



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Curso de Graduação em Engenharia Florestal  
Campus de Marabá – VIII – CCNT

Heidy Vívian de Jesus Arantes

**Transição do lenho juvenil para o adulto em *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Dec. & Planch em floresta natural manejada no sudeste do Pará**

Marabá - PA

2022

Heidy Vívian de Jesus Arantes

**Transição do lenho juvenil para o adulto em *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Dec. & Planch em floresta natural manejada no sudeste do Pará**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial ao curso de Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, para a obtenção do título de Engenheira Florestal da Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo de Lima Melo

Marabá - PA  
2022

Heidy Vívian de Jesus Arantes

**Transição do lenho juvenil para o adulto em *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Dec. & Planch em floresta natural manejada no sudeste do Pará**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial ao curso de Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, para a obtenção do título de Engenheira Florestal da Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo de Lima Melo

Banca examinadora:

---

Prof. Luiz Eduardo de Lima Melo  
Doutor em Ciência e Tecnologia da Madeira  
Universidade do Estado do Pará - UEPA

---

Elias Costa Silva  
Msc. em Ciências Florestais  
Universidade do Estado do Pará - UEPA

---

Sabrina Benmuyal Vieira  
Msc. em Ciências Ambientais  
Grupo Arboris

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer minha mãe, Creusa Arantes, que em toda a minha vida esteve do meu lado me apoiando sempre e que nesses 5 anos me deu todo suporte e acreditou em mim, e aos meus irmãos, Helberth e Helder, que sempre estiveram dispostos a me ajudar e me levar em todos os cantos dessa cidade.

As minhas amigas de infância Abdielma e Thalita que participam da minha vida e até hoje comemoramos juntas cada pedacinho de conquistas que temos. Obrigado aos meus amigos de Ensino Médio que desde lá escutam minhas lamentações e vibram com as minhas vitórias: Vinicius, Layne e Jane.

Agradeço aos meus colegas de laboratório, que no período que estivemos juntos trocamos vários aprendizados e felicidades, e sou muito feliz pelos cafés da manhã com fofoca. Agradeço aos amigos que conquistei no caminho, em especial, a Lohana Vieira, Rafael Sostene e Alana Assunção que foram cruciais para a conclusão desse projeto.

Ao Grupo Arboris e toda sua equipe por apoiar e acreditar no projeto.

Ao comitê de orientação composto por Sabrina Benmuyal, Elias Costa e Luiz Eduardo pela paciência, ensinamentos e correções necessárias para o meu avanço como estudante e profissional.

Ao meu orientador Luiz Eduardo de Lima Melo, pela oportunidade e por acreditar no meu potencial, o senhor é inspiração de como um pesquisador deve ser.

Muito obrigada, Vivian Arantes.

## Resumo

A Amazonia brasileira se destaca mundialmente por possuir uma floresta que dispõe de abundante recursos naturais e biodiversidade, o que a torna atraente do ponto de vista exploratório. O presente estudo tem como objetivo avaliar a extensão radial de lenho juvenil e a transição para o lenho adulto de *Didymopanax morototoni* em diferentes diâmetros em floresta natural. As árvores de *D. morototoni* foram obtidas em uma área de floresta natural manejada, localizada no município de Dom Eliseu (PA). Foram selecionadas um total de vinte árvores, divididas em 4 classes diamétricas, das quais foram retiradas toras, que foram desdobradas em pranchas radiais para retirada de corpos de prova de 10 mm obtidas da região central no sentido medula-câmbio. A análise anatômica foi determinada mediante o estudo da variação radial do comprimento das fibras da medula ao câmbio. Será feita a medição do comprimento de fibras e a determinação do ponto de transição entre a madeira juvenil e adulta. As análises estatísticas foram desenvolvidas com o auxílio do *software* R, versão 3.0.1 (R *Development Core Team*, 2013). As propriedades físicas da madeira como densidade básica, será realizada a partir da determinação dos limites da madeira juvenil e adulta, seguindo o procedimento de ensaio especificado pela NBR 7190 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Observou-se que doze das vinte árvores estudadas possuíam madeira adulta, onde esse ponto de ruptura tem a média de 12,69 cm para os 12 indivíduos, com um desvio padrão de 5,36. A densidade básica da madeira juvenil apresentou maior variabilidade quando comparada com a madeira adulta, que foi mais homogênea. Nesta pesquisa foi observado que a classe diamétrica não tem influência significativa nas propriedades da madeira visto que 60% das árvores estudadas produziram madeira adulta fora da maior classe de diâmetro, e apenas cinco delas estavam no diâmetro de corte permitido pela legislação.

**Palavras-chave:** Madeira, Anatomia, fibra

## Abstract

The Brazilian Amazon stands out worldwide for having a forest that has abundant natural resources and biodiversity, which makes it attractive from an exploratory point of view. The present study aims to evaluate the radial extension of juvenile wood and the transition to adult wood of *Didymopanax morototoni* in different diameters in natural forest. *D. morototoni* trees were obtained from a managed natural forest located in the municipality of Dom Eliseu (PA). A total of twenty trees were selected, divided into 4 diametric classes, from which logs were removed, which were unfolded in radial boards for the removal of 10 mm specimens obtained from the central region in the pith-cambium direction. The anatomical analysis was determined by studying the radial variation in the length of the fibers from the medulla to the cambium. Fiber length will be measured and the transition point between juvenile and mature wood will be determined. Statistical analyzes were performed using the R software, version 3.0.1 (R Development Core Team, 2013). The physical properties of the wood, such as basic density, will be carried out from the determination of the limits of juvenile and adult wood, following the test procedure specified by NBR 7190 of the Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. It was observed that twelve of the twenty trees studied had mature wood, where this breaking point has an average of 12.69 cm for the 12 individuals, with a standard deviation of 5.36. The basic density of juvenile wood showed greater variability when compared to mature wood, which was more homogeneous. In this research, it was observed that the diameter class does not have a significant influence on the properties of the wood, since 60% of the trees studied produced adult wood outside the largest diameter class, and only five of them were within the cutting diameter allowed by legislation.

**Keywords:** Wood, Anatomy, fibers.

## Sumário

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO              | 9  |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS     | 10 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 12 |
| 4. CONCLUSÃO               | 19 |
| REFERÊNCIAS                | 21 |

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1:Demarcação de madeira juvenil e da madeira adulta Classe A.....  | 13 |
| Figura 2: Demarcação de madeira juvenil e da madeira adulta Classe B..... | 13 |
| Figura 3: Demarcação de madeira juvenil e da madeira adulta Classe C..... | 14 |
| Figura 4: Demarcação de madeira juvenil e da madeira adulta Classe D..... | 15 |

Elaborado a partir das normas de submissão do European Journal of Wood and Wood Products.

**ARTIGO - Transição do lenho juvenil para o adulto em *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Dec. & Planch em floresta natural manejada no sudeste do Pará**

## 1. INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica brasileira é reconhecida internacionalmente por abrigar uma vasta riqueza de recursos naturais e biodiversidade, ocupando uma extensão territorial que ultrapassa 5,1 milhões de quilômetros quadrados, segundo o IBGE (2021), isso a torna particularmente atraente para atividades exploratórias. No entanto, é importante destacar que a exploração típica na Amazônia é frequentemente prejudicial e seletiva, resultando na diminuição da disponibilidade de espécies tradicionais no mercado, como apontado por Moretti *et al.* (2020).

A diversificação do número de espécies arbóreas com potencial exploratório pode contribuir para reduzir a pressão sobre as espécies tradicionais (Reis, 2017). No entanto, é importante destacar que algumas espécies que apresentam características atraentes para o mercado não estão conforme as diretrizes de manejo estabelecidas pela legislação vigente no estado do Pará, conforme especificado na Instrução Normativa 05 de 2015 da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Pará, 2015). Como resultado, essas espécies não podem ser integradas à cadeia de produção florestal

Nesse contexto, a compreensão das propriedades da madeira e de suas variações internas desempenha um papel crucial na determinação apropriada de seu uso (CHEN *et al.*, 2020). Essas características específicas estão diretamente relacionadas à espécie da madeira, sua distribuição geográfica, a idade da árvore e suas interações com o ambiente circundante (Lourençon *et al.*, 2014).

A madeira é um material biológico de grande complexidade, e suas variações podem ser observadas em várias dimensões dentro de sua estrutura, incluindo o comprimento das fibras, os diâmetros das células, a espessura da parede celular, a densidade básica e a proporção dos elementos anatômicos, entre outros (Silva *et al.*, 2007). Essas variações internas influenciam diretamente as propriedades

mecânicas, térmicas e físicas o que, por sua vez, afeta a seleção adequada de seu uso em uma ampla gama de aplicações (MORESCHI, 2012). Portanto, compreender essas características é fundamental para otimizar a utilização sustentável desse recurso natural valioso.

A *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Dec. & Planch desempenha um papel significativo nesse cenário devido às suas características ecológicas, silviculturais, fisiológicas e tecnológicas atraentes para o mercado, além de ser uma espécie abundante na floresta e apresenta um rápido crescimento, conforme indicado por Macieira et al. (2014). A madeira de *D. morototoni* é considerada moderadamente pesada, possui facilidade de trabalhabilidade e é amplamente utilizada em construções em geral, carpintaria, na fabricação de palitos de fósforos, na confecção de instrumentos musicais, e é indicada para a produção de painéis (Almeida et al., 2016). Essa versatilidade torna essa madeira particularmente relevante para o setor da indústria madeireira, como a produção de compensado, que cresce na região.

O objetivo do presente estudo é avaliar a extensão radial do lenho juvenil e a transição para o lenho adulto da *Didymopanax morototoni* em diferentes classes de diâmetro em floresta natural. Isso é importante para entender a dinâmica de crescimento e as propriedades da madeira dessa espécie em diferentes estágios de desenvolvimento, o que pode contribuir para um manejo sustentável e uma utilização mais eficiente desse recurso florestal.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo utilizou madeira da *Didymopanax morototoni* proveniente de uma floresta natural submetida a manejo no município de Dom Eliseu, localizado no estado do Pará, Brasil. Dom Eliseu está situado na Mesorregião do Sudeste do estado do Pará, Brasil, entre as latitudes 03°46,2'S e 04°37,11'S e as longitudes 48°23,4'W e 47°17,4'W. A região possui predominantemente o tipo de vegetação conhecido como Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2004).

No estudo, um total de 20 árvores foi selecionado para análise, todas elas apresentando características específicas, como a ausência de bifurcações, tortuosidade ou inclinação. Essas árvores foram distribuídas em quatro classes diamétricas, com cinco indivíduos em cada classe. Em seguida, foi retirado um disco de madeira com uma espessura de 60 cm a uma altura de 1,30 metros acima do solo dessas árvores.

Tabela 1: Classes diamétricas

| Classe | Diâmetro (cm) | Nº de árvores |
|--------|---------------|---------------|
| A      | 25 a 30       | 5             |
| B      | 34 a 40       | 5             |
| C      | 40 a 45       | 5             |
| D      | 50            | 5             |

Os discos de madeira foram desdobrados em tábuas diamétricas que continham a madeira desde a medula até a casca. A partir dessas tábuas, foram obtidos corpos de prova equidistantes com intervalos de 1 cm entre eles. Esses corpos de prova foram preparados para estudar a variação radial do comprimento das fibras, diâmetro do lúmen da fibra e parede e o comprimento de vasos (Figura 2).

**Tabela 2:** Valores médios de Diâmetro a altura do peito (DAP), circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial e altura total de cada uma das classes de *Didymopanax morototoni* estudadas.

| Classes           | DAP (cm) | CAP (cm) | Ht (m) | Hc (m) |
|-------------------|----------|----------|--------|--------|
| A                 | 26,0     | 81,7     | 23,6   | 20,0   |
| B                 | 37,4     | 117,5    | 26,7   | 17,4   |
| C                 | 45,0     | 141,3    | 27,9   | 20,5   |
| D                 | 55,2     | 173,5    | 30,4   | 20,1   |
| <b>Média</b>      | 40,9     | 128,5    | 27,15  | 19,5   |
| <b>Desv. Pad.</b> | 10,67    | 33,54    | 2,45   | 1,23   |

A avaliação dos elementos anatômicos foi conduzida utilizando uma adaptação do método de maceração proposto por Franklin (1945), conforme modificado por Kraus e Arduin (1997). Trinta medições foram feitas de cada elemento do anatômico para medição ao longo da direção da medula para a casca, seguindo as diretrizes estabelecidas pelo Comitê da IAWA (1989). Em seguida, por meio da análise visual de gráficos gerados a partir da média deste parâmetro anatômico, os limites das regiões de madeira juvenil e adulta nos discos das árvores foram determinados, seguindo as recomendações de Zobel e Van Buijtenen (1989).

Após estabelecer os limites entre a madeira juvenil e adulta, serão coletados corpos de prova separadamente de ambas as regiões para a comparação de seus valores de densidade básica. Esses corpos de prova terão dimensões de 2 cm na direção tangencial x 2 cm na direção radial x 3 cm na direção longitudinal.

Após estabelecer os limites entre a madeira juvenil e adulta, serão coletados corpos de prova separadamente de ambas as regiões para a comparação de seus valores de densidade básica. Esses corpos de prova terão dimensões de 2 cm na direção tangencial x 2 cm na direção radial x 3 cm na direção longitudinal.

O estudo envolveu a realização do teste de homogeneidade de variância (utilizando o teste de Bartlett a um nível de significância de 5%) e a avaliação da normalidade dos resíduos (através do teste de Shapiro-Wilk a um nível de significância de 5%) para todos os parâmetros anatômicos e físicos que foram analisados. O ponto de transição entre a madeira juvenil e adulta nas árvores foi determinado por meio de uma análise de regressão por partes, utilizando o pacote "segmented" no software R. Para determinar se a regressão por partes apresenta o melhor modelo será feito o procedimento de seleção de modelos com base no critério de informação de Akaike (AICc), que consiste na comparação dos pesos e no valor do delta de cada modelo AICc em modelos com todas as combinações de variáveis possíveis (Ochoa-Quintero et al., 2015; Magnago et al., 2015). A regressão por partes permitirá determinar se houve uma influência significativa da distância radial medula-câmbio sobre o comprimento das fibras e também identificar qualquer ponto de interrupção discreto no comportamento radial das fibras que indica formação de madeira adulta ( $p < 0,05$ ).

A partir da determinação dos limites de madeira juvenil e adulta no disco, a dimensão das fibras e densidade aparente da madeira foi comparada estatisticamente por meio de ajuste usando modelos lineares generalizados (GLM), assumindo uma distribuição de erro normal (no caso de a variável passar pelo teste Shapiro-Wilk a 5% de significância para a normalidade) ou gamma (no caso de falhar esse teste). As médias para as propriedades foram comparadas por contraste de modelos. Essas análises foram interpretadas em um nível de significância de 5%. Portanto, níveis de significância inferiores a 5% indicam diferenças significativas entre lenho juvenil e adulto (aumento ou diminuição nos valores medidos). Todos os GLMs foram submetidos à análise residual, para avaliar a adequação da distribuição de erros (Crawley, 2002).

Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* R, versão 3.0.1 (R Development Core Team, 2).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras de 1 a 4 ilustram, por meio da variação no comprimento das fibras, o ponto em que ocorreu a segregação entre o lenho juvenil e o lenho adulto a partir de uma distância específica da medula. Essa segregação foi identificada por meio da análise de regressão por partes aplicada aos dados de 20 árvores analisadas, das quais 12 apresentaram a transição, enquanto apenas 8 não exibiram essa mudança significativa na estrutura anatômica da madeira.

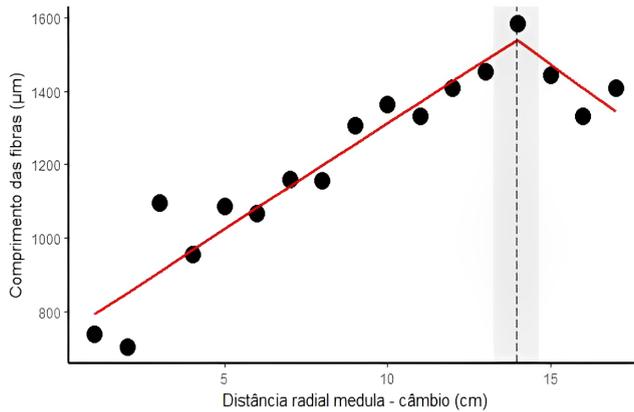


Figura 1: Demarcação de madeira juvenil e da madeira adulta Classe A

Figura 1: Demarcação de madeira juvenil (até a linha tracejada) e da madeira adulta (a partir da linha tracejada) da classe A, árvore 2. As linhas vermelhas sólidas são baseadas na regressão por partes, as linhas verticais tracejadas representam pontos de interrupção significativos ( $p < 0,05$ ), e as áreas sombreadas cinzas representam o desvio padrão em torno da distância do ponto de interrupção

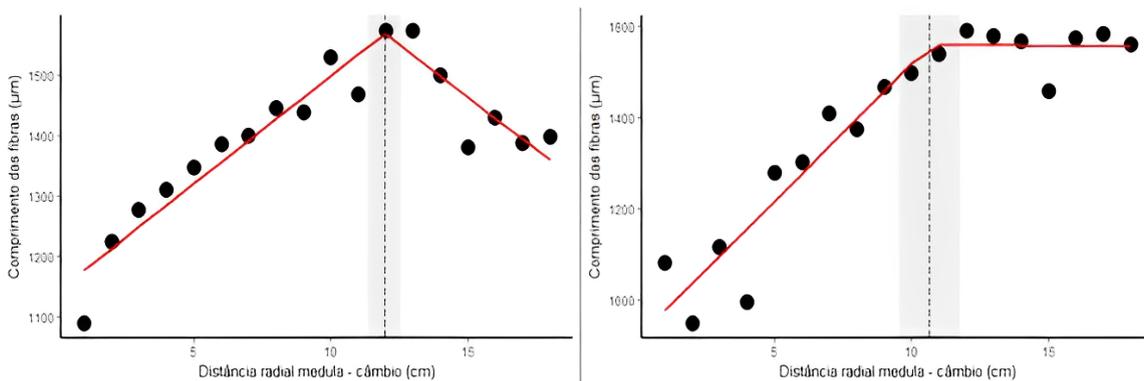


Figura 2: Demarcação de madeira juvenil e da madeira adulta Classe B

Figura 2: Demarcação de madeira juvenil (até a linha tracejada) e da madeira adulta (a partir da linha tracejada) da classe B, árvores 2 e 4. As linhas vermelhas sólidas são baseadas na regressão por partes, as linhas verticais tracejadas representam pontos de interrupção significativos ( $p < 0,05$ ), e as áreas sombreadas cinzas representam o desvio padrão em torno da distância do ponto de interrupção

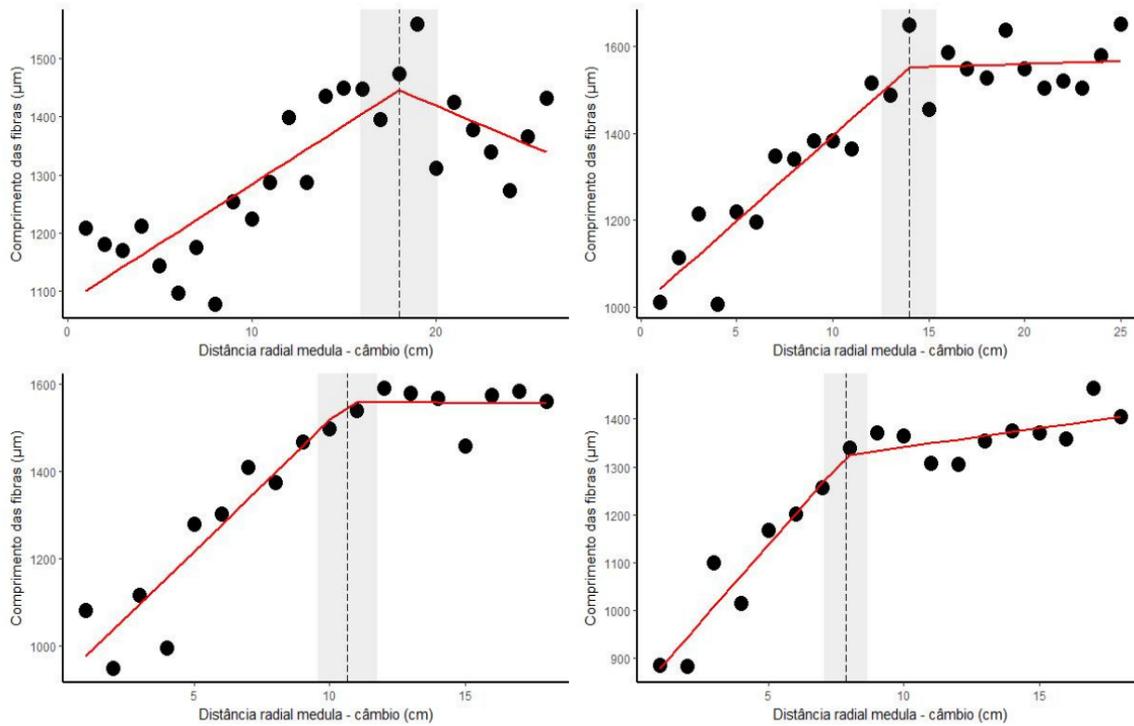


Figura 3: Demarcação de madeira juvenil e da madeira adulta Classe C

Figura 3: Demarcação de madeira juvenil (até a linha tracejada) e da madeira adulta (a partir da linha tracejada) da classe C, árvores 1, 3, 4 e 5. As linhas vermelhas sólidas são baseadas na regressão por partes, as linhas verticais tracejadas representam pontos de interrupção significativos ( $p < 0,05$ ), e as áreas sombreadas cinzas representam o desvio padrão em torno da distância do ponto de interrupção

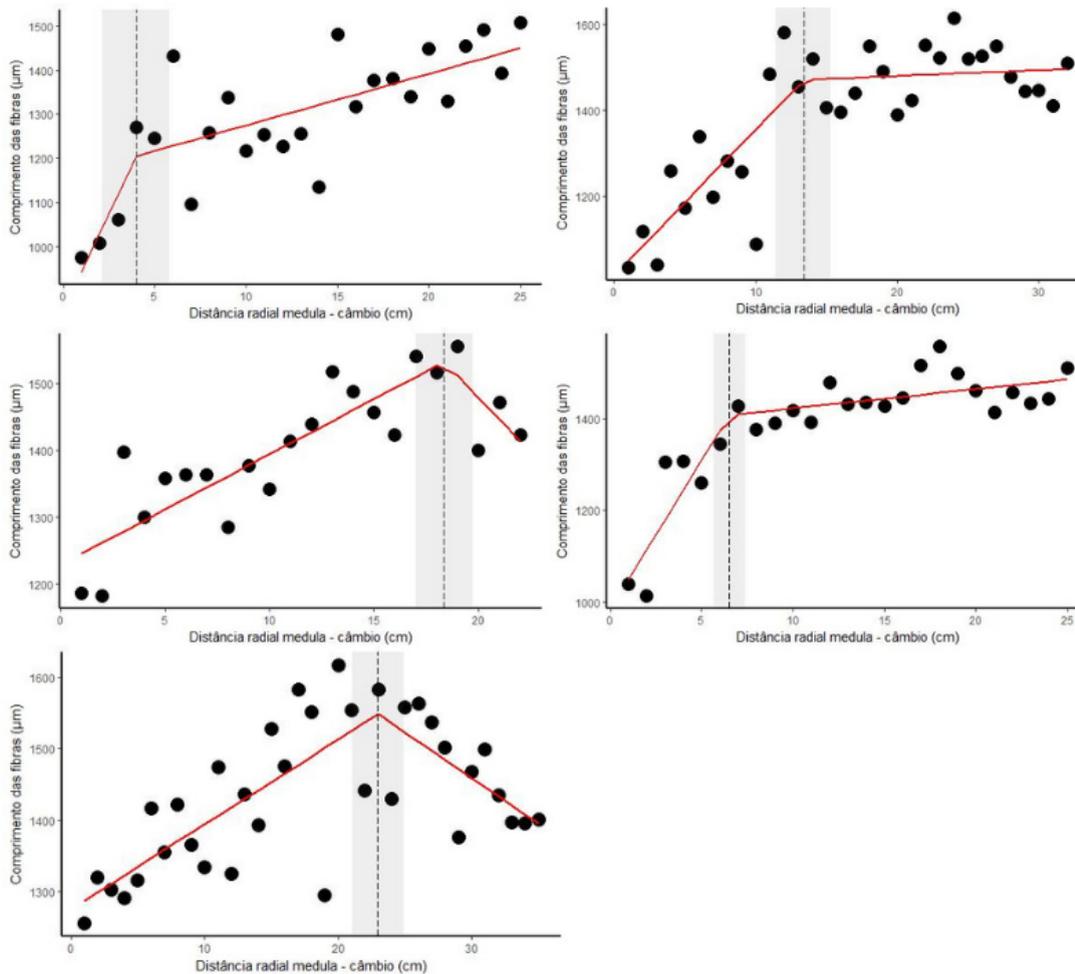


Figura 4: Demarcação de madeira juvenil e da madeira adulta Classe D

Figura 4: Demarcação de madeira juvenil (até a linha tracejada) e da madeira adulta (a partir da linha tracejada) da classe D, árvores 1, 2, 3, 4 e 5. As linhas vermelhas sólidas são baseadas na regressão por partes, as linhas verticais tracejadas representam pontos de interrupção significativos ( $p < 0,05$ ), e as áreas sombreadas cinzas representam o desvio padrão em torno da distância do ponto de interrupção

Em todos os indivíduos analisados, foi possível identificar um ponto de ruptura caracterizado por valores menores no comprimento das fibras próximas à medula, com um aumento gradual à medida que se aproximavam da casca. Esse comportamento é semelhante ao encontrado em estudos anteriores, como o de Trevisan et al. (2017) na espécie *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, que também observou variações no comprimento das fibras e outros elementos anatômicos em função da posição no lenho, no sentido medula-casca. Esse mesmo padrão é

evidenciado em pesquisas anteriores, como a realizada por Gatto (2008) na espécie *Luehea divaricata* Mart, onde também foram registrados valores menores de comprimento de fibra próximo à medula. Essas descobertas indicam uma tendência consistente na variação do comprimento das fibras em relação à posição radial no lenho.

O comportamento das fibras nos indivíduos que, após o início da produção do lenho adulto, apresentaram uma tendência linear decrescente, pode ser atribuído à senescência do vegetal. A senescência é caracterizada pela redução significativa do crescimento da árvore. Esse padrão de comportamento, com uma diminuição gradual das características da madeira, é semelhante ao observado em estudos anteriores, como a espécie *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch, conforme descrito por Gatto et al. (2010). Essa semelhança sugere que a senescência e a redução do crescimento podem influenciar de forma consistente as propriedades da madeira, incluindo *Didymopanax morototoni*.

Tabela 3: Média do comprimento e coeficiente de variação das fibras da madeira juvenil e adulta de *Didymopanax morototoni*.

| Classe       | Média comprimento das fibras ( $\mu\text{m}$ ) |                             |              |
|--------------|--|-----------------------------|--------------|
|              | Madeira Juvenil                                | Madeira Adulta              | Aumento em % |
|              | Média (Máx. - Min)                             | Média (Máx - Min)           |              |
| <b>A</b>     | 1140,40 (1452.66 - 702.00)                     | 1442,21 (1585.78 - 1332.65) | 20,93        |
| <b>B</b>     | 1304.24 (1529.01 - 947.58)                     | 1510,44 (1591.92 - 1381.13) | 13,65        |
| <b>C</b>     | 1262.82 (1515.04 - 884.13)                     | 1480,49 (1786.63 - 1272.57) | 14,70        |
| <b>D</b>     | 1340.503 (1604.27 - 1003.94)                   | 1474,57 (1684.95 - 1179.04) | 9,09         |
| <b>Geral</b> | 1291.26 (1604.27 - 702.00)                     | 1478.66 (1786.63 - 1179.04) | 12,67        |

A partir da identificação da madeira juvenil e adulta nos discos das árvores, foi possível realizar uma análise do comportamento do comprimento das fibras em cada tipo de lenho separadamente. A Tabela 3 apresenta a média dos valores obtidos para o comprimento das fibras na madeira juvenil e adulta em cada classe. Os resultados revelaram que o comprimento médio geral das fibras na madeira juvenil foi de 1291,26  $\mu\text{m}$ , enquanto na madeira adulta foi de 1478,66  $\mu\text{m}$ , o que representa um aumento de pelo menos 12,67% quando comparado entre os dois

tipos de lenho. Esses achados estão alinhados com os resultados de outros estudos, como o de Palma et al. (2010), que também identificaram um aumento médio no comprimento das fibras em espécies como *Corymbia citriodora*, onde o aumento pode chegar até 15,38%.

Nota-se um comportamento crescente do comprimento das fibras, no sentido medula-câmbio, nos indivíduos até o ponto de ruptura indicado pela análise (Tabela 4), no entanto, é relevante notar que, apesar da média indicar um ponto de ruptura médio de 12,69 cm para os 12 indivíduos, existe um desvio padrão considerável de 5,36 entre os pontos de ruptura de uma árvore para outra. Essa variação significativa pode ser principalmente atribuída ao fato de que as árvores foram colhidas de uma floresta natural.

Tabela 4. Resumo dos resultados da regressão por partes para relação entre a posição radial e comprimento das fibras. \* indica onde os modelos lineares (ml) foram mostrados (via seleção AICc) para ser o melhor do que um modelo de uma regressão por partes (ms).

|                 | <b>AICc<br/>ml</b> | <b>AICc<br/>ms</b> | <b>valor t</b> | <b>valor p</b> | <b>breakpoint</b> | <b>SE<br/>breakpoint</b> |
|-----------------|--------------------|--------------------|----------------|----------------|-------------------|--------------------------|
| <b>Classe A</b> |                    |                    |                |                |                   |                          |
| 1               | 138.3              | 147.2              | 0.059          | 0.955          | na                | na                       |
| 2               | 215.2              | 209.0              | 9.508          | 3.22e-07       | 13.950            | 0.695                    |
| 3               | 188.4              | 209.0              | 0.819          | 0.434          | na                | na                       |
| 4               | 146.3              | 155.7              | 0.819          | 0.434          | na                | na                       |
| 5               | 181.2              | 181.2              | -1.116         | 0.288          | na                | na                       |
| <b>Classe B</b> |                    |                    |                |                |                   |                          |
| 1               | 188.1              | 188.1              | 3.183          | 0.00788        | na                | na                       |
| 2               | 262.5              | 262.6              | 8.086          | 1.43e-07       | na                | na                       |
| 3               | 220.9              | 198.0              | 8.446          | 7.25e-07       | 11.974            | 0.591                    |
| 4               | 223.9              | 214.6              | 7.813          | 1.8e-06        | 10.655            | 1.099                    |
| 5               | 214.0              | 217.9              | 5.423          | 8.98e-05       | na                | na                       |
| <b>Classe C</b> |                    |                    |                |                |                   |                          |
| 1               | 314.3              | 309.2              | 5.724          | 9.31e-06       | 18.002            | 2.088                    |

|                 |       |       |       |          |        |       |
|-----------------|-------|-------|-------|----------|--------|-------|
| 2               | 286.3 | 288.8 | 7.956 | 8.99e-08 | na     | na    |
| 3               | 303.9 | 290.0 | 7.906 | 9.96e-08 | 13.991 | 1.415 |
| 4               | 223.9 | 214.6 | 7.813 | 1.8e-06  | 10.655 | 1.099 |
| 5               | 216.9 | 198.9 | 7.567 | 2.60e-06 | 7.878  | 0.801 |
| <b>Classe D</b> |       |       |       |          |        |       |
| 1               | 305.5 | 304.7 | 1.390 | 0.179    | 3.986  | 1.844 |
| 2               | 397.6 | 385.4 | 5.188 | 1.66e-05 | 13.376 | 1.946 |
| 3               | 251.8 | 256.0 | 6.244 | 6.86e-06 | 18.360 | 1.353 |
| 4               | 300.2 | 280.2 | 4.944 | 6.84e-05 | 6.528  | 0.858 |
| 5               | 416.9 | 403.1 | 5.166 | 1.33e-05 | 22.983 | 1.904 |

Na tabela 5, são apresentadas as médias da densidade básica, sendo 0,32 g/cm<sup>3</sup> para o lenho juvenil e 0,42 g/cm<sup>3</sup> para o lenho adulto. A literatura também fornece valores semelhantes e até superiores aos encontrados neste estudo. Por exemplo, Souza et al. (2013) relataram valores próximos, cerca de 0,37 g/cm<sup>3</sup>, enquanto Faro et al. (2015) encontraram valores de densidade consideravelmente mais altos, com uma média de 0,64 g/cm<sup>3</sup> para a espécie *D. morotoni*.

Observa-se que o coeficiente de variação da densidade básica é mais elevado em todas as classes do lenho juvenil, com uma média de 22,45% de variação, enquanto na madeira adulta, essa variação é reduzida para quase a metade, com uma média de 10,55% (conforme apresentado na Tabela 5). Estudos realizados na espécie *Schima superba* por Wang et al. (2021) também encontraram variações estatísticas na densidade ao longo do lenho juvenil e adulto das árvores analisadas.

A variação no comprimento das fibras e o maior coeficiente de variação da densidade podem ser explicados pela presença do lenho juvenil no tronco da árvore. Anatomicamente, o lenho juvenil representa um aumento nas dimensões das células, o que causa alterações em sua forma, estrutura e disposição. Esse comportamento se estende até o início da produção do lenho adulto, quando o crescimento das fibras atinge uma estabilidade, como descrito por Viadaurre et al. (2012).

Tabela 5: Densidade ( $\rho_{bas}$ ), Desvio Padrão (SD), Erro Padrão (EP), Coeficiente de Variação (CV)

|                 | Juvenil                           |      |       |       | Adulta                            |      |       |       | $p$ -value    |
|-----------------|-----------------------------------|------|-------|-------|-----------------------------------|------|-------|-------|---------------|
|                 | $\rho_{bas}$<br>Média (Máx - Min) | SD   | EP    | CV    | $\rho_{bas}$<br>Média (Máx - Min) | SD   | EP    | CV    |               |
| <b>Classe A</b> | 0,33 (0,38- 0,26)                 | 0,04 | 0.007 | 11,5  | 0,43 (0,40 - 0,45)                | 0,02 | 0.007 | 4,3   | 3.577e-08 *** |
| <b>Classe B</b> | 0,34 (0,85 - 0,23)                | 0,10 | 0.015 | 28,6  | 0,43 (0,49 - 0,38)                | 0,03 | 0.006 | 7,5   | 4.249e-05 *** |
| <b>Classe C</b> | 0,32 (0,44 - 0,17)                | 0,06 | 0.006 | 19,0  | 0,43 (0,50 - 0,29)                | 0,04 | 0.426 | 10,2  | 2.2e-16 ***   |
| <b>Classe D</b> | 0,31 (0,47 - 0,13)                | 0,07 | 0.007 | 23,6  | 0,42 (0,58 - 0,29)                | 0,05 | 0.004 | 11,3  | 2.2e-16 ***   |
| <b>Geral</b>    | 0.32 (0.13 -0.85)                 | 0.07 | 0.004 | 22,45 | 0.42(0,29-0,58)                   | 0,04 | 0,003 | 10,55 | 2.2e-16 ***   |

A densidade básica é, de fato, uma propriedade de grande importância para avaliar a qualidade da madeira, pois ela é um indicativo das propriedades de resistência do material, como mencionado por Shimoyama et al. (1990). O lenho adulto geralmente apresenta uma densidade básica maior, o que resulta em uma maior resistência mecânica, conforme destacado por Uetimane et al. (2011).

Essa informação é particularmente relevante para a indústria madeireira, já que a presença significativa de lenho juvenil nas árvores pode reduzir suas propriedades mecânicas e, como resultado, afetar o processamento e beneficiamento da madeira. Portanto, árvores de espécies arbóreas que atingem a densidade básica adequada e o lenho adulto antes de atingir o diâmetro mínimo de corte estabelecido pela legislação podem ser valiosas para diversos usos, mesmo que seu diâmetro à altura do peito (DAP) seja relativamente pequeno, como no exemplo de árvores com DAP médio de 45,0 cm. Isso pode representar uma oportunidade significativa para o setor florestal ao otimizar o uso de recursos e promover a sustentabilidade na produção de madeira.

#### 4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados para a espécie *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Dec. & Planch, é possível inferir o seguinte:

- a) As árvores de *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Dec. & Planch em floresta natural manejada começam a produzir madeira adulta a partir de um ponto médio de 12,69 cm de DAP (Diâmetro à Altura do Peito). Isso sugere que, para a espécie em questão, a madeira adulta começa a se formar em árvores com esse tamanho de diâmetro.
- b) A madeira adulta exibe propriedades anatômicas e físicas mais homogêneas do que a madeira juvenil. Isso confirma que o lenho adulto possui uma maior qualidade e valor agregado em comparação com o lenho juvenil. Essa diferenciação é relevante para a indústria madeireira, pois a qualidade da madeira é um fator importante para determinar seus usos e aplicações.
- c) A classe diamétrica das árvores não parece ter uma influência significativa nas propriedades da madeira, uma vez que 60% das árvores estudadas já possuíam madeira adulta. Além disso, apenas cinco árvores estavam no diâmetro de corte permitido pela legislação. Isso pode indicar que a espécie em questão tende a produzir madeira adulta antes de atingir o diâmetro mínimo de corte estabelecido pela legislação, o que pode ser uma consideração importante para o manejo florestal sustentável.

## REFERÊNCIAS

Almeida DS, (2016) Environmental recovery of the Atlantic Forest. Ilhéus, Bahia. <https://doi.org/10.7476/9788574554402>. (In portuguese)

ABNT. (2003) Madeira: Determinação da Densidade Básica. NBR 7190:1996. São Paulo.

CHEN, Chaoji et al. Structure–property–function relationships of natural and engineered wood. *Nature Reviews Materials*, v. 5, n. 9, p. 642-666, 2020.

Crawley, M. J. (2022) Statistical computing: an introduction to data analysis using S-plus. Wiley. *Chichester, UK*.

REIS, Pamella Caroline Marques dos Reis. Análise estrutural e propriedades tecnológicas da madeira de espécies da Amazônia. 2017.

Franklin, G. L. (1945). Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature*, 155(3924), 51-51.

Faro, B. D. O., LIMA, P., & de SOUZA, F. I. B. (2015). Análise descritiva de propriedades físicas de espécies madeireiras utilizadas na construção de barcos na região amazônica. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 66., 2015, Santos. Botânica em transformação: livro de resumos. Brasília, DF: Sociedade Botânica do Brasil.

Gatto, D. A., Haselein, C. R., Buligon, E. A., Calegari, L., Stangerlin, D. M., Oliveira, L. D. S., & Santini, E. J. (2008). Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de parâmetros anatômicos para madeira de *Luehea divaricata* Mart. *Ciência Florestal*, 18, 535-540.

Gatto, D. A., Haselein, C. R., Buligon, E. A., Calegari, L., Stangerlin, D. M., Melo, R. R. D., ... & Santini, E. J. (2010). Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto de *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch por meio de parâmetros anatômicos da madeira. *Ciência Florestal*, 20, 675-682.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. IBGE atualiza limites de municípios no mapa da Amazônia Legal. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-contato.html>. Acesso em 10 de maio de 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria De Geociências (2004) **Mapa de vegetação do Brasil**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

International Association of Wood Anatomists. Committee. (1989) List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin*, v. 10, p. 220 - 332, 1989

Iawa Committee. Wheeler, E. A., Baas, P., & Gasson, P. E. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull* 10(3): 219-332.

Kraus, J. E., & Arduin, M (1997). Basic manual of methods in plant morphology.

Lourençon, T. V., Mattos, B. D., Gatto, D. A., Buligon, E. A., & Haselein, C. R. (2014). Determinação da idade de transição entre lenho juvenil e lenho adulto para três espécies florestais por meio de suas propriedades mecânicas. *Floresta e Ambiente*, 21, 251-260.

Moretti, M. S., et al. (2020). Space-time dynamics of selective wood extraction in the state of Mato Grosso between 1992 and 2016. *Ciência Florestal*, 30, 796-808.

Macieira, A., da Costa, C. C., de Carvalho, L. T., Fiaschi, P., GOMES, J., Martins-Da-Silva, R. C. V., & MARGALHO, L. (2014). Getting to know plant species from the Amazon: morototó (*Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerf. & Frodin-Araliaceae).

MORESCHI, João Carlos. Propriedades da madeira. **Setor de Ciências Agrárias. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Universidade Federal do Paraná**, v. 4, 2012.

Magnago, L. F. S., et al (2015). Would protecting tropical forest fragments provide carbon and biodiversity cobenefits under REDD+?. *Global Change Biology*, 21(9), 3455-3468.

Ochoa-Quintero, J. M., Gardner, T. A., Rosa, I., de Barros Ferraz, S. F., & Sutherland, W. J. (2015). Thresholds of species loss in Amazonian deforestation frontier landscapes. *Conservation Biology*, 29(2), 440-451.

Palma, H. A. L., Leonello, E. C., & Ballarin, A. W. (2010). Demarcação da madeira juvenil e adulta de *Corymbia citriodora*. *Cerne*, 141-148.

Silva, J. R. M., Lima, J. T., & Trugilho, P. F. (2007). Usinabilidade da madeira de

Eucalyptus grandis em diferentes regiões da medula à casca. *Cerne*, 13(1), 25-31.

Souza, L. A., & de LIMA, R. M. B. (2013). Produção de madeira com fins energéticos de duas espécies nativas da Amazônia em plantios homogêneos.

Shimoyama, V. R. D. S. (1990). *Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em Eucalyptus spp* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Trevisan, R., Rosa, M., Haselein, C. R., Santini, E. J., & Gatto, D. A. (2017). Dimensões das fibras e sua relação com a idade de transição entre lenho juvenil e adulto de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden. *Ciência Florestal*, 27, 1385-1393.

Uetimane Jr, E., & Ali, A. C. (2011). Relationship between mechanical properties and selected anatomical features of ntholo (" pseudolachnostylis maprounaefolia"). *Journal of Tropical Forest Science*, 166-176.

Vidaurre, G. B., Lombardi, L. R., Oliveira, J. T. D. S., & Arantes, M. D. C. (2012). Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. *Floresta e Ambiente*, 18(4), 469-480.

Wang, Y., Zhang, R., & Zhou, Z. (2021). Radial variation of wood anatomical properties determines the demarcation of juvenile-mature wood in *Schima superba*. *Forests*, 12(4), 512.

Zobel, B. J., & Van Buijtenen, J. P. (1989). *Wood variation: its causes and control*. Springer Science & Business Media.



Universidade do Estado do Pará Centro de Ciências Naturais e  
Tecnologia – CCNT Curso de Graduação em Engenharia  
Florestal – *Campus VIII*

Av. Hileia, S/N, Agrópolis do Incra, Amapá  
68502-100, Marabá - PA [www.uepa.br](http://www.uepa.br)