

## Artigos

### Ciclos de produção de *Pinus taeda* L. com mais de 30 anos: uma alternativa para obtenção de madeira para usos sólidos e estruturais

Production cycles of *Pinus taeda* L. older more than 30 years: an alternative for obtaining wood for solid and structural uses

Magnos Alan Vivian<sup>I</sup> , Mário Dobner Júnior<sup>I</sup> , Karina Soares Modes<sup>I</sup> ,  
Ugo Leandro Belini<sup>II</sup> , Douglas Rufino Vaz<sup>III</sup> 

<sup>I</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

<sup>III</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil

## RESUMO

Plantios de *Pinus* spp. são a base de uma importante atividade econômica na região do planalto sul do Brasil, onde são cultivados em ciclos de produção com cerca de 15 anos de duração. O objetivo do estudo foi avaliar as características físico-mecânicas e anatômicas da madeira de *Pinus taeda* L. obtida em povoamentos com idades superiores a 30 anos, em comparação com aquela atualmente disponível no mercado, com idade próxima a 15 anos, visando avaliar seu potencial para produção de madeira de alta qualidade para usos sólidos e estruturais. Além disso, avaliaram-se também aspectos produtivos e econômicos de plantios de *Pinus taeda* com mais de 30 anos de idade. Para isso, foram utilizadas árvores de *Pinus taeda* provenientes de dois plantios, com idades de 15 e 43 anos e, deste último, amostrada apenas a madeira produzida a partir dos 30 anos, de forma a caracterizar a madeira juvenil e adulta, respectivamente. Concluiu-se que a madeira adulta, obtida de árvores com >30 anos, apresenta valores superiores de densidade, dimensões de traqueídes, coeficiente de retratibilidade volumétrica (porém com menor coeficiente de anisotropia), módulo de elasticidade e módulo de ruptura à flexão estática, em comparação à madeira juvenil, obtida em árvores com 15 anos. Levando-se em consideração a habilidade frente ao ensaio de flexão estática, a madeira com >30 anos pode ser indicada para usos que explorem seu maior desempenho mecânico e estrutural, compatível com *Araucaria angustifolia* de idades entre 25 e 58 anos. Ciclos de produção com duração superior a 30 anos são viáveis economicamente e podem ser uma opção de manejo interessante, visando acessar mercados específicos nos quais a qualidade da madeira para usos sólidos e estruturais poderia ser ainda mais bem remunerada.

**Palavras-chave:** Propriedades físico-mecânicas; Anatomia da madeira; Manejo florestal; Manejo para multiprodutos

## ABSTRACT

---

*Pinus* spp. plantations are the basis of an important economic activity on the highland regions of southern Brazil, where they are cultivated under production cycles of approximately 15 years. The objective of the study was to evaluate the physical-mechanical and anatomical characteristics of *Pinus taeda* L. timber, obtained from stands older than 30 years, compared with that currently available in the market, aged close to 15 years, aiming at analyzing its potential to produce high quality wood for solid and structural end-uses. Furthermore, the productivity and the economic aspects of stands older than 30 years were also evaluated. To do so, *Pinus taeda* trees from two stands aging 15 and 43 years were analyzed and, thereafter, only wood produced from the age of 30 years onwards was sampled, in order to characterize the juvenile and mature wood, respectively. It was concluded that the mature wood, obtained from >30-year-old trees has higher density, bigger tracheid dimension, shrinkage volumetric coefficient (but with a lower anisotropy coefficient), modulus of elasticity and modulus of rupture to static bending, in comparison with the juvenile one, obtained from 15-year-old trees. Taking into account the ability upon the static bending, the timber formed after the age of 30 years can be indicated to uses which explore its better mechanical performance, compatible with the one of *Araucaria angustifolia* ages between 25 and 58 years. The production cycles with more than 30 years are profitable and could be an interesting management option aiming at specific markets in which high quality wood for solid and structural end-uses may be even better remunerated.

**Keywords:** Physical and mechanical properties; Wood anatomy; Forest management; Multiple-use management

## 1 INTRODUÇÃO

Plantios de *Pinus* spp. são a base de uma importante atividade econômica na região do planalto sul do Brasil, ocupando uma área de aproximadamente 1,7 milhão de ha do país (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2021). Nesse contexto, destaca-se a espécie *Pinus taeda* L. que, em sua grande maioria, é cultivada em ciclos de produção com 15-20 anos de duração, para abastecer indústrias de celulose e papel, painéis reconstituídos, serrarias e laminadoras.

Ciclos de produção relativamente curtos (15-20 anos) resultam em toras com elevada proporção de madeira juvenil. A madeira juvenil é produzida sob forte influência da idade do meristema lateral (câmbio vascular) e da proximidade da copa ativa (MEGRAW, 1985; ALTEYRAC; CLOUTIER; ZHANG, 2006). Assim, o termo 'madeira juvenil' descreve o tipo de madeira produzida próxima à medula, em todas as alturas, mesmo em indivíduos de maior idade em algumas espécies.

Embora a madeira juvenil seja tolerada para alguns usos industriais (GARTNER, 2005), esta é indesejada para usos sólidos, que requerem maior resistência e estabilidade e, nesses casos, a madeira adulta é preferível. A transição da madeira juvenil para a adulta em *Pinus taeda* ocorre entre 11-17 anos de idade (TASSISSA; BURKHART; BROOKS, 1998; HENNESSEY *et al.*, 2004; DOBNER JÚNIOR; HUSS; TOMAZELLO FILHO, 2018). De acordo com Dobner Júnior, Huss e Tomazello Filho (2018), mesmo ciclos de produção com 30 anos de duração resultam toras com 60-80% da seção transversal de madeira juvenil, indicando que, se o objetivo for produzir madeira adulta para usos mais nobres e, possivelmente mais valiosos, ciclos de produção ainda mais longos devem ser considerados, além de uma consciente estratégia de manejo para tal.

O estudo das características físicas, anatômicas e mecânicas permite determinar com precisão a qualidade da madeira para os mais diversos usos. Nesse contexto, um melhor entendimento dessas características pode contribuir com a classificação das peças de madeira serrada de forma a abastecer mercados mais exigentes, como aquele para fins sólidos e estruturais. A exemplo de normas internacionais (como aquelas adotadas na Alemanha e Estados Unidos), que consideram características físicas e mecânicas da madeira, estas não são mencionadas nas normas brasileiras de madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento (ABNT NBR 12.498, 2017), embora descritas em detalhe na ABNT NBR 7.190 (1997), denominada 'Projeto de estruturas de madeira'.

Cabe destacar que a densidade da madeira, uma importante característica nesse contexto, pode ser estimada por meio da espessura dos anéis anuais de crescimento, visual e rapidamente analisada nas coníferas. De forma semelhante à classificação internacional, as normas brasileiras consideram defeitos na madeira, como a presença de nós (tipo, dimensão, localização, quantidade e agrupamento), conforme a ABNT NBR 12.297 (1991), relevantes para usos sólidos estéticos e estruturais. Assim, por ser um assunto em desenvolvimento no Brasil, há ainda demanda de análises e reflexões como as apresentadas no presente trabalho.

O mercado de toras de coníferas no sul do Brasil, provenientes de reflorestamento, precifica apenas diâmetro e se estas foram ou não podadas. Isto é, provavelmente, resultado da ausência de uma classificação apropriada de peças serradas para fins sólidos e estruturais que, obrigatoriamente, deveriam considerar as características apresentadas e discutidas neste trabalho, com destaque para densidade, estabilidade dimensional e resistência mecânica. Se a normatização das peças considerasse esse maior detalhamento e aptidão de uso, poderia haver classificação mais apropriada e, possivelmente, melhor remuneração da matéria-prima.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a madeira de plantios de *Pinus taeda*, comparando a madeira adulta, obtida em idades superiores a 30 anos, com aquela atualmente disponível no mercado, denominada neste trabalho de madeira juvenil, obtidas a partir de árvores com 15 anos. Foi realizada a determinação de propriedades físicas (densidade e retratibilidade), anatômicas (morfologia dos traqueídes e indicadores anatômicos) e mecânica (resistência à flexão estática). Adicionalmente, os dados obtidos foram confrontados com as características da madeira de *Araucaria angustifolia*, obtidas na literatura, e, dessa forma, permitindo obter conclusões robustas e de uma perspectiva mais abrangente. Além da qualidade da madeira para fins sólidos e estruturais, o presente trabalho avaliou também aspectos produtivos e econômicos de plantios de *Pinus taeda* com mais de 30 anos de idade.

## **2 MATERIAL E MÉTODO**

### **2.1 Origem dos dados e do material de análise**

Para realização do estudo foram utilizadas árvores de *Pinus taeda* provenientes de dois plantios com idades de 15 e 43 anos e, deste último, apenas madeira produzida a partir dos 30 anos foi amostrada. Dessa forma, sendo possível caracterizar a madeira juvenil e adulta, respectivamente.

O plantio com 15 anos de idade foi estabelecido no ano de 2000, no município de Campo Belo do Sul, estado de Santa Catarina, com espaçamento de 2,5 x 2,5 m (1.600 árvores/ha), recebendo quatro intervenções de poda até 6,0 m de altura, com copa remanescente sempre superior a 3-4 m de altura e desbaste seletivo pelo alto com 50% de intensidade em relação ao número de árvores presentes aos 8 anos. Aos 15 anos de idade, por ocasião de um segundo desbaste seletivo pelo alto, foram selecionadas 10 árvores para a confecção dos corpos de prova, compreendendo toda a amplitude diamétrica existente (dap = 21-38 cm).

O plantio com 43 anos foi estabelecido no ano de 1972 na cidade de Correia Pinto, estado de Santa Catarina, em espaçamento 2,5 x 1,6 m (2.500 árvores/ha). As árvores foram podadas até 6 m de altura em 3 intervenções. Aos 9 anos de idade, o povoamento recebeu um primeiro desbaste seletivo e ao longo das décadas seguintes foram realizados outros 5 desbastes seletivos pelo alto. A confecção dos corpos de prova foi realizada a partir de 10 indivíduos selecionados de forma a compreender toda a amplitude diamétrica existente (41-96 cm). Decidiu-se por denominar este material como o plantio com idade >30 anos, pois, como foi utilizada a porção acima desta idade, considerou-se ter amostrado apenas madeira adulta destas árvores. O talhão com 43 anos foi também inventariado para caracterização dendrométrica e quantificação do estoque volumétrico. Com isso, neste estudo, consideraram-se dois tratamentos, denominados de '15 anos' e '>30 anos'

O clima das cidades de Campo Belo do Sul e Correia Pinto, com base na classificação de Köppen, é Cfb, caracterizado como temperado propriamente dito, com temperatura média do mês mais frio menor que 18°C e temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C. A precipitação média anual é superior a 1.600 mm, bem distribuída (EMBRAPA, 2012). As cidades de Campo Belo do Sul e Correia Pinto não distanciam mais de 60 km entre si em linha reta.

## 2.2 Produtividade e valoração

O plantio com 43 anos de idade foi inventariado a partir do método de amostragem de área variável proposto por Prodan (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997). Ao todo foram medidas 25 unidades amostrais (u.a.), dispostas de forma sistemática em uma grade de 65 x 65 m a partir de um início aleatório. Foram coletados: diâmetro a altura do peito (dap:1,3 m) e a altura total de todos os indivíduos.

Adicionalmente, 28 árvores foram cubadas, considerando-se toda a amplitude diamétrica existente, realizando medições dos diâmetros nas alturas de 0,1, 0,5, 1,0, 1,3, 1,5 e 2,0 m e, a partir de então, em intervalos de 2 m. Destas, 10 árvores foram cubadas pelo método destrutivo e 18 pelo método não destrutivo com o auxílio do equipamento Criterion RD 1000, Laser Technology Inc. Os dados coletados na cubagem foram utilizados para o ajuste de um polinômio de 5º grau, para descrever o afilamento das árvores. O resultado do ajuste é apresentado na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1 – Coeficientes e estatísticas de qualidade do ajuste do polinômio de 5º grau usado para descrever o afilamento de árvores de *Pinus taeda* com 43 anos de idade

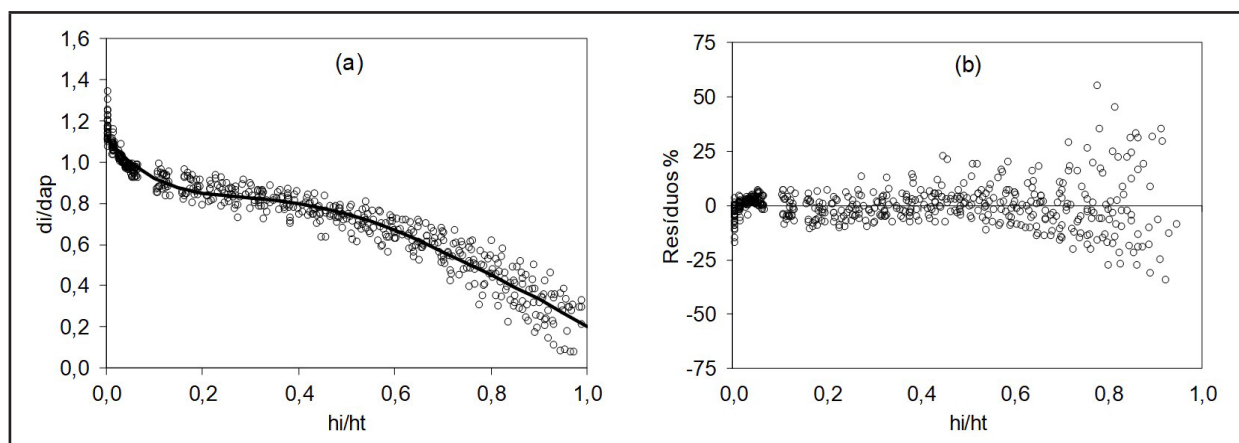
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$R^2_{aj}$	$S_{yx}$ (cm)	$S_{yx}$ (%)
Polinômio 5º	1,126	-3,105	12,873	-25,270	21,157	-6,577	0,95	3,7	6,7

Fonte: Autores (2021)

Em que:  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  e  $\beta_5$  – constantes da equação;  $R^2_{aj}$  – coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  – erro padrão da estimativa.

Constata-se que o ajuste da função de afilamento foi bem-sucedido (Tabela 1, Figura 1), embora evidentemente ineficiente para a estimativa de diâmetros em alturas mais próximas ao ápice das árvores. Em virtude disso e do irrelevante valor de mercado de toras com diâmetro na ponta fina (dpf) menor que 20 cm, toras com até esse diâmetro foram desconsideradas. O erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ) apresentado na Tabela 1 considera somente sortimentos com dpf  $\geq$  20 cm.

Figura 1 – (a) Ajuste da função para representar o afilamento de *Pinus taeda* com 43 anos de idade e (b) análise gráfica dos resíduos



Fonte: Autores (2021)

A quantificação do volume comercial, bem como da sua valoração se deu a partir dos sortimentos e valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Sortimentos de tora<sup>a</sup> podados e não podados, classificados em função do diâmetro na ponta fina e os seus respectivos valores líquidos<sup>b</sup> de mercado em junho de 2019

	<b>dpf<sup>c</sup> (cm)</b>	<b>Valor (R\$ m<sup>-3</sup>)</b>
Podado	≥52	390
	[42-52)	350
	[35-42)	265
	[25-35)	175
Não podado	≥45	220
	[35-45)	155
	[25-35)	105
	[20-25)	50

Fonte: Autores (2021)

Em que: <sup>a</sup> toras podadas com 2,6 m e não podadas com 3,1 m de comprimento; <sup>b</sup> descontados custos de colheita, construção e manutenção de estradas florestais (R\$ 40 m<sup>-3</sup>); <sup>c</sup> dpf – diâmetro na ponta fina.

Com essas informações, calcularam-se indicadores econômicos: valor presente líquido (VPL), VPL anualizado e taxa interna de retorno (TIR). Para tal, consideraram-se custos de estabelecimento (Ano 1 = 5.000 R\$/ha), tratamentos culturais e silviculturais (Ano 2 = 1.400 R\$/ha, Ano 3 = 1.500 R\$/ha, Ano 4 = 900 R\$/ha, Ano 5 = 1.100 R\$/ha e Ano 6 = 1.300 R\$/ha), custos administrativos (500 R\$/ha/ano) e uma taxa de mínima atratividade de 3%, valores idênticos aos utilizados por Dobner Júnior e Quadros (2019), com um câmbio de R\$ 3,90 = US\$ 1,00.

### **2.3 Caracterização da madeira**

Para serem avaliadas as características tecnológicas da madeira, foram determinadas as propriedades anatômicas, físicas e mecânicas, conforme apresentado a seguir. Utilizou-se a tora basal (0 – 2,6 m) de 10 árvores de cada idade para a confecção dos corpos de prova para os ensaios. Após o corte, o material foi transportado para o Laboratório de Recursos Florestais, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), *Campus* de Curitibanos, no qual foram conduzidas as demais etapas de determinação das propriedades.

Os corpos de prova obtidos a partir das árvores do plantio com 43 anos de idade foram confeccionados somente com o lenho que foi considerado como produzido após os 30 anos de idade, de forma a caracterizar, dessa forma, somente madeira adulta. Tal porção (acima do 30º anel de crescimento) foi separada com auxílio de uma serra circular. Já a madeira com 15 anos serviu de referência, considerando-se possuir somente madeira juvenil.

#### **2.3.1 Caracterização anatômica – morfologia dos traqueídes**

Para caracterização anatômica, foram retirados pequenos fragmentos de madeira (palitos) para maceração, buscando a determinação das dimensões dos traqueídes, a partir de uma amostra composta das 10 árvores avaliadas de cada material. Esses fragmentos foram colocados em tubos de ensaio (cinco por material) com solução composta de ácido acético, ácido nítrico e água, em uma



proporção de 5:2:1, respectivamente. Posteriormente, os tubos de ensaio, já contendo os fragmentos e a solução, foram submetidos ao aquecimento em banho-maria por aproximadamente 1 h a 100°C, até individualização das células. Após a individualização, os traqueídes foram lavados com água destilada para remoção da solução macerante e mantidos armazenados em tubos com água destilada. A partir do material macerado, montaram-se lâminas com adição de 1 gota de safranina, 1 gota de glicerina e 1 gota de água. Com as lâminas montadas, foram obtidas imagens em microscópio e lupa Leica®, dotados de uma câmera digital acoplada, e *software* específico para aquisição das imagens em computador.

Utilizou-se aumento de 400x no microscópio para aquisição da largura e diâmetro do lume dos traqueídes, já para aquisição do comprimento utilizou-se o aumento de 6,3x na lupa. Após, por meio de *software* específico, foram mensurados, com base nas recomendações da International Association of Wood Anatomists (1989), 65 repetições (traqueídes) para cada idade, dos seguintes parâmetros: comprimento (C), largura (L) e diâmetro do lume (DL). A partir das medições dos parâmetros, calcularam-se as seguintes relações para cada elemento, conforme as Equações a seguir:

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

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

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

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

Em que: E – espessura da parede celular, em  $\mu\text{m}$ ; L – largura do traqueíde, em  $\mu\text{m}$ ; DL – diâmetro do lume, em  $\mu\text{m}$ ; C – comprimento do traqueíde, em mm; FP – fração parede, em %; CF – coeficiente de flexibilidade, em %; IR – índice de Runkel.

### 2.3.2 Caracterização física

Para caracterização física, determinaram-se as densidades básica e aparente da madeira (verde, anidra e a 12% de umidade) e as contrações lineares e volumétricas, bem como o coeficiente de anisotropia e de retratibilidade a partir de corpos de prova com dimensões preconizadas pela norma ASTM D-143 (1994).

As densidades foram calculadas pela relação entre massa e volume. A densidade básica foi calculada pela relação da massa anidra e do volume do corpo de prova após saturação em água e as densidades aparentes a partir da mesma relação considerando-se as variáveis na mesma condição de umidade.

As contrações lineares foram determinadas com base na Equação 5, a volumétrica pela Equação 6, o coeficiente de anisotropia pela Equação 7 e o coeficiente de retratibilidade linear para a contração pela Equação 8. O volume em cada condição de umidade foi obtido pelo método estereométrico a partir das medidas diretas dos corpos de prova com auxílio de paquímetro digital.

$$\beta (L,R,T) = \frac{D_u - D_s}{D_u} \cdot 100 \quad (5)$$

$$\beta V = \frac{V_u - V_s}{V_u} \cdot 100 \quad (6)$$

$$C.A. = \frac{\beta T}{\beta R} \quad (7)$$

$$Q \beta = \frac{(D_{12\%} - D_{0\%}) \times M_{0\%}}{(M_{12\%} - M_{0\%}) \times D_{12\%}} \quad (8)$$

Em que:  $\beta$  – contração linear em cada sentido anatômico, em %; L – longitudinal; R – radial; T – tangencial;  $D_u$  – dimensão da madeira saturada, em mm;  $D_s$  – dimensão da madeira anidra, em mm;  $V$  – contração volumétrica, em %;  $V_u$  – volume da madeira saturada, em  $\text{cm}^3$ ;  $V_s$  – volume da madeira anidra, em  $\text{cm}^3$ ; C.A. – coeficiente de anisotropia; T – contração tangencial, em %; R – contração radial, em %;  $D_{12\%}$  – dimensão linear da madeira à 12% de umidade, em cm;  $D_{0\%}$  – dimensão linear da madeira anidra, em cm;  $M_{0\%}$  – massa da madeira anidra, em g;  $M_{12\%}$  – massa da madeira a 12% de umidade, em g.

### 2.3.3 Caracterização mecânica – flexão estática

Os ensaios mecânicos de flexão estática foram realizados em Máquina Universal de Ensaio Mecânicos, em corpos de prova com as dimensões de 2,5 x 2,5 x 41,0 cm, de acordo com a norma ASTM D-143 (1994) após condicionamento dos corpos de prova em câmara climática à temperatura de 20°C e umidade relativa de 65%. A partir do ensaio foram obtidos os valores de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) à flexão estática.

### 2.4 Análise estatística

Os dados do presente estudo foram analisados com o auxílio de planilhas eletrônicas, utilizando-se os programas Excel® e o *software* Sisvar 5.6. Para a densidade, retratibilidade e parâmetros anatômicos aplicou-se a análise de variância (ANOVA) e quando significativo aplicou-se o teste Tukey, a 5% de probabilidade.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização dendrométrica

O resumo das características dendrométricas obtidas por meio do inventário florestal com elevada intensidade amostral (9,4%), bem como as estatísticas do processamento dos dados é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Características dendrométricas do talhão de *Pinus taeda* com 43 anos

	dap <sup>1</sup> (cm)	h (m)	N (árvo/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	vmi (m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> /ha)
Média	63,2	37,5	165	52,1	6,0	973,4
L.I.	61,1	36,9	150	47,8	5,6	892,4
L.S.	65,2	38,0	179	56,4	6,4	1.054,5
Erro %	3	2	9	8	7	8

Fonte: Autores (2021)

Em que: <sup>1</sup>dap – diâmetro a altura do peito a 1,3 m; h – altura total; N – número de árvores por hectare; G – área basal por hectare; vmi – volume médio individual; V – volume comercial por hectare; L.I. – limite inferior; e L.S. – limite superior, do intervalo de confiança com 95% de probabilidade de acerto e o erro de amostragem relativo.

A partir da Tabela 3, observa-se o expressivo tamanho dos indivíduos, apresentando um volume médio individual de 6 m<sup>3</sup>. Embora com uma densidade relativamente baixa, de 165 árv/ha, o talhão apresentou um elevado grau de ocupação do espaço, identificado pela área basal de 52,1 m<sup>2</sup>/ha. Por fim, um volume comercial em pé de 970 m<sup>3</sup>/ha, equivalente a um incremento médio anual em volume ( $I_V$ MA) de 23 m<sup>3</sup>/ha/ano. Cabe destacar que esse valor desconsidera o volume de toras com  $dpf < 20$  cm e o volume colhido entre 5-6 desbastes realizados ao longo do ciclo de produção. Mesmo sem essas informações, pode-se afirmar de forma conservadora que o  $I_V$ MA total aos 43 anos de idade foi superior a 30 m<sup>3</sup>/ha/ano, compatível com a média nacional de cerca de 31 m<sup>3</sup>/ha/ano relatada por Indústria Brasileira de Árvores (2020) para florestas com 20 anos de idade. Essa constatação indica que plantios de *Pinus taeda* na região do Planalto Catarinense, quando manejados com desbastes de moderada intensidade e relativamente frequentes, mantêm elevada produtividade mesmo em idades avançadas (>30 anos).

Dados dendrométricos de talhões de *Pinus taeda* com idades >30 anos cultivados no Brasil são raros. Ballarin e Palma (2003) avaliaram árvores com 37 anos de idade e relatam um dap médio de 40,4 cm. Embora o talhão tenha sido desbastado 5 vezes até a idade de análise e, talvez, pela elevada densidade de plantio (1,5 x 1,5 m = 4.444 árv/ha), o valor relatado pelos autores é substancialmente inferior ao observado no presente estudo.

Huss e Dobner Júnior (2020), avaliando talhões de *Pinus taeda* com 33 anos de idade cultivadas no planalto sul de Santa Catarina, reportam como média de dap das 100 árvores mais grossas por hectares ( $d_{100}$ ) valores entre 45-59 cm. A variação é resultado de diferentes densidades de plantio combinadas com diferentes intensidades de desbaste, valores estes compatíveis com os apresentados na Tabela 3.

Outro aspecto relevante no contexto da produção de toras de grandes dimensões é a conicidade. A partir do afilamento médio para as árvores avaliadas no presente estudo (Tabela 1 e Figura 1), constatou-se uma conicidade equivalente à redução de 1,4 cm e 0,7 cm por metro linear da primeira e segunda tora, respectivamente, ambas com 2,6 m de comprimento.

A quantificação do estoque volumétrico por sortimento de tora é apresentada após a avaliação das características tecnológicas da madeira, acompanhada da análise econômica.

### 3.2 Caracterização da madeira

Cabe destacar que ao considerar os tratamentos '15 anos' e '>30 anos', e os métodos já descritos, garante-se que o primeiro representa fielmente o lenho juvenil e o segundo, o adulto. Uma ampla literatura a esse respeito está disponível atestando que a transição da madeira juvenil para a adulta em *Pinus taeda* ocorre entre 11-18 anos de idade (TASSISSA; BURKHART; BROOKS, 1998; BALLARIN; PALMA, 2003; HENNESSEY *et al.*, 2004; DOBNER JÚNIOR; HUSS; TOMAZELLO FILHO, 2018). Assim, ao confeccionar os corpos de prova somente com a madeira formada após os 30 anos de idade, garante-se que somente o lenho adulto foi amostrado.

#### 3.2.1 Caracterização anatômica – morfologia dos traqueídes

Na Tabela 4, é possível observar a caracterização morfológica dos traqueídes de *Pinus taeda* com 15 e >30 anos.

Tabela 4 – Dimensões médias dos traqueídes das madeiras de *Pinus taeda* com 15 e >30 anos

Morfologia	<i>Pinus taeda</i>	
	15 anos	>30 anos
Comprimento (mm)	3,91 (0,47) <sup>1 b</sup>	4,96 (00,85) <sup>a</sup>
Largura (µm)	44,78 (6,51) <sup>b</sup>	49,63 (10,04) <sup>a</sup>
Diâmetro do lume (µm)	27,88 (6,82) <sup>a</sup>	29,59 (11,85) <sup>a</sup>
Espessura de parede (µm)	8,45 (1,23) <sup>b</sup>	10,20 (02,34) <sup>a</sup>
Fração parede (%)	38,51 (7,55) <sup>b</sup>	42,18 (12,07) <sup>a</sup>
Coefficiente de flexibilidade (%)	61,49 (7,55) <sup>a</sup>	57,82 (12,07) <sup>b</sup>
Índice de Runkel	0,65 (0,21) <sup>b</sup>	0,80 (00,36) <sup>a</sup>

Fonte: Autores (2021)

Em que: <sup>1</sup> Desvio padrão entre parênteses. Médias seguidas da mesma letra na linha não apresentam diferença estatística significativa através do teste de médias (Tukey,  $p > 0,05$ ).

A madeira de *Pinus taeda* com >30 anos apresentou valores superiores em todos os parâmetros morfológicos, com exceção do coeficiente de flexibilidade, que foi maior para a madeira mais jovem (15 anos). Apenas o diâmetro do lume não apresentou diferença estatística entre os materiais.

A principal explicação para a diferença entre os materiais está relacionada à presença de lenho juvenil e adulto, sendo que a madeira com 15 anos é formada basicamente pelo primeiro, já a madeira com >30 anos, totalmente pelo segundo.

Ballarin e Palma (2003), estudando a madeira de *Pinus taeda* com 37 anos de idade cultivada no estado de São Paulo, observaram valores de 4,20 e 5,32 mm para o comprimento dos traqueídes axiais do lenho juvenil e adulto, respectivamente, e uma média de 4,75 mm para a espécie, superiores aos observados no presente estudo.

De acordo com Vidaurre *et al.* (2011), o comprimento dos traqueídes é o principal parâmetro para diferenciação do lenho juvenil (menor comprimento) e adulto (maior comprimento). Ainda, conforme os autores, a espessura da parede celular tende a ser maior no lenho adulto, o que reflete na maior densidade deste, em relação ao juvenil. Aliado a esse fato, a madeira de *Pinus taeda* com >30 anos, além de apresentar maior espessura de parede, também teve maior fração parede, que é característico do lenho adulto, o qual é formado por maior volume de lenho tardio, ocasionada pelo crescimento mais lento da árvore com o passar tempo.

Comparando com os valores observados por Mattos *et al.* (2006) para os traqueídes da madeira de *Araucaria angustifolia*, aos 38 anos de idade, têm-se 5,84 mm de comprimento, 54,95 µm de largura e 7,3 µm de espessura da parede celular. Já Santos *et al.* (2015) citam valores de 6,5 mm, 51,5 µm e 8,7 µm para comprimento, largura e espessura de parede, respectivamente, para *Araucaria angustifolia* com idade entre 25 e 27 anos. A madeira de *Pinus taeda* com >30 anos apresentou valores um pouco inferiores de comprimento e largura quando comparada à madeira de *Araucaria angustifolia*, porém com maior espessura de parede celular.

Analisando-se o índice de Runkel e o coeficiente de flexibilidade, é possível salientar que a madeira de *Pinus taeda* com 15 anos seria mais indicada para fabricação de papel. Isso porque quanto menor o valor do índice de Runkel e maior de coeficiente de flexibilidade, melhor para produção papeleira. Tais indicadores fornecem uma informação preliminar sobre a questão, que deve ser comprovada por meio de cozimentos experimentais. Nessa linha de raciocínio, Vidaurre *et al.* (2011) citam ainda que, para produção de polpa celulósica, o lenho juvenil confere maior resistência à tração e ao arrebatamento que a madeira adulta, contudo pode gerar queda no rendimento e menor resistência ao rasgo.

### 3.2.2 Caracterização física

As densidades básica e aparente, bem como a retratibilidade das madeiras de *Pinus taeda* com 15 e >30 anos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Propriedades físicas da madeira de *Pinus taeda* com 15 e >30 anos

Propriedades físicas	<i>Pinus taeda</i>	
	15 anos	>30 anos
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,275 (0,021) <sup>1</sup> b	0,370 (0,018) a
Densidade anidra (g/cm <sup>3</sup> )	0,304 (0,023) b	0,421 (0,020) a
Densidade 12% (g/cm <sup>3</sup> )	0,407 (0,033) b	0,555 (0,026) a
Densidade verde (g/cm <sup>3</sup> )	0,929 (0,026) b	1,091 (0,051) a
Contração (%)		
Longitudinal	0,43 (0,27) a	0,34 (0,25) a
Radial	3,29 (0,70) b	4,99 (0,64) a
Tangencial	6,24 (1,09) b	7,19 (0,76) a
Volumétrica	9,78 (1,28) b	12,07 (0,98) a
Coeficiente de anisotropia	1,95 (0,39) a	1,46 (0,19) b
Coeficiente de retratibilidade		
Radial	0,042 (0,012) b	0,064 (0,011) a
Tangencial	0,070 (0,011) a	0,075 (0,014) a
Volumétrica	0,115 (0,016) b	0,139 (0,017) a

Fonte: Autores (2021)

Em que: <sup>1</sup> Desvio padrão entre parênteses. Médias seguidas da mesma letra na linha não apresentam diferença estatística significativa pelo teste de médias (Tukey,  $p > 0,05$ ).

Ao analisar os resultados encontrados, observa-se que a madeira de *Pinus taeda* com >30 anos apresenta propriedades distintas da madeira de 15 anos, uma vez que os parâmetros de densidade e de estabilidade dimensional para a contração diferenciaram-se estatisticamente entre si. Essa diferença pode ser atribuída à presença de madeira adulta e conseqüentemente maior proporção de lenho tardio na composição do lenho com >30 anos, esse último caracterizado pela maior espessura de parede e comprimento de traqueídes, conforme registrado na Tabela 4, em que esses caracteres anatômicos se mostraram estatisticamente superiores na madeira de >30 anos, embora o diâmetro de lume não tenha se diferenciado entre as idades.

Levando-se em consideração a ABNT NBR 7.190 (1997), a madeira nas idades avaliadas possui classificação distinta quanto à densidade aparente a 12% de umidade, sendo a madeira aos 15 anos enquadrada na classe C20, que inclui aquelas com densidades de até 0,5 g/cm<sup>3</sup> e a madeira >30 anos na classe C25, que considera madeiras com densidade entre 0,5 e 0,55 g/cm<sup>3</sup>.

A variação de densidade entre as idades, além de ser um indicador para um potencial uso da madeira, também possibilita inferir sobre o comportamento do material frente ao processo de industrialização, como na produção de madeira serrada ou de chapas de madeira compensada, dois dos principais empregos da madeira sólida de *Pinus taeda*. A madeira com >30 anos, por apresentar maior densidade, tenderá a mostrar menor taxa de secagem em relação à madeira de 15 anos, no entanto, com relação aos fenômenos de contração sofridos pela madeira, embora esta característica tenha se apresentado superior em relação à madeira de 15 anos, tende a ter um comportamento menos variável, fato justificado pelo menor desvio padrão apresentado pelas características avaliadas e menor coeficiente de anisotropia, o que reforça a homogeneidade da matéria-prima de idade superior. Entretanto, merece destaque que na colagem de lâminas para a confecção de chapas de madeira compensada, as lâminas da madeira com >30 anos demandarão, para que a ancoragem seja mais eficiente, de um adesivo de menor viscosidade em relação à madeira de 15 anos, devido à menor porosidade.



As densidades básicas, aparentes a 12%, anidra e verde para a madeira de 15 anos foram inferiores aos 0,415 g/cm<sup>3</sup>, 0,502 g/cm<sup>3</sup>, 0,467 g/cm<sup>3</sup>, 0,960 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, registrado por Trianoski *et al.* (2013b) que avaliaram *Pinus taeda* com idade entre 17 e 18 anos cultivada no estado do Paraná. O mesmo comportamento foi observado também para os coeficientes de retratibilidade.

Os valores de contração para a madeira de 15 anos são próximos aos relatados por Trianoski *et al.* (2013a) para a contração tangencial (6,44%), radial (3,38%) e volumétrica (10,64%). Já o coeficiente de anisotropia foi inferior ao registrado pelos autores (2,20).

Para a madeira com >30 anos, os valores obtidos para as características de contração são próximos aos observados por Palma e Ballarin (2003) para a mesma espécie, com valores de 0,44%, 5,65%, 7,66%, 13,23% para as contrações longitudinal, radial, tangencial e volumétrica, respectivamente.

Hillig *et al.* (2012), em estudo com a madeira de *Araucaria angustifolia* com idades entre 32 e 58 anos e posições de amostragem que inclui a utilizada no presente estudo, observaram um percentual de 11,22% para o somatório das contrações tangencial e radial, pouco inferior aos 12,18% registrado para a madeira de *Pinus taeda* com idade >30 anos.

Observa-se ainda a similaridade da madeira de *Pinus taeda* >30 anos em relação à madeira de *Araucaria angustifolia* com 50 anos no estudo de Melo *et al.* (2010), cujos valores de contração linear foram 0,33%, 4,11% e 6,73% nos sentidos longitudinal, radial e tangencial, respectivamente, e coeficiente de anisotropia de 1,64, portanto todos superiores ao do presente estudo.

Observa-se ainda que a densidade aparente a 12% da madeira de *Pinus taeda* >30 anos é pouco superior à observada para *Araucaria angustifolia* avaliada por Beltrame *et al.* (2010), aos 43 anos (0,475 g/cm<sup>3</sup>), e por Melo *et al.* (2010), aos 50 anos (0,48 g/cm<sup>3</sup>).

### 3.2.3 Caracterização mecânica – flexão estática

Na Tabela 6, estão expressos os valores de força máxima, rigidez (MOE) e resistência (MOR) das madeiras submetidas ao ensaio de flexão estática.

Tabela 6 – Propriedades mecânicas em flexão estática da madeira de *Pinus taeda* com 15 e com >30 anos

Flexão estática	<i>Pinus taeda</i>	
	15 anos	>30 anos
Força máxima (P <sub>máx</sub> ) (MPa)	1.742,1 (339,7) <sup>1 b</sup>	2.400,7 (673,2) <sup>a</sup>
Módulo de elasticidade (MOE) (MPa)	6.013,3 (1.565,4) <sup>b</sup>	9.428,7 (2.713,0) <sup>a</sup>
Módulo de ruptura (MOR) (MPa)	78,0 (14,4) <sup>b</sup>	107,6 (28,2) <sup>a</sup>

Fonte: Autores (2021)

Emque: <sup>1</sup> Desvio padrão entre parênteses. Médias seguidas da mesma letra na linha não apresentam diferença estatística significativa através do teste de médias (Tukey,  $p > 0,05$ ).

Observa-se, de madeira geral, que os parâmetros relacionados ao ensaio de flexão estática foram todos significativamente superiores para a madeira com >30 anos, fato relacionado à densidade aparente a 12% também superior dos indivíduos avaliados, conforme discussão referente à Tabela 5 e reforçado por Trianoski *et al.* (2014), que obtiveram uma correlação média de 0,88 para os mesmos parâmetros mecânicos e a densidade aparente a 12%.

Levando em consideração a habilidade frente à solicitação mecânica a que a madeira foi submetida, deve-se optar pelo emprego da madeira de *Pinus taeda* com >30 anos para fins estruturais em que as peças de madeira sejam submetidas a tensões ao longo da grã, como na confecção de vigas.

O MOE registrado para a madeira aos 15 anos é inferior ao obtido por Trianoski *et al.* (2014) para *Pinus taeda* com 17 anos (8.234 MPa), no entanto o MOR foi superior ao registrado pelos referidos autores (64 MPa). Ainda para a madeira com idade de 15 anos, os valores de MOE e MOR obtidos são semelhantes aos descritos por Mustefaga *et al.* (2019) para *Pinus taeda* com 12 anos de idade, registrados por esses autores valores de 6.628 e 56,3 MPa, respectivamente.

As propriedades mecânicas avaliadas da madeira >30 anos foram inferiores às observadas por Ballarin e Palma (2003), para a mesma espécie com 37 anos, com valores de 13.812 MPa e 107,02 MPa para MOE e MOR, respectivamente, o que pode estar relacionado à maior densidade aparente a 12% (0,605 g/cm<sup>3</sup>) observada por aqueles autores.

O MOE observado para *Pinus taeda* >30 anos está pouco abaixo do registrado por Beltrame *et al.* (2010) (10.165,02 MPa) para a madeira de *Araucaria angustifolia* com 43 anos, em contrapartida, o MOR foi superior aos 71,54 MPa observados pelos autores. Já em comparação com o estudo de Melo *et al.* (2010), com madeira de *Araucaria angustifolia* aos 50 anos, o MOE e MOR da madeira de *Pinus taeda* >30 anos mostraram-se superiores aos valores de 7.596 e 61,61 MPa, respectivamente, registrados pelos autores.

### 3.3 Sortimentos de tora e desempenho econômico

Para uma melhor caracterização do talhão de *Pinus taeda* com 43 anos, apresenta-se a seguir a quantificação do volume comercial por sortimento de tora e da respectiva valoração (Tabela 7) considerando-se os sortimentos e valores em uso no planalto sul do Brasil (Tabela 2), referentes à prática de mercado em junho de 2019. O sortimento de toras podadas com dpf [25-35] cm, embora considerado, não é apresentado na Tabela 7 pois nenhuma árvore produziu esse sortimento.

Tabela 7 – Quantificação dos sortimentos de toras podados e não podados, classificados em função do diâmetro da ponta fina e valoração

	Sortimentos de tora (m <sup>3</sup> /ha) em função do dpf <sup>1</sup> em cm							Total	R\$/ha
	Podado			Não podado					
	≥52	[42-52)	[35-42)	≥45	[35-45)	[25-35)	[20-25)		
Média	209	44	6	449	166	76	23	973	232.200
L.I.	179	29	2	389	144	68	19	892	211.100
L.S.	239	59	10	509	188	85	26	1.054	253.400
Erro %	14	34	67	13	13	11	14	8	9

Fonte: Autores (2021)

Em que: dpf<sup>1</sup> – diâmetro da ponta fina; L.I. – limite inferior; L.S. – limite superior, do intervalo de confiança com 95% de probabilidade de acerto e o erro de amostragem relativo.

Verifica-se que o volume comercial presente em um hectare do reflorestamento com 43 anos de idade está concentrado nos dois sortimentos de tora com maior diâmetro podado ( $\geq 52$  cm) e não podado ( $\geq 45$  cm). Em conjunto, esses sortimentos representam cerca de 70% do estoque em pé. A elevada quantidade de toras grossas e valiosas é responsável pelo expressivo valor líquido do volume comercial, superior a 230.000 R\$/ha. Entretanto, uma correta análise desse valor somente é possível a partir do cálculo de indicadores econômicos que consideram o valor do dinheiro ao longo do tempo.

O valor presente líquido obtido foi de 43.700 R\$/ha. Analisando o VPL, pode-se afirmar que o ciclo de produção com 43 anos de duração, sem considerar os 5-6 desbastes realizados ao longo do tempo, gerou uma renda líquida anual equivalente a 1.700 R\$/ha. Ainda, a TIR obtida com esse fluxo de caixa foi de 6,1% a.a.

Ao se inserir o custo de aquisição de um hectare produtivo de R\$ 20.000 no ano 0 (zero) e uma receita no mesmo valor no ano 44, de forma a permanecer no fluxo de caixa apenas o custo de oportunidade do capital imobilizado na terra, os indicadores apresentam valores inferiores (VPL = 26.200 R\$/ha, VPL anualizado = 1.100 R\$/ha e TIR de 4,3 % ao ano), porém permanecem positivos, indicando viabilidade econômica.

Em resumo, os indicadores econômicos atestam que ciclos de produção com duração superior a 30 anos podem ser uma opção interessante para produtores de toras de *Pinus taeda*, visando acessar mercados específicos nos quais toras grossas, com maior proporção de madeira adulta são obtidas, de melhor qualidade para fins sólidos e estruturais. Considerando uma classificação apropriada dessas toras de madeira visando a sua destinação para usos mais nobres que os atualmente considerados, tais sortimentos de tora poderiam possuir valores de mercado ainda maiores, tornando essa estratégia de manejo mais interessante do ponto de vista econômico. A madeira adulta avaliada e obtida em ciclos de produção com  $>30$  anos de duração é raramente encontrada em um mercado dominado por madeiras oriundas de ciclos curtos. O fato de a atual classificação não prever esse tipo de madeira e seu potencial de uso pode estar relacionado a sua pouca oferta.

A partir dos resultados promissores encontrados no presente trabalho, novos estudos deveriam aprofundar análises de viabilidade econômica comparando diferentes estratégias e durações de ciclo, incluindo a possibilidade de maior remuneração por sortimentos de tora aptos a usos sólidos e estruturais.

## 4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados observados, conclui-se que:

– A madeira de *Pinus taeda* obtida de árvores com as idades de 15 e >30 anos, ou seja, madeira juvenil e adulta, respectivamente, possuem propriedades distintas, que devem ser levadas em consideração nos processos de industrialização;

– A madeira de *Pinus taeda* com >30 anos apresenta valores superiores de densidade e de dimensões de seus traqueídes, em comparação à madeira com 15 anos;

– Levando-se em consideração a estabilidade dimensional (menor coeficiente de anisotropia) e habilidade frente ao ensaio de flexão estática, a madeira com >30 anos pode ser indicada para usos que explorem seu maior desempenho mecânico, por exemplo, o uso estrutural, apresentando desempenho similar e compatível com a da *Araucaria angustifolia*;

– Ciclos de produção com duração >30 anos são economicamente viáveis e podem ser uma opção interessante para produtores de toras, visando acessar mercados específicos, nos quais a qualidade da madeira para fins sólidos e estruturais poderia ser ainda mais bem remunerada.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.190/1997**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.297/1991**: Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral - Medição e quantificação de defeitos - Procedimento. Rio de Janeiro, 1991. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.498/2017**: Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral - Requisitos. Rio de Janeiro, 2017. 6 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-143**: Standard methods of testing small clear specimens of timber. Annual Book of A.S.T.M. Standards, Philadelphia, 1994. v. 4, p. 24-65.

ALTEYRAC, J.; CLOUTIER, A.; ZHANG, S. Y. Characterisation of juvenile wood to mature wood transition age in black spruce (*Picea mariana* [Mill.] BSP) at different stand densities and sampling heights. **Wood Science and Technology**, New York, v. 40, n. 2, p. 124-138, fev. 2006. DOI: 10.1007/s00226-005-0047-4

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 371-380, maio/jun. 2003. DOI: 10.1590/S0100-67622003000300014

BELTRAME, R. *et al.* Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) em três estratos fitossociológicos. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 54-69, nov. 2010.

DOBNER JÚNIOR, M.; HUSS, J.; TOMAZELLO FILHO, M. Wood density of loblolly pine trees as affected by crown thinning and harvest age in southern Brazil. **Wood Science and Technology**, New York, v. 52, n. 2, p. 465-485, jan. 2018. DOI: 10.1007/s00226-017-0983-9

DOBNER JÚNIOR, M.; QUADROS, D. S. Economic performance of loblolly pine in southern Brazil as a result of different crown thinning intensities. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 43, n. 2, e430204, 2019. DOI:10.1590/1806-90882019000200004

EMBRAPA. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Brasília, 2012. 334 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1045852/atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil-estados-do-parana-santa-catarina-e-rio-grande-do-sul>. Acesso em: 05 jul. 2021.

GARTNER, B. L. Assessing wood characteristics and wood quality in intensively managed plantations. **Journal of Forestry**, Washington, v. 103, n. 2, p. 75-77, mar. 2005.

HENNESSEY, T. C. *et al.* Long-term growth and ecophysiological responses of a southeastern Oklahoma loblolly pine plantation to early rotation thinning. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 192, n. 1, p. 97-116, abr. 2004. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.01.008

HILLIG, E. *et al.* Propriedades físicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em função da posição no fuste para diferentes idades. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 257-263, abr./jun. 2012. DOI: 10.1590/S0104-77602012000200010

HUSS, J.; DOBNER JÚNIOR, M. Einfluss von Ausgangspflanzendichte und Durchforstung auf Wachstum und wirtschaftlichen Ertrag von Weihrauchkiefer (*Pinus taeda*) in Südbrasilien. **Allgemeine Forst-und Jagdzeitung**, Bad Orb, v. 190, n. 1/2, p. 1-22, jan. 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2021 (Ano base 2020)**. Brasília, 2021. 93 p.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of Microscopic Features for Hardwood Identification. **IAWA Bulletin**, Beijing, p. 219-332, 1989.

MATTOS, P. P. *et al.* **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 4 p. (Comunicado Técnico, 160).

MELO, R. R. *et al.* Caracterização física e mecânica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 67-73, jan./mar. 2010.

MEGRAW, R. A. **Wood quality factors in loblolly pine**. Atlanta: TAPPI Press, 1985. 96 p.

MUSTEFAGA, E. C. *et al.* Caracterização físico-mecânica da madeira juvenil de Pinus. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 123, p. 472-481, set. 2019. DOI: 10.18671/scifor.v47n123.09

PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W. Propriedades de contração na madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 13-22, dez. 2003.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: [s. n.], 1997. 316 p.

SANTOS, C. M. *et al.* Radial variation of tracheid features, specific gravity and growth rings in *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze planted in Cunha-SP. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 127-135, dez. 2015. DOI: 10.4322/rif.2015.009

TASSISSA, G.; BURKHART, H. E.; BROOKS, T. M. Juvenile-mature wood demarcation in loblolly pine trees. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 30, p. 119-127, abr. 1998.

TRIANOSKI, R. *et al.* Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de Pinus tropicais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 3, p. 398-406, jul./set. 2013a. DOI: 10.4322/floram.2012.071

TRIANOSKI, R. *et al.* Avaliação das propriedades mecânicas da madeira de espécies de Pinus tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 21-28, mar. 2014.

TRIANOSKI, R. *et al.* Variação longitudinal da densidade básica da madeira de espécies de pinus tropicais. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 503-510, jul./set. 2013b. DOI: 10.5380/rf.v43i3.28252

VIDAURRE, G. *et al.* Lenho Juvenil e Adulto e as Propriedades da Madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 4, p. 469-480, out./dez. 2011. DOI: 10.4322/floram.2011.066

## **Contribuição de Autoria**

### **1 – Magnos Alan Vivian**

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-7793-8425> • [magnos.alan@ufsc.br](mailto:magnos.alan@ufsc.br)

Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

### **2 – Mário Dobner Júnior**

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-7216-781X> • [mario.dobner@ufsc.br](mailto:mario.dobner@ufsc.br)

Contribuição: Conceituação, Análise Formal, Metodologia, Validação, Escrita – revisão e edição

### **3 – Karina Soares Modes**

Engenheira Florestal, Dra., Professora

<https://orcid.org/0000-0002-2249-2873> • [karina.modes@ufsc.br](mailto:karina.modes@ufsc.br)

Contribuição: Análise Formal, Metodologia, Validação, Escrita – revisão e edição

### **4 – Ugo Leandro Belini**

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0002-5025-8582> • [ubelini@utfpr.edu.br](mailto:ubelini@utfpr.edu.br)

Contribuição: Análise Formal, Metodologia, Validação

### **5 – Douglas Rufino Vaz**

Engenheiro Florestal, Mestrando

<https://orcid.org/0000-0002-0021-7950> • [douglasrufinovaz@gmail.com](mailto:douglasrufinovaz@gmail.com)

Contribuição: Análise Formal, Metodologia, Validação

## **Como citar este artigo**

Vivian, M. A.; Dobner Júnior, M; Modes, K. S.; Belini, U. L.; Vaz, D. R. Ciclos de produção de *Pinus taeda* L. com mais de 30 anos: uma alternativa para obtenção de madeira para usos sólidos e estruturais. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 573-596, 2022. DOI 10.5902/1980509842430. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509842430>.