

Análise de propriedades tecnológicas de três espécies de reflorestamento

Andrey Pereira Acosta ¹, Henrique Römer Schulz ¹, Ezequiel Gallio ¹, Mário Antônio Pinto da Silva Júnior ², Kelvin Techera Barbosa², Patrícia Soares Bilhalva dos Santos ³

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Pelotas – Pelotas – RS.
e-mail: andreysvp@gmail.com; henriqueshulz09@hotmail.com; egeng.florestal@gmail.com; darcigatto@yahoo.com.

² Curso de Engenharia Industrial Madeireira – Universidade Federal de Pelotas – Pelotas – RS.
e-mail: mariosilva.eng@gmail.com.

³ Laboratório de Química da Biomassa Florestal -Curso de Engenharia Florestal– Universidade Federal de Universidade Federal do Pará – Altamira – PA. E-mail: patriciasbs@ufpa.br

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar propriedades físicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Corymbia maculata* e *Pinus elliottii* Engelm. Para tanto foram avaliadas as propriedades físicas massa específica básica (ASTM D 2395, 2017), contração linear máxima nos planos radial e tangencial e colorimetria (2 leituras no plano anatômico tangencial). Por meio dos resultados obtidos se observa que em relação a massa específica básica a espécie *Corymbia maculata* amostrou valores notoriamente superiores em relação a *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, sucessivamente. Para a estabilidade dimensional o *Pinus elliottii* apresentou a menor estabilidade dimensional. Já a espécie mais estável acerca de variações em seus planos anatômicos foi o *Eucalyptus grandis*. Em relação a colorimetria a espécie com tonalidade mais clara foi o *P. elliottii*, seguido pela *C. maculata* sendo a madeira de *E. grandis* a mais escura.

Palavras chaves: Estabilidade dimensional, Colorimetria, *Eucalyptus grandis*, *Corymbia maculata* e *Pinus elliottii*.

Analysis of technological properties of three fast growing species

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the physical properties of the woods of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Corymbia maculata* and *Pinus elliottii* Engelm. For this purpose, the physical properties of the basic specific mass (ASTM D 2395, 2017), maximum linear contraction in the radial and tangential planes and colorimetry (2 tangential anatomical plane readings) were evaluated. By means of the obtained results it is observed that in relation to the basic specific mass the species *Corymbia maculata* showed values superiorly in relation to *Eucalyptus grandis* and *Pinus elliottii*, successively. For dimensional stability *Pinus elliottii* showed the least dimensional stability. The most stable species on variations in anatomical planes was *Eucalyptus grandis*. In relation to colorimetry, the species with a lighter shade was *P. elliottii*, followed by *C. maculata*, the wood of *E. grandis* being the darkest

Keywords: Dimensional stability, Colorimetry, *Eucalyptus grandis*, *Corymbia maculate* e *Pinus elliottii*.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as florestas plantadas no Brasil destacam-se os gêneros de *Eucalyptus spp* e *Pinus spp*, as espécies do gênero *Eucalyptus* possuem um crescimento demasiado elevado na diversidade de condições climáticas presentes nas distintas regiões do Brasil e apresentam uma ampla gama de aplicação (MARTINEZ et al., (2012)).

Já o gênero *Pinus* compreende cerca de 600 espécies, as quais se destacam-se em âmbito nacional as espécies *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, possuindo uma imensa aplicação como setor de paletes, embalagens mobiliário, construção civil e indústrias de celulose e papel (MISSIO et al., (2015)).

Entre as propriedades mais importantes da madeira se destacam as físicas e mecânicas, que fazem ligação direta com sua qualidade e aplicação. Com esse intuito se faz necessário o conhecimento de propriedades físicas destas espécies, a massa específica é um dos principais parâmetros de referência, por se correlacionar diretamente com as demais propriedades. (MULLER et al., 2014; BATISTA et al., 2010).

Uma destas propriedades diretamente ligadas a massa específica é a retratibilidade, a qual considera a desorção e absorção de umidade da madeira, bem como a estabilidade dimensional, esta propriedade conforme o aumento da massa específica há o aumento da absorção e desorção de água no interior da madeira.

A cor da madeira por sua vez é uma propriedade que apresenta uma imensa variação dentre as espécies e até mesmo entre os planos anatômicos, esta propriedade afeta diretamente o destino final da madeira.

Segundo Zanuncio (2014) as propriedades colorimétricas das madeiras das florestas tropicais são desejadas para fabricação de móveis por apresentarem coloração escura, entretanto, as espécies de rápido crescimento por sua vez, na maioria dos casos, apresentam madeira de cor clara, dificultando a sua inserção em alguns mercados

Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar propriedades físicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Corymbia maculata* e *Pinus elliottii* Engelm.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado no presente estudo foi doado pela indústria Celulose Riograndense –

CMPC, do município de Guaíba e outra parte pelo Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da madeira, do curso de Engenharia Industrial Madeireira, da Universidade Federal de Pelotas, no qual foi realizada a avaliação de propriedades físicas.

As espécies utilizadas foram a *Corymbia maculata* (22 anos) e *Eucalyptus grandis* (22 anos) e o *Pinus elliottii* (20 anos). Posteriormente a seleção do material, confeccionaram-se 7 corpos de prova (ausente de defeitos) para cada espécie com as dimensões de 20 x 20 x 330 mm (radial x tangencial x longitudinal). Em seguida acondicionados em câmara climatizada (temperatura de 20°C e 65% de umidade relativa) até que atinjam massa constante e um teor de umidade de 12%.

A massa específica básica (Equação 1) foi determinada de acordo com a recomendação da norma D 2395, descrita pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM D 2395, 2017). Para tanto, as dimensões e as massas dos corpos de prova foram obtidas com auxílio de um paquímetro digital (precisão de $\pm 0,01$ mm) e balança analítica (precisão de $\pm 0,001$ g).

(1)

Em que: $\rho_{12\%}$ = massa específica básica (g/cm^3); $M_{0\%}$ = massa do corpo de prova seca em estufa à 103 ± 2 °C (g); $V_{12\%}$ = volume do corpo de prova em condição saturada de umidade (cm^3).

Foi analisada a influência na contração da madeira nos planos anatômicos tangencial e radial, bem como a anisotropia para contração. Para tanto, foi utilizado um paquímetro de precisão de $\pm 0,01$ g em amostras saturada, onde foi medido as dimensões nos eixos radiais e tangenciais em seguida foram empregados os valores obtidos nas equações 1 e 2 para a determinação da contração linear máxima.

(2)

(3)

Em que: β_T – contração linear máxima no plano anatômico tangencial (%); β_R – contração linear máxima no plano anatômico radial (%); T_{\max} e R_{\max} – dimensões dos planos tangencial e radial em condição saturada de umidade (mm); T_0 e R_0 – dimensão dos planos tangencial e radial em condição seca à 103 ± 2 °C (mm).

Para a colorimetria, efetuaram-se 2 leituras para cada corpo de prova no plano anatômico tangencial, utilizando-se um colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400, com fonte iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. O aparelho forneceu os seguintes parâmetros colorimétricos: claridade (L^*), coordenada vermelho-verde ou matriz vermelho (a^*), coordenada azul-amarelo ou matriz amarelo (b^*), saturação da cor (C^*) e o ângulo de tinta (h°), baseados no sistema de cor

CIELa*b* 1976.

Por fim, os resultados foram submetidos a análise de variância simples (ANOVA) visando verificar a existência de diferenças significativas entre as espécies, e posterior teste de comparação de médias, ambas por meio do teste LSD Fisher, em 1% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS

Observou-se a existência de diferenças significativas para a massa específica básica (ρ_b), contração no plano tangencial (β_T) e contração no plano radial (β_R) das diferentes espécies florestais, principalmente para a espécie *Corymbia maculata*, a qual apresentou os maiores valores de ρ_b , β_T e β_R (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios e resumo estatístico da massa específica básica (ρ_b), contração tangencial (β_T), contração radial (β_R) e anisotropia da contração (AC_β) das espécies madeiras analisadas.

Espécie	ρ_b (g.cm ⁻³)	β_T (%)	β_R (%)	AC_β
<i>P. elliottii</i>	0,468 ($\pm 0,013$) b	7,12 ($\pm 0,39$) b	4,99 ($\pm 1,09$) a	1,42 ($\pm 0,24$) a
<i>E. grandis</i>	0,494 ($\pm 0,022$) b	5,20 ($\pm 0,73$) a	4,92 ($\pm 0,78$) a	1,10 ($\pm 0,33$) a
<i>C. maculata</i>	0,627 ($\pm 0,030$) a	9,96 ($\pm 0,83$) c	8,58 ($\pm 1,85$) b	1,21 ($\pm 0,28$) a
CV (%)	14,06	28,99	34,97	24,51
F	97,00 *	84,27 *	17,59 *	2,26 ^{ns}

Em que: valores entre parênteses e sobrescritos apresentam o desvio padrão da espécie, e médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelos testes LSD de Fisher e F, em 1% de probabilidade de erro; * – significativo em 1% de probabilidade de erro conforme o teste F ($p < 0,01$);^{ns} – não significativo em 1% de probabilidade de erro conforme o teste F ($p \geq 0,01$); CV – coeficiente de variação total das três espécies.

Acerca da anisotropia da contração (AC_β), constatou-se que a mesma não variou significativamente entre as diferentes espécies, aonde o *Pinus elliottii* apresentou a menor estabilidade dimensional, devido a maior razão da variação da contração entre os planos tangencial e radial. No geral, a espécie mais estável acerca de variações em seus planos anatômicos foi o *Eucalyptus grandis*.

Em relação as variáveis colorimétricas, observou-se variações significativas para a luminosidade – L*, coordenada cromática verde-vermelho – a* e o ângulo de tinta – h (Tabela 2). A espécie com tonalidade mais clara foi o *P. elliottii*, seguido pela *C. maculata* sendo a madeira de *E.*

grandis a mais escura.

Tabela 2 – Valores médios e resumo estatístico da luminosidade (L*), coordenada cromática verde-vermelho (a*), coordenada cromática azul-amarela (b*), saturação da cor (C*) e ângulo de tinta (h) das espécies madeireiras analisadas.

Espécie	L*	a*	b*	C*	h°
<i>P. elliottii</i>	79,93 (2,89) a	5,33 (1,44) a	23,50 (1,48) a	24,17 (1,72) a	76,88 (3,11) a
<i>C. maculata</i>	70,72 (1,11) b	4,93 (0,41) a	22,50 (3,33) ab	23,17 (3,18) a	76,33 (3,71) a
<i>E. grandis</i>	65,94 (2,04) c	12,26 (0,46) b	21,20 (0,65) b	24,56 (0,67) a	59,73 (1,38) b
CV (%)	8,83	46,75	10,24	8,97	12,03
F	147,64 *	261,32 *	4,07 ^{ns}	1,59 ^{ns}	157,45 *

Em que: valores entre parênteses apresentam o desvio padrão da espécie, e médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelos testes LSD de Fisher e F, em 1% de probabilidade de erro; * – significativo em 1% de probabilidade de erro conforme o teste F ($p < 0,01$); ^{ns} – não significativo em 1% de probabilidade de erro conforme o teste F ($p \geq 0,01$); CV – coeficiente de variação total das três espécies.

4. DISCUSSÃO

A espécie *C. maculata* apresentou a maior ρ_b em comparação as demais espécies analisadas, entretanto foi inferior à obtida Martins et al. (2012) para a referida espécie com aproximadamente 30 anos de idade ($0,805 \text{ g.cm}^{-3}$). Enquanto Oliveira et al. (2005) e Mattos et al. (2011) encontraram ρ_b de $0,490 \text{ g.cm}^{-3}$ para o *E. grandis* (aproximadamente 20 anos) e $0,410 \text{ g.cm}^{-3}$ para o *P. elliottii* (13 anos), respectivamente.

Considerando que a parede celular possui elevada afinidade com a água, e a influência da constituição e distribuição dos elementos anatômicos na madeira, espécies mais densas tendem a apresentar maior taxa de retratibilidade em função da maior espessura da parede celular e lúmens menores, o que facilita o processo de absorção de umidade por parte da mesma (OLIVEIRA et al., (2010)).

Para a espécie *C. maculata*, Martins et al. (2013) obtiveram taxas de contrações de 10,4% e 8,6% respectivamente, para os planos tangencial e radial. Oliveira et al. (2010), estudando a madeira de *E. grandis* com 16 anos, notaram que o plano anatômico tangencial variou 10% e o radial 5%, aonde tal fato destaca a influência que a idade exerce na retratibilidade da madeira.

Nesse contexto, valores de anisotropia próximos a 1 são um excelente indicativo de qualidade da madeira, pois caracterizam uma madeira estável do ponto de vista dimensional. No geral, madeiras com coeficiente de anisotropia máximo de 1,5 são excelentes para serem utilizadas na fabricação de móveis, esquadrias, aparelhos musicais e para esporte (LOGSDON et al., (2008)).

A cor da madeira é um dos critérios considerados na seleção de uma espécie visando a fabricação de um móvel, por exemplo. Nesse contexto, espécies com tonalidades mais escuras, são mais agradáveis esteticamente quando comparadas aquelas com tonalidades mais claras. Assim, existe uma estreita correlação entre a composição química da madeira e sua cor. Na celulose, hemiceluloses, lignina e nos extrativos são encontradas diversas substâncias que atribuem tons distintos à madeira (Zanuncio et al., 2014; Pincelli et al., 2012), acarretando em modificações nos valores relacionados às variáveis colorimétricas.

A luminosidade (L^*) varia de 0 (preto) à 100 (branco), enquanto as coordenadas cromáticas da cor verde-vermelho (a^*) e amarelo-azul (b^*) apresentam-se com o sinal positivo ou negativo, aonde a^* com sinal positivo tom vermelho, a^* com sinal negativo tom verde, b^* com sinal positivo tom amarelo e b^* com sinal negativo caracteriza um tom azul (Camargos & Gonzalez, 2001). Quanto maior a pureza da cor, maior é a saturação (C), enquanto a dominância de alguma tonalidade é determinada por meio do ângulo de tinta – h (ZANUNCIO et al., (2014)).

Assim, utilizando o sistema de agrupamento de Cluster, descrito por Camargos & Gonzalez (2001), foi possível atribuir as cores para as três espécies florestais de rápido crescimento aqui analisadas: o *P. elliottii* (branco-acinzentado), a *C. maculata* (branca) e o *E. grandis* (rosa).

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que através do estudo das propriedades tecnológicas da madeira que em relação a massa específica básica a espécie em destaque é a *Corymbia maculata* apresentando maior material lenhoso, mostrou valores notoriamente superiores em relação a *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, sucessivamente.

Para a estabilidade dimensional o *Pinus elliottii* apresentou a menor estabilidade dimensional comparado a *Corymbia maculata* e *Eucalyptus grandis* que por sua vez são espécies com maior densidade, maior material lenhoso, menos espaços vazios, apresentando maior estabilização em suas dimensões.

Em relação a colorimetria a espécie com tonalidade mais clara foi o *P. elliottii* essa diferença se deve a composição química da madeira em relação das suas componentes hemicelulose, celulose, lignina e extrativos presente em cada espécie, que varia em relação a

coníferas e folhosas, seguido pela *C. maculata* sendo a madeira de *E. grandis* a mais escura.

6. REFERÊNCIAS

BATISTA DC, Klitzke JR, Santos CVT. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. *Ciência Florestal* 2010; 20(4): 665-674.

CAMARGOS, José Arlete Alves; GONZALES, Joaquim Carlos. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores da madeira. *Brasil Floresta* 2001; 7(1).

Indústria Brasileira de Árvores. (2016) - *Relatório anual 2016, ano referente 2015*. [cit.2017-02-02]. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016.pdf

LONGSDON NB, FINGER Z, PENNA ES. Caracterização físico-mecânica da madeira de *Credomarinheiro*, *Guareatrichiloides L.* (Meliaceae). *Scientia Florestalis* 2008; 36 (77): 43-5.

MARTINS M, SILVA JRM, LIMA JT, et al., Simulação em uso dos pisos de madeira simulação em uso dos pisos de madeira de *Eucalyptus sp* e *Corymbia maculata*, *Cerne* 2013; 19 (1), 151-156.

MARTINEZ DT, Higa AR, Lingnau C, Silva IC. Escolha de espécies, planejamento e sistemas de produção para reflorestamento em pequenas propriedades no estado do Paraná. *FUPEF*; 2012.

MISSIO AL et al. Propriedades mecânicas da madeira resinada de *Pinus elliottii*. *Ciência Rural* 2015; 45 (8):1432-1438.

MARTINS M et al. Simulação em uso dos pisos de madeira de *Eucalyptu ssp* e *Corymbia maculata*. *Cerne* 2013; 19 (1): 151-156.

MATTOS BD et al. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 2011; 6(1).

MULLER BV, Rocha MP, Cunha AB, Klitzke RJ, Nicoletti MF. Avaliação das principais propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. *Floresta e Ambiente* 2014; 21(4), 535-542.

OLIVEIRA JTS, HELLMEISTER JC, TOMAZELLO FM. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto, *Revista Árvore* 2005, 29(1): 115-127.

OLIVEIRA JTS, HELLMEISTER JC, TOMAZELLO M. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. Revista *Árvore* 2010; 34 (5): 929-936.

ZANUNCIO AJV, DE SÁ FE, DA SILVEIRA TA. Termorreificação e colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis*. Floresta e Ambiente 2014;21(1): 85-90.

