhamento na linha de cola	Resistência da colagem ao cisalhamento Condições seca e úmida	EN 314-1: 1993a

*Direção das fibras das lâminas das capas paralela ao vão ou ao comprimento do corpo-de-prova

Para avaliação dos resultados da resistência da colagem dos painéis compensados foram levadas em consideração as especificações da norma EN 314-2 (1993b), apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento e porcentagem de falha na madeira

Tensão de ruptura kgf/cm ²	Ruptura ou falha na madeira (%)
$2,0 \leq TR < 4,1$	≥ 80
$4,1 \leq TR < 6,1$	≥ 60
$6,1 \leq TR < 10,2$	≥ 40
$10,2 \leq T$	Sem exigência

A Figura 2 ilustra alguns dos ensaios conduzidos com os painéis compensados de *S. amazonicum* no LEMMAD.

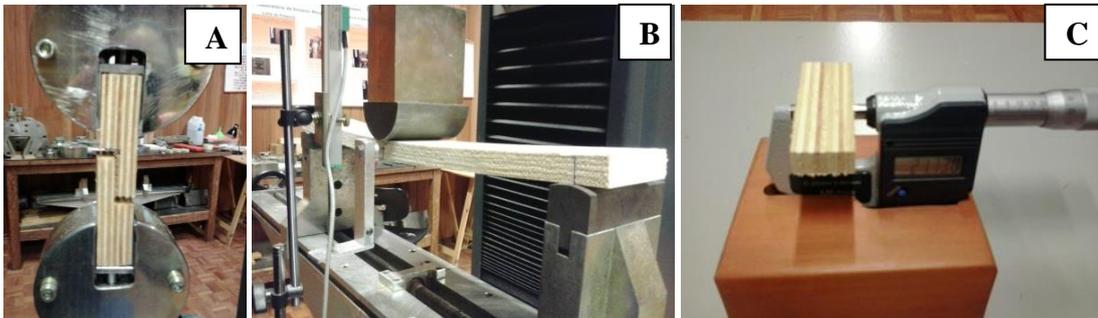


Figura 2 – (A) Ensaio de resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento; (B) Ensaio de flexão estática no painel compensado; (C) Mensuração do inchamento em espessura

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado e os resultados dos ensaios foram analisados através da análise de variância e teste de Tukey ao nível de probabilidade de 95% e 99%.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Rendimento em laminação

O coeficiente de variação entre os valores de espessura tomados em diferentes pontos ao longo das lâminas foi 3,27%, valor inferior aos 6,0% encontrado por Bortoletto Júnior (2008) na laminação para produção de lâminas de igual espessura em torno de fuso.

Na Figura 3 consta a participação em porcentagem do rendimento em lâminas de capa e de miolo no rendimento efetivo do processo e as porcentagens de perda em arredondamento (PA), perda no manuseio e lâminas segregadas (PMLS) e perda em rolo resto (PRR).

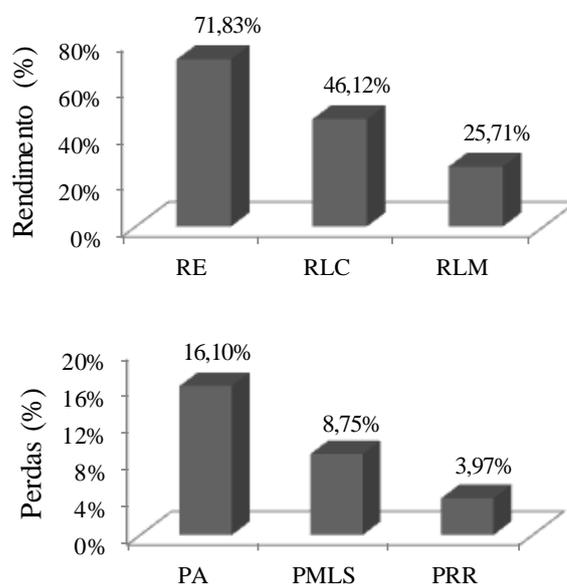


Figura 3 – Rendimento efetivo (RE), Rendimento em lâminas de capa (RLC), Rendimento em lâminas de miolo (RLM) e Porcentagem de perdas em arredondamento (PA), perda no manuseio e lâminas segregadas (PMLS) e Perda em rolo resto (PRR) no processamento da madeira de *Schizolobium amazonicum*

O rendimento médio em laminação encontrado para a madeira de *Schizolobium amazonicum* foi de 71,83% (CV=15,40%).

Esta porcentagem foi superior à encontrada por Melo et al. (2014) na laminação de toras de diâmetro médio com casca entre 13 e 25 cm desta mesma espécie também em torno do tipo tracionado (59,92%). Da mesma forma, ao se considerar o processamento desta mesma espécie e gênero em torno tradicional, o rendimento foi superior ao obtido por

Hoffmann et al. (2011) (55,7%) em indivíduos com idades entre 5 e 7 anos e Bortoletto Júnior e Belini (2002) (60,98%) em indivíduos com 16 anos de idade.

O rendimento encontrado foi superior também ao registrado por outros autores no processamento de toras da madeira dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* em torno laminador tradicional, tais como Iwakiri et al. (2013) para nove espécies de *Eucalyptus* com idades entre 19 e 21 anos e Bonduelle et al. (2006) para a madeira de *Pinus* spp.

Melo et al. (2014), ao gerar uma matriz de correlação entre as variáveis envolvidas no processo de laminação, encontraram que o diâmetro de toras apresentou correlação positiva com o rendimento em laminação, explicando 2/3 do mesmo, o que também justifica a maior porcentagem encontrada no presente estudo, juntamente com as características do equipamento de laminação utilizado.

Do total de lâminas produzidas, 46,12% apresentaram potencial para compor a capa dos painéis, e o restante, 25,71% para composição do miolo. Rendimentos próximos foram verificados por Melo et al. (2014) para esta mesma espécie, em que 32,2% do total foram consideradas lâminas de capa e 27,7% lâminas de miolo. Souza et al. (2003) mencionaram que para o paricá, cerca de 30% das lâminas produzidas são utilizadas como capa e o restante como miolo.

Com relação às porcentagens de perdas, observa-se que a maior perda em madeira se deu na etapa de arredondamento das toras (16,10%), seguida das perdas com origem na segregação das lâminas em guilhotina (8,75%) e da perda em madeira de rolo resto (3,97%).

A influência desta perda no processamento é mencionada por Bonduelle et al. (2006) que observaram uma perda de 35% atribuída a etapa de arredondamento de toras de *Pinus* spp., de modo que ao se avaliar o rendimento em laminação após este procedimento, o rendimento aumentou para 73%.

Almeida et al. (2004a) encontraram uma porcentagem de perda no arredondamento muito próxima a do presente estudo com a madeira de clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* aos 9 anos (16,17%), ao processar toras com fator de forma médio de 0,9780, similar ao calculado para as toras do presente estudo (0,9764). No entanto, deve-se ressaltar que estes autores observaram fator de forma médio de 0,9343 para as toras extraídas da mesma posição que as utilizadas no presente estudo, o que denota a maior conicidade das árvores do híbrido utilizado em relação as toras de *S. amazonicum*.

De acordo com Almeida et al. (2004a), como este fator corresponde à relação entre o volume da tora e o volume do cilindro, quanto mais próximo de 1, mais cilíndrica será a tora. Esse fato é interessante no caso da madeira avaliada já que, de acordo com Bortoletto Júnior

(2008), as perdas referentes a operação de arredondamento estão relacionadas à conicidade à qual é mais acentuada quanto mais próxima da base da árvore a tora se encontrar.

Melo et al. (2014) reportaram que o fator de forma das toras se correlacionou significativamente com o rendimento, proporcionando maior rendimento para toras de menor conicidade. Os autores afirmaram que isso se deu em grande parte, por ser o fator de forma uma variável com substancial influência nas perdas por arredondamento.

No que se refere às perdas com manuseio e lâminas segregadas, Melo et al. (2014) encontraram porcentagem de 16,52%, quase o dobro do valor encontrado no presente estudo. Os autores atribuíram o valor elevado de lâminas descartadas a baixa espessura das lâminas produzidas (1,50 mm). De acordo com Bortoletto Júnior (2008), embora lâminas mais finas proporcionem maior rendimento, o número de lâminas descartadas pode aumentar consideravelmente, por serem estas menos firmes e quebrarem com maior facilidade, resistindo menos ao manuseio.

A porcentagem de perda em volume de rolo resto foi inferior aos 6,4% encontrados por Hoffmann et al. (2011) e aos 21,43% mencionado por Almeida et al. (2004a) como resultante da média geral de resultados de avaliações com a madeira do gênero *Eucalyptus*. Esse resultado bastante reduzido é atribuído ao tipo de torno utilizado com ausência de garras de fixação resultando num material de diâmetro bastante reduzido, já que segundo Melo et al. (2014) a ausência de garras fixadoras no torno tipo tracionado possibilita a laminação da madeira até um diâmetro de 4,0 cm (rolo resto), enquanto um torno tradicional permitiria laminar apenas até 12,0 cm.

4.3.2 Propriedades do compensado da madeira de *S. amazonicum*

4.3.2.1 Propriedades físicas

Na Tabela 4 constam os valores médios referentes a avaliação das propriedades físicas dos painéis compensados produzidos por proveniência.

Tabela 4 – Valores médios das propriedades físicas dos painéis compensados da madeira de *S. amazonicum* proveniente de plantios em Rolim de Moura e Parecis, RO

	Massa específica aparente (g/cm ³)	Teor de umidade (%)	Absorção de água (%)	Inchamento em Espessura (IE) (%)	Recuperação da espessura (RE) (%)
P	0,43a	11,14	68,50a**	3,83a	1,18a
RM	0,43a	11,42	65,33 b	3,99a	0,96a
Média	0,43	11,30	66,74	3,92	1,06
CV (%)	7,88	4,73	4,80	9,90	40,20

P=Parecis; RM=Rolim de Moura; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

Observa-se na Tabela 4 que não houve diferenças significativas para o valor médio de massa específica aparente entre os painéis produzidos com a madeira das duas proveniências avaliadas.

A massa específica aparente média da madeira de *S. amazonicum* de cada uma das proveniências empregadas na manufatura dos painéis foi muito próxima, com média geral de 0,39 g/cm³ (Capítulo 3), portanto, a massa específica aparente dos compensados produzidos (0,43 g/cm³) foi superior em 12,82% em relação à madeira de origem. De acordo com Bortoletto Júnior (2006), este fato é esperado e resulta da compressão das lâminas do compensado em face da prensagem a quente, o que ocasiona a redução dos espaços vazios das células que compõem a madeira. Segundo Kollmann et. al. (1975), citado por Bortoletto Júnior (2006), quando não são aplicadas pressões elevadas na prensagem a quente, em relação à densidade da madeira de origem do compensado pode-se esperar que a sua massa específica resultará cerca de 5% maior do que a da madeira que lhe deu origem.

Apesar da equivalência entre os valores de massa específica dos painéis compensados das duas proveniências, a porcentagem de absorção de água registrada para os painéis produzidos com a madeira proveniente de Parecis foi estatisticamente superior à registrada para os painéis com madeira proveniente de Rolim de Moura (Anexo E1). Considerando que a água absorvida ocupa os espaços inter e intracelulares, era de se esperar que a madeira proveniente de Rolim de Moura, com valor estatisticamente superior dos parâmetros anatômicos diâmetro de vasos e área ocupada, bem como uma tendência de valores mais elevado para o diâmetro de lume das fibras (Capítulo 2), apresentasse uma porcentagem maior para a absorção de água. No entanto, o nível de pressão exercida na prensagem a quente para manufatura dos compensados (10 kgf/cm²), pode ser considerada elevada e, embora tenha sido a mesma para os painéis de ambas as proveniências, pode ter influenciado de forma distinta a estrutura anatômica da madeira dos plantios avaliados.

A madeira proveniente de Rolim de Moura, com espessura de parede mais fina, pode ter sido menos resistente à compressão, sofrendo um achatamento maior de suas células face à pressão de prensagem e, por consequência, absorveu menos água. Esse possível achatamento das células pode ter conferido às lâminas desta madeira tensões de prensagem relativamente mais elevadas, as quais ficaram retidas no painel devido às forças da ligação adesiva. Quando a água penetrou a parede das células e afastou as cadeias de celulose e hemicelulose promoveu parte do inchamento, e mais uma parcela de inchamento ocorreu devido à liberação das tensões de compressão que foram maiores, fazendo com que a madeira proveniente de Rolim de Moura apresentasse valor médio de inchamento superior ao da madeira de Parecis. Parte do inchamento relativo ao afastamento das cadeias de celulose/hemicelulose pode ser recuperada com a saída da água, mas, o inchamento devido à liberação das tensões de compressão, não pode ser recuperado e, por tal motivo, a recuperação em espessura da madeira proveniente de Rolim de Moura foi menor que a proveniente de Parecis.

Na Tabela 5 consta a relação de resultados de estudos disponíveis com a avaliação da estabilidade dimensional de painéis compensados com a madeira de *S. amazonicum* e do gênero *Pinus*.

Tabela 5 – Valores médios de inchamento em espessura e recuperação da espessura de painéis compensados disponíveis na literatura

Autor	Espécie	Massa específica painel (g/cm ³)	Absorção de água	Inchamento	Recuperação
				em espessura (IE) (%)	da espessura (RE)
Presente estudo	<i>S. amazonicum</i>	0,43	66,74	3,90	1,07
Almeida (2009)	<i>S. amazonicum</i>	0,51	63,46	4,10	1,09
Iwakiri et al. (2001)	<i>Pinus spp.*</i>	-	-	6,04	2,49
Almeida et al. (2012)	<i>P. elliotii</i> var. <i>elliottii</i> x <i>P.</i> <i>caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	0,41	-	4,32	0,66

*Média obtida para compensados de 5 espécies de pinus tropicais

O valor médio de absorção de água dos painéis do presente estudo foi superior em 4,91% ao registrado por Almeida (2009). Segundo Almeida et al. (2004b), há tendência de redução do percentual de absorção d'água à medida que a densidade básica da madeira e a massa específica do compensado são maiores. Já para o inchamento e a recuperação em espessura, os valores médios encontrados por Almeida (2009) foram superiores aos registrados no presente estudo, em 5,12% e 1,86%. Observa-se ainda uma maior estabilidade

dimensional dos painéis compensados de *S. amazonicum* avaliados ao se levar em consideração o comportamento registrado por painéis do mesmo tipo produzidos com madeiras do gênero *Pinus*.

4.3.2.2 Propriedades Mecânicas

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios da tensão de ruptura no ensaio de cisalhamento da linha de cola, bem como do módulo de elasticidade (MOE) e do módulo de ruptura (MOR) à flexão estática dos painéis compensados produzidos, por proveniência.

Tabela 6 – Valores médios das propriedades mecânicas dos painéis compensados da madeira de *Schizolobium amazonicum* proveniente de plantios em Rolim de Moura e Parecis, RO

	Cisalhamento da linha de cola				Flexão estática			
	Seco		Úmido		Paralela à grã		Perpendicular à grã	
	Tensão de ruptura (kgf/cm ²)	FM (%)	Tensão de ruptura (kgf/cm ²)	FM (%)	MOE (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)
P	20,41a	59,16	13,35a	50,0	66044,09a	458,22a	40999,49a	332,86a
RM	21,41a	57,87	14,10a	51,42	63212,81a	436,34a	41687,95a	339,95a
Média	20,99	58,42	13,77	50,81	64508,48	446,11	41401,97	336,76
CV (%)	26,19	42,14	27,30	41,93	10,55	11,93	12,64	21,82

P=Parecis; RM=Rolim de Moura

Observa-se na Tabela 6 que não houve diferenças estatisticamente significativas dos valores médios de todas as propriedades mecânicas entre os compensados produzidos com a madeira de Parecis e Rolim de Moura.

Cabe ressaltar que a tensão registrada ao esforço de cisalhamento, tanto para a condição seca como úmida, foi superior a 10,2 kgf/cm² e nesse caso, não há exigência de um valor de porcentagem de falha na madeira, segundo consta na norma europeia EN 314-2 (Tabela 3). Esse resultado reflete as propriedades satisfatórias de resistência dos painéis avaliados, mesmo na avaliação em estado úmido, de maneira que os compensados avaliados podem ser destinados ao uso interior e intermediário, considerando as condições de manufatura empregadas no presente estudo.

Em comparação com os valores registrados para compensados produzidos também com *S. amazonicum*, a média da tensão ao cisalhamento na condição seca foi superior em 16% ao observado por Almeida (2009) em painéis de massa específica superior (0,51g/cm³),

porém quando em contato com a água, a tensão gerada na linha de cola produzida pela variação dimensional dos painéis, conduziu a uma redução mais acentuada desta propriedade em relação à condição seca, nos compensados do presente estudo.

Bortoletto Júnior e Belini (2002) para painéis de massa específica aparente de 0,467 g/cm³ da espécie *Schizolobium parayba* Blake., coladas com adesivo de formulação similar, encontraram valor inferior para a resistência ao cisalhamento na condição seca (18,2 kgf/cm²) e igual na úmida (13,8 kgf/cm²).

Com relação aos resultados de desempenho dos painéis compensados da madeira de *S. amazonicum* ao ensaio de flexão estática, observa-se que o valor médio do MOR decorrente do esforço paralelo às fibras da capa foi superior em 25% ao valor obtido quando o esforço incidiu sobre painéis com as fibras em direção perpendicular e, para o MOE, essa mesma diferença foi superior (35,82%). A porcentagem para ambos os casos é metade da registrada por Bortoletto Júnior (2003) para painéis de cinco lâminas de mesma espessura. Segundo Tsoumis (1991), citado por Bortoletto Júnior (2003), um número maior de camadas resulta em maior uniformidade de resistência e rigidez, ao longo do comprimento (direção paralela) e largura (direção perpendicular) do painel compensado, em função de uma melhor distribuição das tensões que se desenvolvem durante o carregamento no ensaio de flexão. Essa distribuição melhor das tensões resulta do fato de que, aumentado o número total de lâminas do painel, aumenta também o número de lâminas paralelas no miolo do mesmo, e isso aumenta a resistência e a rigidez na direção perpendicular, em virtude de que a resistência e a rigidez da madeira na direção paralela às fibras é muito maior do que na direção perpendicular.

Para os valores de rigidez, Bortoletto Júnior (2003) faz referência ao valor mínimo de 40789 kgf/cm² estipulado pela Norma Brasileira NBR 9532 (ABNT, 1986) para painéis compensados utilizados na composição de formas de concreto sem especificações de número de camadas e direção. Levando em consideração a exigência da referida norma, verifica-se que os painéis produzidos com lâminas de *S. amazonicum* das duas proveniências avaliadas, embora coladas com adesivo de baixa resistência à umidade, podem ser aplicadas sem restrição na construção civil, uma vez que para ambas as condições de ensaio, a rigidez apresentada superou o valor mínimo estabelecido, com média geral superior em 36,76% e 1,48% para o MOE paralelo e MOE perpendicular, respectivamente.

A referida norma também faz referência às exigências para compensados de uso naval, estipulando um valor médio mínimo de 61183 kgf/cm² para o MOE, que é atendida pelos compensados de ambas as proveniências, submetidos apenas ao esforço no sentido paralelo à

grã das lâminas da capa, com média superior em 5,15% ao valor mínimo, devendo-se levar em consideração esta limitação para esta finalidade. Essa mesma constatação é verificada ao comparar os resultados com os valores de resistência e rigidez em flexão estática registrados no catálogo técnico da ABIMCI para painéis de compensado tropical com espessura de 18 mm, em que os valores em flexão paralela foram superiores em 2,30% e 26%, respectivamente.

Com relação à resistência dos compensados na flexão estática, com a madeira de ambos os plantios avaliados, os valores médios obtidos estão acima do estabelecido pela norma alemã DIN 68705 (1981), citada por Pereyra (1994), que estabelece o valor de 408 kgf/cm² para o MOR paralelo e de 153 kgf/cm² para o MOR perpendicular, como requisito mínimo para compensados destinados à construção, ou seja, o valor médio geral para os compensados da madeira de *S. amazonicum* são superiores em 9,06% e 54,56%, respectivamente, aos referidos valores de referência.

Na Tabela 7 consta a relação entre o módulo de ruptura e a massa específica aparente dos painéis compensados produzidos no presente estudo e na literatura com outras espécies.

Tabela 7 – Comparação entre compensados obtidos a partir de diferentes espécies de madeira por meio da relação entre resistência e massa específica

Compensado	Massa específica aparente (g/cm ³)	MOR em Flexão estática paralela (kgf/m ²)	(MOR/Me x1000)
Presente estudo	0,43	446,11	1,04
<i>Schizolobium parayba</i> ¹	0,46	517,00	1,12
<i>Eucalyptus urophylla</i> ²	0,73	566,33	0,77
<i>Pinus</i> sp.* ³	0,63	641,67	1,01

¹Bortoletto Júnior e Belini (2002); ²Guimarães Júnior et al. (2012); ³Iwakiri et al. (2012) *compensado padrão e de diferentes composições estruturais.

Com exceção da madeira de mesmo gênero, verifica-se que a relação estabelecida para a madeira avaliada é superior à registrada para gêneros de espécies exóticas de uso tradicional na indústria de painéis compensados. Isso demonstra que o compensado confeccionado com a madeira de *S. amazonicum* apresenta resistência relativamente alta em relação a densidade de sua madeira, o que reflete o potencial madeireiro desta espécie.

4.4 Conclusões

O rendimento efetivo médio na laminação de toras de *Schizolobium amazonicum* com diâmetro máximo admitido por torno do tipo tracionado foi considerado satisfatório;

A maior perda no processo de laminação se deu na etapa de arredondamento das toras, seguida das perdas com origem na segregação das lâminas em guilhotina e da perda em madeira de rolo resto;

Os painéis confeccionados com a madeira das proveniências avaliadas diferenciaram-se quanto a taxa de absorção de água, o que pode ter sido reflexo da influência do nível de pressão exercida na prensagem a quente sobre a estrutura anatômica das proveniências avaliadas;

As porcentagens registradas para os parâmetros relacionados à estabilidade dimensional dos painéis compensados produzidos em relação ao de estudos com outras espécies denotam as propriedades superiores da madeira de *S. amazonicum* na manufatura deste tipo de produto;

Não foram registradas diferenças a nível estatístico entre as propriedades mecânicas dos painéis das proveniências avaliadas;

A tensão registrada ao esforço de cisalhamento, superior a 10,2 kgf/cm², tanto para a condição seca como úmida denota a qualidade da colagem dos painéis compensados industriais avaliados, com possível destinação a finalidades de uso interior e intermediário;

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios de flexão estática e confrontados com as normas DIN 68705 (1981) e NBR 9532 (1986), os compensados avaliados se colados com adesivo fenólico, tornam-se promissores na aplicação para uso estrutural, sem restrição;

Os compensados avaliados podem ser destinados ao uso naval, com restrição quanto a sua utilização, uma vez que o módulo de elasticidade (MOE), obtidos no ensaio de flexão estática perpendicular não atendeu ao requisito da Norma Brasileira NBR 9532.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9484**: Compensado - Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2011a. 2 p.

_____. **NBR 9485**: Compensado - Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2011b. 3 p.

_____. **NBR 9486**: Compensado - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2011c. 2 p.

_____. **NBR 9535**: Compensado - Determinação do inchamento-Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2011d. 3p.

_____. **NBR 9533**: Compensado - Determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro, 2011e. 5p.

ALMEIDA, R.R.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; JANKOWSKY, I.P. Produção de lâminas a partir de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 32, n. 65, p. 49-58, 2004a.

_____. Produção de compensados a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 11, n.1, p. 14-24, 2004b.

ALMEIDA, N.F.; BORTOLETTO JÚNIOR, G; MENDES, R.F.; SURDI, P.G. Avaliação da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de compensados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 435-443, 2012.

ALMEIDA, V.C. **Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo uréia-formaldeído e dos compensados de pinus e paricá**. 2009. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

AMATA. **Revisão sobre o paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. São Paulo, 2009. 106 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Catálogo técnico de painéis de compensado tropical**. Curitiba, 2007. 4 p.

BONDUELLE, G.M.; IWAKIRI, S.; CHIES, D.; MARTINS, D. Fatores que influenciam no rendimento em laminação de *Pinus* spp. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 12, n. 2, p. 35-41, 2006.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Produção de compensados com 11 espécies do gênero *Eucalyptus*, avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 65-78, 2003.

_____. Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 95-103, 2008.

BORTOLETTO JÚNIOR, G.; BELINI, U.L. 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**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 1-16, 2002.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Produção de lâminas, compensado e *laminated veneer lumber* – LVL a partir da madeira de *Pinus merkusii*. Tese de Livre Docência. ESALQ/USP, Piracicaba, 2006. 97p.

- BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; CESARO, A.S.; LIMA, G.P.P.; GONÇALVES, A.N. Germinação de sementes de pinho-cuiabano sob deficiência hídrica com diferentes agentes osmóticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 157-163, 2008.
- COLLI, A.; VITAL, B.R.; CARNEIRO, A.C.O.; SILVA, J.C.; CARVALHO, A.M.M.L.; DELLA LUCIA, R.M. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e fibras de coco (*Cocos nucifera* L.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 333-338, 2010.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 314-1**: plywood: bonding quality: part 1, test methods. Geneva, 1993a. 12 p.
- _____. **EN 314-2**: plywood: bonding quality: part 2, requirements. Geneva, 1993b. 5 p.
- GUIMARÃES JÚNIOR, J.B.; MENDES, L.M.; MENDES, R.F.; GUIMARÃES, B.M.R.; OLIVEIRA, S.L. Seleção de clones de *Eucalyptus urophylla* para produção de compensados. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 667-673, 2012.
- HOFFMANN, R.G.; SILVA, G.F.; CHICHORRO, J.F.; FERREIRA, R.L.C.; VESCOVI, L.B.; ZANETI, L.Z. Caracterização dendrométrica e avaliação do rendimento em laminação de madeira em plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 675-684, 2011.
- IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D.P.; LEONHARDT, G.; BRAND, M.A. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 71-77, 2001.
- IWAKIRI, S.; MATOS, J.L.M.; PRATA, J.G.; TRIANOSKI, R.; SILVA, L.S. Evaluation of the use potential of nine species of genus *Eucalyptus* for production of veneers and plywood panels. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 263-269, 2013.
- IWAKIRI, S.; MANHIÇA, A.A.; RAMIREZ, M.G.L.; MATOS, J.L.M.; BONDUELLE, G.M.; PRATA, J.G. Avaliação da qualidade de painéis compensados de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* com diferentes composições estruturais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 315-321, 2012.
- MELO, R.R.; DEL MENEZZI, C.H.S.; PAVAN, B.E.; RODOLFO JÚNIOR, F. Rotary peeling yield of *Schizolobium amazonicum* (Leguminosae - Caesalpinioideae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 44, n. 3, p. 315-320, 2014.
- MONTEIRO, D.C.A. **Condições topoclimáticas preferenciais para plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby) e evidências de desempenho para otimizar a silvicultura em áreas desflorestadas na Amazônia**. 2013. 153 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2013.
- PEREYRA, O. **Avaliação de Madeira de *Eucalyptus dunnii* (Maid) na manufatura de painéis compensados**. 1994. 87 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

ROCHA, R.B.; VIEIRA, A.H.; BENTES-GAMA, M.M.; ROSSI, L.M.B. **Avaliação genética de procedências de bandarria (*Schizolobium amazonicum*) utilizando REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada)**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008. 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

SOUZA, C.R.; ROSSI, L.M.B.; AZEVEDO, C.P.; VIEIRA, A.H. **Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 12 p. (Circular Técnica, 18).

TEREZO, R.F.; SZÜCS, C.A. Análise de desempenho de vigas em madeira laminada colada de parica (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex. Ducke). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 471-480, 2010.

VIDAURRE, G.B.; CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; SANTOS, R.; VALLE, M.L.A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

VIEIRA, A.H.; LOCATELLI, M.; MENDES, A.M.; PEQUENO, P.L.L.; PACELLI, E.M. **Efeito de fósforo e potássio no desenvolvimento de bandarria (*Schizolobium amazonicum* (Hub) Ducke) em solo de baixa fertilidade no Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005. 3 p. (Comunicado Técnico, 291).

5 CONCLUSÕES GERAIS

De maneira geral, a caracterização tecnológica conduzida com a madeira de *S. amazonicum* aos 14 anos das proveniências avaliadas permite as seguintes conclusões:

Na caracterização anatômica da madeira verificou-se a não influência da proveniência sobre os parâmetros relacionados às fibras da madeira de *S. amazonicum*. Com relação ao comportamento radial, verificou-se uma tendência de elevação do comprimento e espessura de parede de fibras, com estabilização em ambas as proveniências avaliadas na posição correspondente a 75% da distância medula-casca, com indicativos de se tratar da formação de madeira adulta;

Ao longo da distância radial observou-se para a madeira de ambas as proveniências avaliadas tendência de aumento do diâmetro e área ocupada pelos vasos, acompanhado de redução na frequência dos mesmos. Houve efeito da proveniência nas características de diâmetro de vasos e área ocupada, sendo que a madeira formada em condições de solo de textura argilosa (Rolim de Moura) apresentou valores superiores destes parâmetros em relação aos apresentados pela madeira proveniente do plantio com solo de textura média (Parecis) e maior compactação;

Com relação à composição química da madeira apenas a porcentagem de cinzas diferiu entre os plantios avaliados, sendo maior nos indivíduos provenientes de Parecis, de solo com características químicas que conduzem a uma maior disponibilidade de nutrientes. Essa característica traz implicações negativas na utilização da madeira dessa proveniência para finalidades de produção de polpa celulósica e produção de energia;

As características de solo das áreas em que se deu a amostragem dos indivíduos de *S. amazonicum* não foram suficientes para promover diferença a nível estatístico para a densidade básica e massa específica aparente a 12% de umidade da madeira sólida entre as proveniências, que mostraram mesmo comportamento para as médias ao longo da porção longitudinal avaliada.

A menor variação dos parâmetros anatômicos entre as posições radiais e de densidade básica e massa específica aparente entre as posições longitudinais avaliadas permitem inferir que a madeira proveniente de Rolim de Moura se trata de uma matéria prima de maior homogeneidade;

Todas as propriedades de resistência e rigidez da madeira sólida extraída da região próxima à casca foram estatisticamente superiores à da madeira extraída próxima à medula,

com uma vantagem maior para a propriedade de rigidez ao esforço de flexão estática. Ainda com relação aos valores médios os maiores valores foram registrados para a madeira proveniente de Rolim de Moura;

O rendimento efetivo médio na laminação de toras de *S. amazonicum* com diâmetro máximo admitido por torno do tipo tracionado foi considerado satisfatório levando em consideração os resultados conduzidos em torno de fuso, sendo responsáveis pela redução no rendimento as etapas de arredondamento das toras, seguida da etapa de segregação das lâminas em guilhotina e da perda em madeira de rolo resto;

As porcentagens inferiores para os parâmetros relacionados à estabilidade dimensional dos painéis compensados produzidos em relação ao de estudos com outras espécies denotam as propriedades superiores da madeira de *S. amazonicum* na manufatura deste tipo de produto nas condições industriais em que foram produzidos;

A tensão registrada ao esforço de cisalhamento inclusive na avaliação em condição úmida revelou a qualidade da colagem dos painéis compensados industriais avaliados, com possível destinação a finalidades de uso interior e intermediário.

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios de flexão estática e confrontados com normas regulamentadoras, os compensados avaliados se colados com adesivo fenólico, tornam-se promissores na aplicação para uso estrutural, sem restrição, e uso naval, com restrição ao emprego dos mesmos em situações em que os esforços incidem perpendicularmente à orientação das fibras das lâminas da capa.

Como estudos futuros recomenda-se o abate de um maior número de indivíduos da espécie *Schizolobium amazonicum* em condições edáficas distintas, da mesma forma que o conduzido no presente estudo, a fim de verificar com maior detalhamento a influência dos atributos físico-químicos do solo nos caracteres anatômicos da madeira desta espécie.

ANEXOS

Anexo A

Anexo A1 – Análise de variância para o comprimento de fibras

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	0,00046	0,00046	0,0548 ns
Posição radial	4	1,70636	0,42659	50,8567 **
Proveniência x Posição radial	4	0,04698	0,01174	1,4002 ns
Tratamentos	9	1,75380	0,19487	23,2313 **
Resíduo	30	0,25164	0,00839	
Total	39	2,00544		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < 0,01$); ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Anexo A2 – Teste de médias para o comprimento de fibras em função da posição radial

Posição radial	Comprimento de fibras
0%	0,95 d
25%	1,20 c
50%	1,39 b
75%	1,45 ab
100%	1,52 a

Anexo A3 – Análise de variância para a espessura da parede de fibras

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	0,32391	0,32391	1,9897 ns
Posição radial	4	8,97421	2,24355	13,7817 **
Proveniência x Posição radial	4	1,26441	0,31610	1,9418 ns
Tratamentos	9	10,56253	1,17361	7,2093 **
Resíduo	30	4,88378	0,16279	
Total	39	15,44631		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo A4 – Teste de médias para a espessura da parede de fibras em função da posição radial

Posição radial	Espessura da parede de fibras
0%	2,14 d
25%	2,44 cd
50%	2,77 bc
75%	3,20 ab
100%	3,43 a

Anexo A5 – Análise de variância para a largura de fibras

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	0,99446	0,99446	0,0755 ns
Posição radial	4	44,14432	11,03608	0,8374 ns
Proveniência x Posição radial	4	100,13769	25,03442	1,8996 ns
Tratamentos	9	145,27647	16,14183	1,2248 ns
Resíduo	30	395,35870	13,17862	
Total	39	540,63518		

Em que: ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo A6 – Teste de médias para a largura de fibras em função da posição radial

Posição radial	Largura de fibras
0%	31,60 a
25%	32,88 a
50%	30,75 a
75%	30,35 a
100%	29,91 a

Anexo A7 – Análise de variância para o diâmetro de lume de fibras

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	4,56003	4,56003	0,2608 ns
Posição radial	4	144,23202	36,05800	2,0623 ns
Proveniência x Posição radial	4	148,25211	37,06303	2,1198 ns
Tratamentos	9	297,04416	33,00491	1,8877 ns
Resíduo	30	524,53351	17,48445	
Total	39	821,57767		

Em que: ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo A8 – Teste de médias para o diâmetro de lume de fibras em função da posição radial

Posição radial	Diâmetro de lume de fibras
0%	27,31 a
25%	27,99 a
50%	25,20 a
75%	23,94 a
100%	23,05 a

Anexo B

Anexo B1 – Análise de variância para o diâmetro de vasos

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	2039,42391	2039,42391	5,8650 *
Posição radial	4	80013,60440	20003,40110	57,5264 **
Proveniência x Posição radial	4	779,42391	194,85598	0,5604 ns
Tratamentos	9	82832,45222	9203,60580	26,4680 **
Resíduo	30	10431,77346	347,72578	
Total	39	93264,22568		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); * significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($,01 \leq p < ,05$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo B2 – Teste de médias para o diâmetro de vasos em função da posição radial

Posição radial	Diâmetro de vasos
0%	113,77 d
25%	185,34 c
50%	206,36 bc
75%	218,61 b
100%	246,26a

Anexo B3 – Análise de variância para a frequência de vasos

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	0,50875	0,50875	2,8126 ns
Posição radial	4	50,73328	12,68332	70,1191 **
Proveniência x Posição radial	4	1,34314	0,33579	1,8564 ns
Tratamentos	9	52,58518	5,84280	32,3016 **
Resíduo	30	5,42648	0,18088	
Total	39	58,01165		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo B4 – Teste de médias para a frequência de vasos em função da posição radial

Posição radial	Frequência de vasos
0%	4,07 a
25%	1,30 b
50%	1,28 b
75%	1,09 b
100%	1,38 b

Anexo B5 – Análise de variância para a área ocupada de vasos

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	5,37260	5,37260	5,1401 *
Posição radial	4	44,36919	11,09230	10,6123 **
Proveniência x Posição radial	4	4,69848	1,17462	1,1238 ns
Tratamentos	9	54,44027	6,04892	5,7872 **
Resíduo	30	31,35682	1,04523	
Total	39	85,79709		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); * significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($,01 \leq p < ,05$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo B6 – Teste de médias para a área ocupada de vasos em função da posição radial

Posição radial	Área ocupada de vasos
0%	4,68 b
25%	4,27 b
50%	5,08 b
75%	5,07 b
100%	7,30 a

Anexo C

Anexo C1 – Matriz de correlação significativa entre as variáveis anatômicas e químicas da madeira de *S. amazonicum* e as propriedades do solo

Correlação	Coef. Correlação (r)	Signif.
Frequência de vasos (vasos/mm ²) x Densidade de partículas (g/cm ³)	-0,7979	*
Holocelulose (%) x Argila (%)	-0,8275	*
Holocelulose (%) x P (mg.dm ³)	0,8113	*
Holocelulose (%) x Ca (mmolc.dm ³)	0,7329	*
Holocelulose (%) x Mg (mmolc.dm ³)	0,7286	*
Holocelulose (%) x Al (mmolc.dm ³)	-0,7609	*
Holocelulose x H+AL (mmolc.dm ³)	-0,7362	*
Holocelulose (%) x SB (mmolc.dm ³)	0,7388	*
Holocelulose (%) x m (%)	-0,7471	*
Cinzas (%) x Densidade de solo (g/cm ³)	0,8915	**
Cinzas (%) x Densidade de partículas (g/cm ³)	0,8531	**
Cinzas (%) x Macroporosidade (%)	-0,8802	**
Cinzas (%) x Porosidade total (%)	-0,8801	**
Cinzas (%) x Cu (mg/dm ³)	0,7235	*
Cinzas (%) x Fe (mg/dm ³)	-0,7646	*
Cinzas (%) x Mn (mg/dm ³)	0,7985	*
Cinzas (%) x K (mg/dm ³)	0,8064	*
Cinzas (%) x Al (mmolc.dm ³)	-0,7333	*
Cinzas (%) x V (%)	0,7313	*
Cinzas (%) x m (%)	-0,7602	*

Em que: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); P= fósforo; Ca=cálcio; Mg=magnésio; Al=alumínio; H+Al=acidez potencial; SB= soma de bases trocáveis; m= saturação por alumínio; Cu= cobre; Fe=ferro; Mn=manganês; K=potássio; Al=alumínio; V= saturação da CTC por bases

Anexo D

Anexo D1 – Análise de variância para a densidade básica (DB)

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	0,00034	0,00034	0,2931 ns
Posição longitudinal	2	0,04241	0,02120	18,4162 **
Proveniência x Posição longitudinal	2	0,00122	0,00061	0,5320 ns
Tratamentos	5	0,04397	0,00879	7,6379 **
Resíduo	18	0,02073	0,00115	
Total	23	0,06470		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo D2 – Teste de médias para a densidade básica em função da proveniência

Proveniência	DB
Parecis	0,30333a
Rolim de Moura	0,31083a

Anexo D3 – Teste de médias para a densidade básica em função da posição radial

Posição longitudinal	DB
0 m	0,36625 a
2 m	0,28250 b
4 m	0,27250 b

Anexo D4 – Análise de variância para a massa específica aparente (ME) por densitometria de raios x

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	0,00010	0,00010	0,0476 ns
Posição longitudinal	2	0,03813	0,01906	8,7143 **
Proveniência x Posição longitudinal	2	0,00206	0,00103	0,4705 ns
Tratamentos	5	0,04029	0,00806	3,6834 *
Resíduo	18	0,03937	0,00219	
Total	23	0,07966		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); * significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($,01 \leq p < ,05$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo D5 – Teste de médias para a massa específica aparente por densitometria de raio x em função da proveniência

Proveniência	ME
Parecis	0,37333 a
Rolim de Moura	0,36917 a

Anexo D6 – Teste de médias para a massa específica aparente por densitometria de raio x em função da posição radial

Posição longitudinal	ME
0 m	0,42750 a
2 m	0,34625 b
4 m	0,34000 b

Anexo D7 – Análise de variância para a massa específica aparente dos corpos de prova avaliados

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	0,00019	0,00019	0,1544 ns
Posição radial	1	0,00891	0,00891	7,0938 *
Proveniência x Posição radial	1	0,00006	0,00006	0,0510 ns
Tratamentos	3	0,00916	0,00305	2,4331 ns
Resíduo	12	0,01507	0,00126	
Total	15	0,02423		

Em que: * significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($0,01 \leq p < ,05$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo D8 – Teste de médias para a massa específica aparente dos corpos de prova em função da proveniência

Proveniência	ME
Parecis	0,31569 a
Rolim de Moura	0,32266 a

Anexo D9 – Teste de médias para a massa específica aparente dos corpos de prova em função da posição radial

Posição radial	ME
Casca	0,34277 a
Medula	0,29558 b

Anexo D10 – Análise de variância para o Módulo de elasticidade (MOE) em flexão estática

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	224531444,19	224531444,19	1,76 ns
Posição radial	1	14009590661,81	14009590661,8	110,21 **
Proveniência x Posição radial	1	223400851,56	223400851,560	1,75 ns
Tratamentos	3	14457522957,57	4819174319,19	37,91 **
Resíduo	140	17795043028,30	127107450,20	
Total	143	32252565985,87		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo D11 – Teste de médias para o módulo de elasticidade (MOE) em função da proveniência

Proveniência	MOE
Parecis	76040,14 a
Rolim de Moura	78537,54 a

Anexo D12 – Teste de médias para o módulo de elasticidade (MOE) em função da posição radial

Posição radial	MOE
Casca	87152,350 a
Medula	67425,33 b

Anexo D13 – Análise de variância para o módulo de ruptura (MOR) em flexão estática

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	9391,61	9391,61	1,29 ns
Posição radial	1	660434,12	660434,12	91,09 **
Proveniência x Posição radial	1	3181,31	3181,31	0,43 ns
Tratamentos	3	673007,06	224335,68	30,94**
Resíduo	140	1015036,64	7250,26	
Total	143	1688043,70		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo D14 – Teste de médias para o módulo de ruptura (MOR) em função da proveniência

Proveniência	MOR
Parecis	538,21 a
Rolim de Moura	554,36 a

Anexo D15 – Teste de médias para o módulo de ruptura (MOR) em função da posição radial

Posição radial	MOR
Casca	614,01 a
Medula	478,56 b

Anexo D16 – Análise de variância para o módulo de elasticidade (MOE) em compressão paralela

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	55974533,08	55974533,08	0,1102 ns
Posição radial	1	2253148081,87	2253148081,87	4,4340 *
Proveniência x Posição radial	1	1464275352,75	1464275352,75	2,8816 ns
Tratamentos	3	3773397967,708	1257799322,57	2,4752 ns
Resíduo	96	48782852259,65	508154711,03	
Total	99	52556250227,35		

Em que: * significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($0,01 \leq p < ,05$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo D17 – Teste de médias para o módulo de ruptura (MOE) em função da proveniência

Proveniência	MOE
Parecis	94341,20000 a
Rolim de Moura	92844,88000 a

Anexo D18 – Teste de médias para o módulo de elasticidade (MOE) em função da posição radial

Posição radial	MOR
Casca	98339,77000 a
Medula	88846,30000 b

Anexo D19 – Análise de variância para a resistência em compressão paralela

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	747,57	747,57	0,58 ns
Posição radial	1	34853,37	34853,37	27,31 **
Proveniência x Posição radial	1	280,13	280,13	0,21 ns
Tratamentos	3	35881,09	11960,36	9,37 **
Resíduo	80	102091,54	1276,14	
Total	83	137972,63		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo D20 – Teste de médias para a resistência em função da proveniência

Proveniência	Resistência
Parecis	274,50 a
Rolim de Moura	280,46 a

Anexo D21 – Teste de médias para a resistência em função da posição radial

Posição radial	Resistência
Casca	297,85 a
Medula	257,11 b

Anexo D22 – Análise de variância para a resistência ao cisalhamento tangencial e radial

FV	GL	SQ	QM	F
Proveniência	1	67,37	67,37	0,81 ns
Posição radial	1	4375,64	4375,64	52,75**
Proveniência x Posição radial	1	35,77	35,77	0,43 ns
Tratamentos	3	4478,78	1492,92	17,99 **
Resíduo	120	9953,26	82,94	
Total	123	14432,04		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); ns não significativo ($p \geq ,05$)

Anexo D23 – Teste de médias para a resistência ao cisalhamento em função da proveniência

Proveniência	Resistência
Parecis	56,75 a
Rolim de Moura	58,22 a

Anexo D24 – Teste de médias para a resistência ao cisalhamento em função da posição radial

Posição radial	Resistência
Casca	63,42 a
Medula	51,54 b

Anexo E

Anexo E1 – Análise de variância para a absorção de água dos painéis compensados

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	111,75329	111,75329	10,8821 **
Resíduo	43	441,58653	10,26945	
Total	44	553,33981		

Em que: ** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$)