



Caracterização das propriedades físicas de quatro espécies arbóreas para aplicações na indústria madeireira

Victória Varela Silva^{1*}

 <https://orcid.org/0000-0001-9507-8537>

* Contato principal

Isabelle da Silva Wolff¹

 <https://orcid.org/0000-0002-5485-6870>

Daiani Aparecida Mafra²

 <https://orcid.org/0009-0001-2888-2565>

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina/UDESC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages/SC, Brasil. <10084204923@edu.udesc.br, isaawolff1@gmail.com>.

² Universidade Federal do Paraná/UFPR, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Curitiba/PR, Brasil. <daiani62@hotmail.com>.

Recebido em 18/04/2024 – Aceito em 24/03/2025

Como citar:

Silva VV, Wolff IS, Mafra DA. Caracterização das propriedades físicas de quatro espécies arbóreas para aplicações na indústria madeireira. Biodivers. Bras. [Internet]. 2025; 15(2): 79-92. doi: 10.37002/biodiversidadebrasileira.v15i2.2616

Palavras-chave: Caracterização; propriedades físicas; espécies de madeira.

RESUMO – O estudo das propriedades físicas da madeira é essencial para otimizar sua utilização na indústria de transformação, possibilitando o direcionamento adequado dos materiais para diferentes aplicações, verificando a capacidade e aproveitamento da utilização da madeira. Este estudo teve como objetivo caracterizar corpos de prova de quatro espécies madeireiras – *Pinus* sp., *Cryptomeria* sp., *Ochroma* sp. e *Dinizia excelsa* – conforme normas da Norma Brasileira Regulamentadora 7190, visando à análise das propriedades físicas para fins didáticos e práticos. Avaliaram-se densidade, teor de umidade, contração e inchamento máximos, coeficiente de retratibilidade e anisotropia de cada espécie. As espécies analisadas apresentaram densidades médias e baixas, sendo que *Ochroma* sp. destacou-se pelo maior teor de umidade. As análises de contração e inchamento mostraram maiores valores no sentido tangencial, indicando necessidade de técnicas adequadas de secagem. Os coeficientes de anisotropia apresentaram variações, sugerindo relativa estabilidade dimensional para a maioria das espécies. Embora as características encontradas possam indicar possíveis usos industriais, observou-se a necessidade de mais repetições para reforçar a confiabilidade dos resultados.

Characterization of the physical properties of four tree species for applications in the timber industry

Keywords: Characterization; physical properties; wood species.

ABSTRACT – The study of the physical properties of wood is essential to optimize its use in the processing industry, enabling the proper direction of materials for different applications, verifying the capacity and use of wood. The objective of this study was to characterize specimens of four timber species – *Pinus* sp., *Cryptomeria* sp., *Ochroma* sp. and *Dinizia excelsa* – according to Brazilian Regulatory Standard 7190 standards, aiming at the analysis of physical properties for didactic and practical purposes. Density, moisture content, maximum contraction and swelling, retractability coefficient and anisotropy of each species were evaluated. The analyzed species presented medium and low densities, and *Ochroma* sp. stood out for its higher moisture content. The contraction and swelling analyses showed higher values in the tangential direction, indicating the need for adequate drying techniques. The anisotropy coefficients showed variations, suggesting relative dimensional stability for most species. Although the characteristics found may indicate possible industrial uses, it was observed that more repetitions were needed to reinforce the reliability of the results.

Caracterización de las propiedades físicas de cuatro especies arbóreas para aplicaciones en la industria maderera

Palabras clave: Caracterización; propiedades físicas; especies madereras.

RESUMEN – El estudio de las propiedades físicas de la madera es fundamental para optimizar su uso en la industria de procesamiento, posibilitando la adecuada dirección de los materiales para las diferentes aplicaciones, verificando la capacidad y el uso de la madera. El objetivo de este estudio fue caracterizar especímenes de cuatro especies maderables – *Pinus* sp., *Cryptomeria* sp., *Ochroma* sp. y *Dinizia excelsa* – de acuerdo con la Norma Regulatoria Brasileña 7190, con el objetivo de analizar las propiedades físicas con fines didácticos y prácticos. Se evaluó la densidad, el contenido de humedad, la contracción e hinchamiento máximos, el coeficiente de retracción y la anisotropía de cada especie. Las especies analizadas presentaron densidades medias y bajas, y *Ochroma* sp. se destacó por su mayor contenido de humedad. Los análisis de contracción e hinchamiento mostraron valores más altos en la dirección tangencial, lo que indica la necesidad de técnicas de secado adecuadas. Los coeficientes de anisotropía mostraron variaciones, lo que sugiere una relativa estabilidad dimensional para la mayoría de las especies. Aunque las características encontradas pueden indicar posibles usos industriales, se observó que se necesitaron más repeticiones para reforzar la confiabilidad de los resultados.

Introdução

A madeira é um material orgânico, complexo e heterogêneo, caracterizado por arranjos variados e distribuição variável. Suas propriedades são porosas, higroscópicas e anisotrópicas, e o estudo dessas propriedades físicas é essencial para a transformação industrial e para determinar sua aptidão para diferentes aplicações e técnicas de manejo [1]. Entre

as etapas da caracterização física, a determinação da densidade destaca-se como uma das mais importantes. A densidade é a principal propriedade física que reflete as características anatômicas, químicas e condições de crescimento estabelecidas em reflorestamentos. Ela representa uma quantificação direta do material lenhoso por unidade de volume e está relacionada às características essenciais para o uso de produtos florestais [2].

A densidade da madeira é, portanto, fundamental para sua classificação, influenciando diretamente sua resistência, elasticidade e dureza. Segundo [3], essa densidade pode variar conforme as características da espécie e fatores ambientais e silviculturais, o que pode impactar as propriedades da madeira em função do ambiente onde a espécie se desenvolve. Já o teor de umidade desempenha papel crucial na trabalhabilidade, estabilidade dimensional e durabilidade da madeira, sendo também um fator importante para determinar sua suscetibilidade a fungos e agentes degradadores [4]. Controlar o teor de umidade é essencial para minimizar deformações e garantir a integridade do produto final, principalmente quando a madeira atinge o equilíbrio higroscópico com o ambiente [5]. Dessa forma, o controle das propriedades físicas é indispensável para adequar a madeira às exigências específicas de cada aplicação industrial.

A densidade depende de diversos fatores, como a espécie, a posição no tronco, proporção de lenho tardio e inicial, o teor de umidade, a idade da árvore, o local e condições do plantio, além de outros [6][1]. Entre esses fatores, o único passível de intervenção para aumentar a densidade é o manejo do povoamento, que pode incluir técnicas como melhoramento genético, controle de espaçamento, desbaste e poda.

Outro fator essencial no desempenho e utilização da madeira é o teor de umidade, que afeta o poder calorífico, a trabalhabilidade, a facilidade de transporte e a suscetibilidade a fungos. O teor de umidade influencia também a qualidade da celulose, pois o desfibramento realizado em madeira seca apresenta maior tendência a quebras.

Para alcançar o teor de umidade adequado, é necessário submeter a madeira a um processo de secagem lento e gradual, garantindo, assim, a qualidade do produto final. Esse processo é determinante para melhorar a absorção de produtos, a estabilidade e a resistência da madeira, já que, em geral, quanto menor o teor de umidade, maior a resistência mecânica [7]. Contudo, gradientes elevados de umidade durante a secagem podem causar defeitos, especialmente se a secagem for feita de forma inadequada, levando a alterações estruturais, como encanoamento, arqueamento e torção, que podem inviabilizar seu uso na serraria [6].

Esses defeitos são explicados pela movimentação desigual dos componentes da madeira em seus eixos. A retratibilidade, ou seja, a contração e

o inchamento, depende do arranjo anatômico das fibras e ocorre com mais intensidade no sentido tangencial, seguido do radial e, em menor grau, no longitudinal. A instabilidade dimensional e os altos coeficientes de anisotropia limitam as aplicações da madeira e requerem técnicas apropriadas de processamento para otimizar sua qualidade [1].

Para avaliar o comportamento da madeira durante a secagem e sua probabilidade de apresentar defeitos, utiliza-se o coeficiente de anisotropia de contração, que considera as diferenças entre os movimentos nos sentidos tangencial e radial. Esse coeficiente está associado à densidade, pois, em geral, quanto maior a densidade, maior a anisotropia.

Diante disso, este estudo buscou determinar as propriedades físicas de quatro espécies distintas – *Pinus* sp., *Cryptomeria* sp., *Ochroma* sp. e *Dinizia excelsa* Ducke –, quantificando a densidade, o teor de umidade, a contração e o inchamento máximos, o coeficiente de retratibilidade e a anisotropia de cada uma, com o objetivo de classificá-las e indicar usos apropriados.

Material e Métodos

A madeira de *Dinizia excelsa* utilizada neste estudo foi proveniente de uma fonte particular de um residente da cidade de Brusque, Santa Catarina. As demais espécies (*Pinus* sp., *Cryptomeria* sp. e *Ochroma* sp.) foram obtidas no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, na cidade de Lages/SC. Seguindo as normas da NBR 7190, foram obtidos três corpos de prova com as seguintes dimensões: 3 cm no sentido radial, 2 cm no sentido tangencial e 5 cm no longitudinal.

A seleção das quatro espécies visou abranger uma diversidade de características físicas e densidades, permitindo uma comparação didática entre tipos de madeira com diferentes aptidões industriais. Contudo, devido à quantidade limitada de material disponível, este estudo contou com um número reduzido de amostras, suficiente apenas para identificar alguma variabilidade entre os corpos de prova. Para futuras pesquisas mais aprofundadas, recomenda-se um aumento no número de amostras e repetições. Ressalta-se que, devido a esse fator, os resultados obtidos podem ser superficiais e, por vezes, apresentar valores diferentes dos esperados, já que a variabilidade entre amostras de uma mesma árvore, entre árvores distintas e entre locais com diferentes

condições de crescimento não pôde ser plenamente avaliada.

Densidade

Inicialmente, os corpos de prova foram dispostos em ambiente climatizado a 20°C com 65% de umidade para a determinação da densidade aparente, a 12% de umidade de equilíbrio, conforme a fórmula apresentada a seguir.

$$ME_{12\%} = \frac{m_{12\%}}{V_{12\%}}$$

Em que: $ME_{12\%}$ é a densidade aparente, a 12% de umidade, em g/cm³; $m_{12\%}$ é a massa dos Corpos de Prova, a 12% de umidade, em g; e $V_{12\%}$ é o volume do corpo de prova (comprimento x altura x largura), a 12% de umidade, em cm³.

Para isso, o volume foi determinado por meio da medição dos corpos de prova nos eixos tangencial, radial e longitudinal, com o auxílio de um paquímetro pelo método de Arquimedes, conforme descrito por [5]. Este método é amplamente utilizado para amostras de madeira devido à sua praticidade e precisão, especialmente em casos de corpos de prova com formas irregulares. Esse procedimento oferece uma alternativa eficaz e sem necessidade de aparelhos específicos, sendo uma escolha prática para experimentos laboratoriais didáticos. Cada medida foi realizada duas vezes no mesmo local, obtendo-se uma média para maior precisão nos cálculos. A pesagem foi realizada por meio de uma balança analítica.

Posteriormente, os corpos de prova foram submetidos a imersão em água, para a saturação de seus espaços vazios, em um dessecador com aplicação de vácuo duas vezes ao dia. Após esse processo, a densidade saturada foi obtida por meio de duas metodologias: a volumétrica e o método da balança.

$$ME_{sat} = \frac{m_{sat}}{V_{sat}}$$

Em que: ME_{sat} é a densidade saturada, em g/cm³; m_{sat} é a massa saturada dos Corpos de Prova, em g; e V_{sat} é o volume do corpo de prova, em cm³.

No método do volume, a determinação deste foi realizada conforme descrito anteriormente, assim como a pesagem. Já para o outro método, a densidade foi obtida pelo peso que o corpo de prova apresentou ao ser imerso em um béquer com água, segurado por uma agulha e com o cuidado de não encostar no vidro do recipiente.

Por último, os corpos de prova foram colocados em uma estufa a 103°C ± 2°C, com monitoramento até alcançarem 0% de umidade e peso constante. O uso da estufa foi considerado um método de secagem forçada, devido ao controle de temperatura, umidade e ventilação, diferentemente do método natural ao ar livre, que é dificultado por esses fatores e pelo longo tempo necessário para secagem, sem atingir 0% de umidade.

Desta forma, após alcançar 0% de umidade, os corpos de prova foram novamente medidos para o cálculo do volume, e uma nova pesagem foi realizada, possibilitando o cálculo da densidade a 0%. Com os dados obtidos, também foi determinada a densidade básica de cada uma das espécies. As fórmulas utilizadas para os cálculos estão apresentadas a seguir.

$$ME_{0\%} = \frac{m_{0\%}}{V_{0\%}} \quad ME_{básico} = \frac{P_{seco}}{V_{verde}}$$

Em que: $ME_{0\%}$ é a densidade, a 0% de umidade, em g/cm³; $m_{0\%}$ é a massa dos Corpos de Prova, a 0% de umidade, em g; $V_{0\%}$ é o volume do corpo de prova (comprimento x altura x largura), a 0% de umidade, em cm³; $ME_{básico}$ é a densidade básica, em g/cm³; P_{seco} é o peso seco dos Corpos de prova, em g; e V_{verde} é o volume verde do corpo de prova, em cm³.

Teor de umidade

O teor de umidade é a relação entre o peso da madeira com água contida no seu interior e seu peso em estado completamente seco, expresso em porcentagem [5]. Os valores de pesagem a 0%, 12% e dos corpos de prova saturados foram reutilizados da etapa de determinação da densidade, e, através da fórmula apresentada a seguir, foi possível determinar o teor de umidade.

$$U\% = \frac{P_u - P_o}{P_o} \times 100$$

Em que: $U\%$ é o teor de umidade, em %; P_u é o peso úmido, em g; e P_o é o peso seco, em g.

O método da pesagem é considerado um dos mais exatos, dependendo apenas da precisão da balança e da agilidade do operador ao pesar e anotar os valores da amostra seca, já que a madeira pode absorver umidade após entrar em contato com o ambiente.

Contração e inchamento máximos

A contração e o inchamento da madeira dependem do arranjo anatômico das fibras com maior movimentação no sentido tangencial, menor no radial e praticamente nula no sentido longitudinal. Neste estudo, foram obtidas tanto a contração e o inchamento volumétricos quanto em cada sentido da madeira, utilizando as fórmulas apresentadas a seguir.

$$\beta_{\text{max}}\% = \frac{V_u - V_o}{V_u} \times 100 \quad \alpha_{\text{vmax}}\% = \frac{V_u - V_o}{V_o} \times 100$$

Em que: $\beta_{\text{max}}\%$ é a contração máxima, em %; $\alpha_{\text{vmax}}\%$ é o inchamento máximo, em %; V_u é o volume úmido, em cm^3 ; e V_o é o volume seco, em cm^3 .

Para o cálculo de ambos, foram utilizados os volumes obtidos inicialmente na determinação da densidade, assim como as mensurações de cada corpo de prova nas etapas de 0% e de saturação, para determinar a contração e o inchamento nos sentidos tangencial, radial e longitudinal.

Coeficiente de retratabilidade

É o valor representativo de quanto a madeira contrairá na variação de 1% de umidade, permitindo o cálculo de valores intermediários de contração através da diferença entre duas dimensões ($\Delta\alpha$) e a relação desse com a diferença de teores de umidade (ΔTu), sendo determinado no sentido tangencial e radial através da fórmula:

$$Q \text{ \%/\%} = \frac{\Delta\beta}{\Delta Tu}$$

Em que: Q é o coeficiente de retratabilidade, em %/%; $\Delta\beta$ é a diferença entre duas dimensões, em %; e ΔTu é a diferença de teores de umidade, em %.

Anisotropia

A anisotropia de contração é a relação entre a contração tangencial e a contração radial. Obtida pela fórmula abaixo:

$$Ac = \frac{\beta_t}{\beta_r}$$

Em que: Ac é a anisotropia de contração; β_t é a contração tangencial, em %; e β_r é a contração radial, em %.

Para a interpretação dos dados obtidos, considerou-se que valores de anisotropia apresentados, variando de 1,2 a 1,5 são madeiras excelentes, portanto fáceis de secar e mais procuradas para usos que não permitem defeitos; de 1,6 a 1,9 são considerados normais; e valores de 2 ou mais necessitam de maiores cuidados durante a secagem.

Os resultados apresentados nos gráficos a seguir correspondem aos valores médios dos três corpos de prova avaliados para cada espécie. Os dados referentes a cada corpo de prova, que serão discutidos na seção de resultados, serão apresentados ao final do artigo em tabelas anexas.

Resultados e Discussão

Os valores obtidos para densidade aparente a 0% e 12% de umidade, saturada e básica, estão apresentados na Figura 1. Para *Pinus sp.* a densidade básica variou de 0,5381 a 0,5460 g/cm^3 , enquanto a densidade aparente a 12% de umidade variou de 0,6110 a 0,6525 g/cm^3 . De forma semelhante, os corpos de prova de *Cryptomeria sp.* obtiveram valores que variaram de 0,5600 a 0,5629 g/cm^3 para densidade básica, resultado semelhante ao encontrado nos estudos de (8) e de 0,6434 a 0,6446 g/cm^3 para densidade aparente. Para as duas espécies, esses valores caracterizam uma densidade e resistência mecânica média, o que pode ser explicado devido ao rápido crescimento nos seus primeiros anos de vida, resultando em um maior espaçamento nos seus anéis de crescimento do cerne.

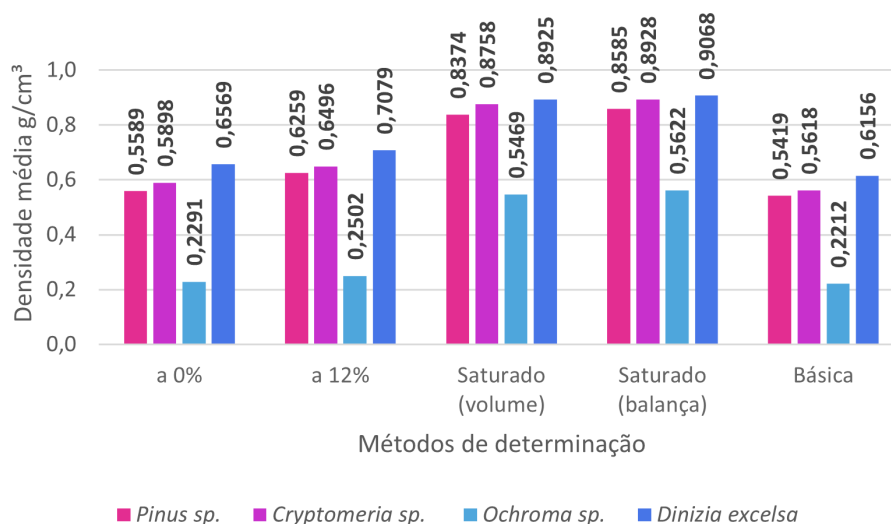


Figura 1 – Densidades dos corpos de prova (CP) analisados de *Pinus sp.*, *Cryptomeria sp.* e *Dinizia excelsa*. Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A variação da densidade básica e aparente de *Ochroma sp.* foi de 0,2184 a 0,2251 g/cm³ e de 0,2468 a 0,2549 g/cm³, respectivamente. Encontraram [9] densidade básica igual a 0,25 g.cm⁻³ para a espécie aos sete anos de idade. Esses valores demonstram uma densidade baixa, ou seja, com presença majoritária de células com lume grande e parece celular fina (madeiras porosas). Geralmente, são madeiras mais fáceis de secar devido a água presente no lume da célula ser mais fácil de ser retirada do que a da parede celular. Conforme cita [10], essa madeira tem grande potencial para ser utilizada na produção de celulose e papel.

Já a espécie *Dinizia excelsa* apresentou densidade básica entre 0,5990 e 0,6251 g/cm³ e

densidade aparente entre 0,6842 e 0,7197 g/cm³ e apesar de seus valores serem maiores quando comparados aos das primeiras duas primeiras espécies anteriores, também foi classificada como uma madeira de densidade média.

Os resultados dos teores de umidade a 12%, saturada e máximo das espécies estão apresentados na Figura 2. Para o teor de umidade a 12%, os valores variaram entre 13,1% e 15,6%, com exceção dos corpos de prova 3 de *Pinus sp.* (19,50%) e o corpo de prova 2 de *Cryptomeria sp.* (17,96%). As amostras de *Dinizia excelsa* apresentaram valores pouco inferiores aos de *Pinus sp.* e *Cryptomeria sp.*, fato que se relaciona com a densidade um pouco mais elevada da espécie, como já citado.

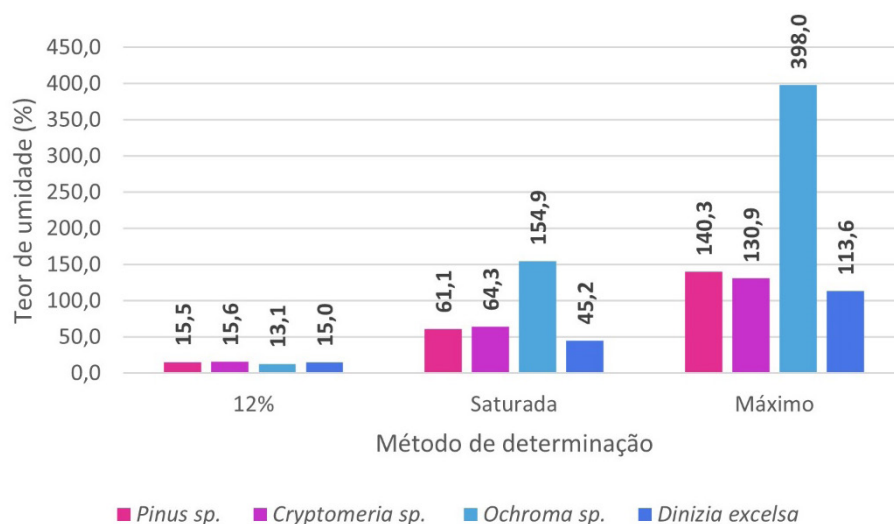


Figura 2 – Teores de umidade dos corpos de prova (CP) analisados de *Pinus sp.*, *Cryptomeria sp.*, *Ochroma sp.* e *Dinizia excelsa*. Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os teores de umidade com as amostras saturadas para *Pinus sp.*, *Cryptomeria sp.* e *Dinizia excelsa* tiveram valor mínimo de 45,2% e máximo de 64,3%. Esses valores estão intimamente associados à quantidade de espaços vazios presentes na madeira, fato que também pode ser observado nos valores elevados na espécie *Ochroma sp.* Um alto teor de umidade significa que é uma madeira porosa, tendo muitos espaços vazios que são facilmente preenchidos pela água. Consequentemente uma madeira com essa característica vai apresentar uma menor resistência mecânica, isso se entende até o ponto de saturação das fibras (28% de teor de umidade), na qual a partir desta a resistência não altera significativamente.

Quando completamente saturadas, amostras de *Dinizia excelsa* (de maiores densidades) atingem teores de umidade que vão de 113,1 a 113,8, ao

passo de *Ochroma sp.* (de menores densidades) podem atingir até 404,9, confirmando a relação das características anatômicas da madeira com a densidade, e essa com os teores de umidade.

A Figura 3 mostra os dados obtidos de contração e inchamento máximo das espécies, mostrando os resultados de cada eixo da madeira, assim como o volumétrico. Sendo assim, a contração e inchamento volumétrico dependem do arranjo anatômico das fibras, sendo os maiores valores no sentido tangencial, intermediários no sentido radial e menores longitudinalmente, sendo desprezados em alguns casos. Isso fica evidente ao observar a Figura 3, onde os valores de contração e inchamento máximos longitudinais são mais baixos, podendo ser quase nulos como a amostra 1 de *Ochroma sp.* que apresentou contração e inchamento máximo de 0,05.

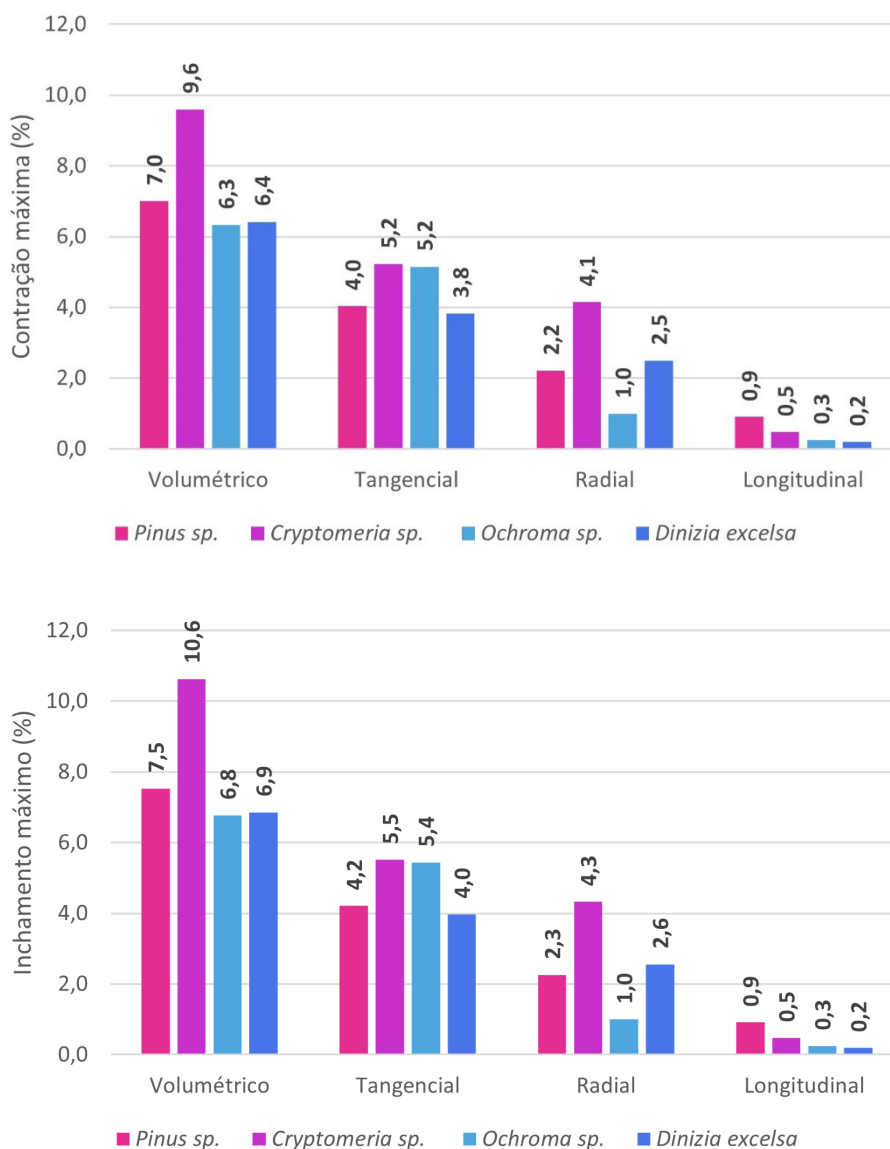


Figura 3 – Contração e inchamento máximo volumétrico (V), tangencial (T), radial (R) e longitudinal (L) dos corpos de prova (CP) analisados de *Pinus sp.*, *Cryptomeria sp.*, *Ochroma sp.* e *Dinizia excelsa*. Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Além disso, podemos observar que os eixos tangenciais obtiveram maior contração e inchamento do que o eixo radial, confirmando a teoria que no primeiro eixo citado as fibras se movem em maior intensidade, notando esse padrão em todas as espécies estudadas.

Na Figura 4 podem-se observar os resultados da retratabilidade da madeira das espécies. No coeficiente de retratabilidade são considerados apenas os sentidos tangenciais e radiais da madeira, desconsiderando o longitudinal devido seu baixo valor de retratabilidade, como já mencionado. Assim como a contração e inchamento, a retratabilidade do sentido tangencial deve ser maior do que no radial.

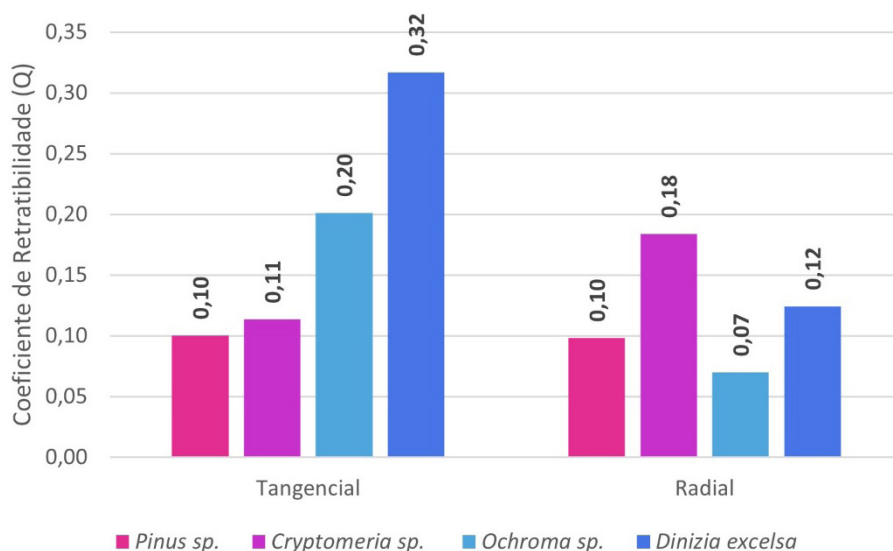


Figura 4 – Coeficiente de retratibilidade no sentido tangencial (QT) e radial (QR) dos corpos de prova (CP) analisados de *Pinus sp.*, *Cryptomeria sp.*, *Ochroma sp.* e *Dinizia excelsa*. Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

No entanto, isso não aconteceu em todas as situações deste estudo, como podemos observar no comportamento das espécies de *Pinus sp.* e *Cryptomeria sp.*, que possuíram resultados iguais de retratibilidade para os dois sentidos e resultados maiores para o radial, respectivamente. Esse fato que pode ser justificado por erros de medição ou, ainda, pela absorção de água dos corpos de prova após a secagem da madeira a 0% de umidade.

Conforme dito anteriormente, a madeira trabalha mais no sentido tangencial apresentando

um maior valor de retratibilidade. Portanto, quanto maior a diferença no comportamento da madeira nos dois sentidos, maior a probabilidade de ocorrência de defeitos durante a secagem [11] o que dificulta a utilização de certas madeiras pela serraria, por exemplo, que necessita de madeiras sem defeitos visando a estética. Pensando nisso, o cálculo de anisotropia de contração auxilia a determinar a diferença entre os eixos da madeira e definir o comportamento desta durante a secagem. Os resultados para as quatro espécies analisadas estão descritos na Figura 5.

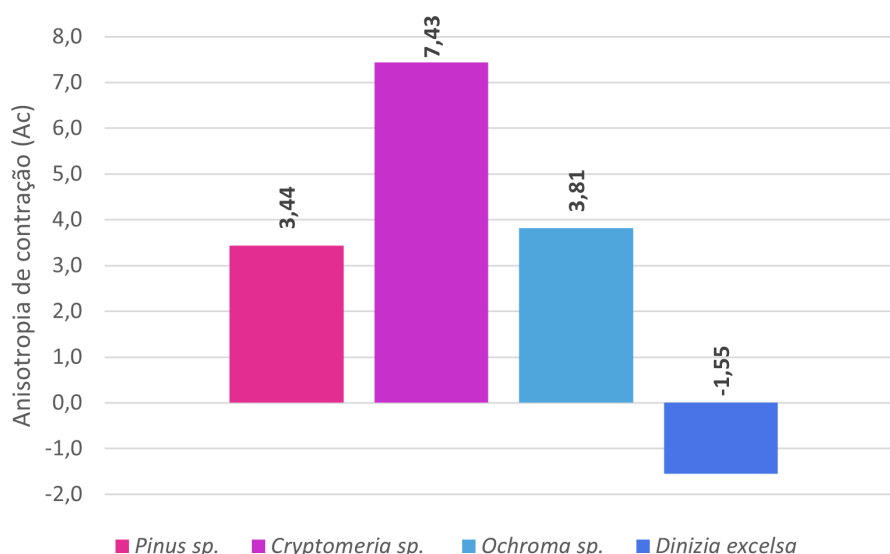


Figura 5 – Anisotropia de contração dos corpos de prova (CP) analisados de *Pinus sp.*, *Cryptomeria sp.*, *Ochroma sp.* e *Dinizia excelsa*. Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O ideal para o valor de anisotropia seria igual a 1, porém, este valor não é cabível para a madeira, tendo em vista que é um material complexo e tem diferenças entre os seus eixos. No entanto, de 1,2 até 1,4 são considerados valores para madeiras excelentes em usos que não permitem empenamento, como observado na amostra 2 da espécie *Dinizia excelsa*. De 1,5 até 1,9 são valores considerados normais, servindo como exemplo a amostra 1 de *Cryptomeria sp.* Acima de 2,0, que foram a maioria das situações, são madeiras que necessitam de cuidado redobrado durante a secagem, sendo necessário fazer essa de forma mais lenta e, portanto, utilizando de um longo período.

De forma errônea, como também ocorreu no coeficiente de retratibilidade, alguns valores de anisotropia não se encaixaram em nenhuma das situações possíveis para a madeira, gerando valores menores que 1,2. Como o cálculo depende do valor de contração da madeira nos sentidos tangenciais e radiais, os valores absurdos podem ser explicados através das mesmas justificativas anteriores: devido a erros de medição e absorção de água pela madeira após secagem.

Conclusão

Concluímos que as espécies *Pinus sp.*, *Cryptomeria sp.* e *Dinizia excelsa*, com densidades médias, são indicadas para aplicações que exigem resistência moderada e estabilidade, como na construção civil e na fabricação de móveis. Em contrapartida, a *Ochroma sp.*, com baixa densidade e alta capacidade de retenção de umidade, destaca-se para usos que exigem leveza e facilidade de manuseio, sendo mais indicada para a produção de celulose, papel, e itens de isolamento.

Contudo, é importante ressaltar que, para uma avaliação mais embasada e precisa dessas características, são necessárias mais repetições experimentais, o que permitirá um grau de confiança maior na definição de usos específicos para cada espécie na indústria.

Referências

1. Fonte APN, Trianoski R, Iwakiri S, Anjos R. Propriedades físicas e químicas da madeira de cerne e alburno de *Cryptomeria japonica*. Revista de Ciências Agroveterinárias. 2017. DOI: 10.5965/223811711632017277
2. Lobão MS, Della Lúcia RM, Moreira MSS, Gomes A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. Revista Árvore [Internet], nov. 2004; 28(6): 889-894. DOI: 10.1590/S0100-67622004000600014.
3. Latorraca JVDF, Albuquerque CECD. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. Floresta E Ambiente, 2000 [Acesso em: 07 mai 2025]; 7(1): 279-291. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/BcyCjTYvtfR73Np8qNq5zQN/?lang=pt>.
4. Brito JO, Barrichelo LEG. Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia. IPEF: Filosofia de Trabalho de uma Elite de Empresas Florestais Brasileiras. Circular Técnica, nº 52, PBP/3.1.8, jun. 1979 [Acesso em: 07 mai 2025]. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr052.pdf>.
5. Moreschi JC. Propriedades da madeira. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 4ª edição, Curitiba, PR, 2012 [Acesso em: 07 mai 2025]. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>.
6. Oliveira JTS, Hellmesitee JC, Tomazello Filho M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. Revista Árvore Jan. 2005; 29(1): 115-127. DOI: 10.1590/S0100-67622005000100013.
7. Silveira LHC, Rezende AV, Vale AT. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. Acta Amazonica, 2013; 43(2): 179-184. DOI: /10.1590/S0044-59672013000200007.
8. Yang TH, Wang SY, Lin CJ, Tsai MJ. Evaluation of the mechanical properties of Douglas-fir and Japanese cedar lumber and its structural glulam by nondestructive techniques. Construction and Building Materials, 2008; 22: 487-493. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2006.11.012.

9. Lobão MS, Castro VR de, Rangel A, Sarto C, Tomazello Filho M, Silva Júnior FG da et al. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. *Scientia Forestalis*, dez. 2011. *Sci. For.*, Piracicaba [Acesso em: 07 mai 2025]; 39(92): 469-477. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264701678_Agrupamento_de_especies_florestais_por_analises_univariadas_e_multivariadas_das_caracteristicas_anatomica_fisica_e_quimica_das_suas_madeiras.
10. Oliveira W, Goes LS, Quintilhan MT, Caldeira R, Caldeira SF, Pereira BL et al. Propriedades da madeira de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamk) Urban em duas idades. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira*, 2017. Campinas: Galoá, 2017. [Acesso em: 07 mai 2025]. Disponível em: <https://proceedings.science/cbctem/trabalhos/propriedades-da-madeira-de-ochroma-pyramidale-cav-ex-lamk-urban-em-duas-idades?lang=pt-br>.
11. Oliveira JTS, Tomazello Filho M, Fiedler NC. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. *Revista Árvore*, 2010; 34(5): 929-936. DOI: 10.1590/S0100-67622010000500018

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Fluxo Contínuo e Edições Temáticas:

- Sustentabilidade da Araucária
- Programa Nacional de Monitoramento da Biodiversidade – Programa Monitora n.2, 2025

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886

Anexos

Anexo 1 – Densidades dos corpos de prova (CP) analisados de *Pinus* sp., *Cryptomeria* sp., *Ochroma* sp. e *Dinizia excelsa*.

Espécie	CP	Densidade (g/cm ³)				
		a 0%	a 12%	Saturada método volume	Saturada método balança	Básica
<i>Pinus</i> sp.	1	0,5564	0,6110	0,8271	0,8571	0,5381
<i>Pinus</i> sp.	2	0,5574	0,6141	0,8385	0,8652	0,5415
<i>Pinus</i> sp.	3	0,5629	0,6525	0,8466	0,8532	0,5460
<i>Cryptomeria</i> sp.	1	0,5803	0,6446	0,8649	0,8827	0,5629
<i>Cryptomeria</i> sp.	2	0,6033	0,6605	0,9027	0,9151	0,5600
<i>Cryptomeria</i> sp.	3	0,5929	0,6434	0,8598	0,8808	0,5624
<i>Ochroma</i> sp.	1	0,2255	0,2487	0,5464	0,5621	0,2201
<i>Ochroma</i> sp.	2	0,2262	0,2468	0,5337	0,5458	0,2184
<i>Ochroma</i> sp.	3	0,2355	0,2549	0,5606	0,5787	0,2251
<i>Dinizia excelsa</i>	1	0,6559	0,7197	0,8959	0,9037	0,6226
<i>Dinizia excelsa</i>	2	0,6590	0,7196	0,8871	0,9074	0,6251
<i>Dinizia excelsa</i>	3	0,6558	0,6842	0,8946	0,9093	0,5990

Anexo 2 – Teores de umidade dos corpos de prova (CP) analisados de *Pinus* sp., *Cryptomeria* sp., *Ochroma* sp. e *Dinizia excelsa*.

Espécie	CP	Teor de umidade (%)		
		12%	Saturada	Máximo
<i>Pinus</i> sp.	1	13,54	61,03	141,1
<i>Pinus</i> sp.	2	13,42	61,60	140,8
<i>Pinus</i> sp.	3	19,50	60,75	139,0
<i>Cryptomeria</i> sp.	1	14,52	63,22	133,7
<i>Cryptomeria</i> sp.	2	17,96	66,69	127,1
<i>Cryptomeria</i> sp.	3	14,39	62,87	130,0
<i>Ochroma</i> sp.	1	13,01	157,66	404,9
<i>Ochroma</i> sp.	2	13,04	148,89	403,4
<i>Ochroma</i> sp.	3	13,23	158,22	385,9
<i>Dinizia excelsa</i>	1	15,60	45,33	113,8
<i>Dinizia excelsa</i>	2	15,13	44,87	113,1
<i>Dinizia excelsa</i>	3	14,22	45,34	113,8

Anexo 3 – Contração e inchamento máximo volumétrico (V), tangencial (T), radial (R) e longitudinal (L) dos corpos de prova (CP) analisados de *Pinus* sp., *Cryptomeria* sp., *Ochroma* sp. e *Dinizia excelsa*.

Espécie	CP	Contração máxima (%)				Inchamento máximo (%)			
		V	T	R	L	V	T	R	L
<i>Pinus</i> sp.	1	7,69	4,86	2,47	0,52	8,33	5,11	2,53	0,52
<i>Pinus</i> sp.	2	6,90	3,52	2,40	1,13	7,41	3,65	2,46	1,14
<i>Pinus</i> sp.	3	6,43	3,73	1,75	1,07	6,88	3,88	1,78	1,08
<i>Cryptomeria</i> sp.	1	8,67	4,77	4,00	0,10	9,50	5,01	4,17	0,10
<i>Cryptomeria</i> sp.	2	10,24	4,94	4,41	1,23	11,41	5,19	4,61	1,24
<i>Cryptomeria</i> sp.	3	10,95	7,11	4,04	0,10	12,30	7,65	4,21	0,10
<i>Ochroma</i> sp.	1	5,94	4,80	1,15	0,05	6,32	5,04	1,16	0,05
<i>Ochroma</i> sp.	2	5,19	4,65	0,41	0,15	5,47	4,87	0,42	0,15
<i>Ochroma</i> sp.	3	7,83	6,00	1,40	0,55	8,49	6,39	1,42	0,55
<i>Dinizia excelsa</i>	1	6,01	3,62	2,43	0,05	6,39	3,76	2,49	0,05
<i>Dinizia excelsa</i>	2	7,08	3,95	2,97	0,30	7,62	4,11	3,06	0,30
<i>Dinizia excelsa</i>	3	6,14	3,90	2,08	0,25	6,54	4,06	2,13	0,25

Anexo 4 – Coeficiente de retratabilidade no sentido tangencial (QT) e radial (QR) dos corpos de prova (CP) analisados de *Pinus* sp., *Cryptomeria* sp., *Ochroma* sp. e *Dinizia excelsa*.

Espécie	CP	Coeficiente de retratabilidade (%/%)	
		QT	QR
<i>Pinus</i> sp.	1	0,11	0,14
<i>Pinus</i> sp.	2	0,10	0,10
<i>Pinus</i> sp.	3	0,09	0,06
<i>Cryptomeria</i> sp.	1	0,08	0,15
<i>Cryptomeria</i> sp.	2	0,11	0,25
<i>Cryptomeria</i> sp.	3	0,23	0,16
<i>Ochroma</i> sp.	1	0,16	0,04
<i>Ochroma</i> sp.	2	0,18	0,08
<i>Ochroma</i> sp.	3	0,27	0,09
<i>Dinizia excelsa</i>	1	0,22	0,11
<i>Dinizia excelsa</i>	2	0,20	0,15
<i>Dinizia excelsa</i>	3	0,53	0,11

Anexo 5 – Anisotropia de contração dos corpos de prova (CP) analisados de *Pinus* sp., *Cryptomeria* sp., *Ochroma* sp. e *Dinizia excelsa*.

Espécie	CP	Anisotropia
<i>Pinus</i> sp.	1	5,3
<i>Pinus</i> sp.	2	2,1
<i>Pinus</i> sp.	3	3,0
<i>Cryptomeria</i> sp.	1	1,9
<i>Cryptomeria</i> sp.	2	18,3
<i>Cryptomeria</i> sp.	3	2,2
<i>Ochroma</i> sp.	1	4,4
<i>Ochroma</i> sp.	2	-3,7
<i>Ochroma</i> sp.	3	10,8
<i>Dinizia excelsa</i>	1	0,4
<i>Dinizia excelsa</i>	2	1,3
<i>Dinizia excelsa</i>	3	-6,3