

## Resistência e rigidez da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

**Resumo:** As espécies do gênero *Eucalyptus* se destacam nos reflorestamentos em todo o território brasileiro, devido à adaptabilidade as condições edafo-climáticas, a facilidade para propagação vegetativa e ao rápido crescimento. A hibridação de espécies de *Eucalyptus* permite a melhoria de algumas características que dificultam o crescimento das árvores e o uso na indústria madeireira. O objetivo do trabalho foi determinar a resistência e a rigidez da madeira sólida de três clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com 14 anos de idade. O material foi coletado em plantios experimentais de uma empresa do interior do estado de São Paulo, sendo realizado, ensaios de flexão estática, compressão paralela às fibras, cisalhamento e dureza dos procedimentos descritos na NBR 7190 (1997). Os resultados não alcançaram os valores desejados e estabelecidos na norma em questão, fazendo com que seu uso estrutural não seja adequado, no trabalho em questão.

**Palavras-chave:** Espécie florestal não convencional, *Eucalyptus* spp, Propriedades tecnológicas.

### Resistance and stiffness of wood of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

**Abstract:** *Eucalyptus* species excel in reforestation throughout the Brazilian territory, due to the adaptability of soil and climatic conditions, the ease of vegetative propagation and rapid growth. Hybridization of *Eucalyptus* species allows the improvement of some characteristics that hinder tree growth and use in the timber industry. The objective of this work was to determine the strength and stiffness of the solid wood of three clones of the hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* at 14 years of age. The material was collected in experimental plantations of a company from the interior of the state of São Paulo. Static flexion tests, parallel compression of the fibers, shearing and hardness of the procedures described in NBR 7190 (1997) were carried out. The results did not reach the desired values and established in the norm in question, making that their structural use is not adequate, in the work in question.

**Keywords:** Unconventional forest species, *Eucalyptus* spp, Technological properties.

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado florestal é tido como uma das principais fontes de desenvolvimento do setor industrial. A grande demanda por produtos derivados desta matéria prima faz com que a necessidade de torná-lo cada vez mais renovável e sustentável esteja sempre em evidência (Hsing & Paula, 2016).

Entre as espécies de rápido crescimento, se destacam as do gênero *Eucalyptus* com 5,7 milhões de hectares de área plantada, a qual está localizada, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e em Mato Grosso do Sul (15%). Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,4% a.a.. O Mato Grosso do Sul tem liderado esta expansão, registrando aumento de 400 mil hectares neste período, com uma taxa média de crescimento de 13% a.a. (Ibá, 2018).

A diversidade de espécies existentes no gênero *Eucalyptus* e a alta facilidade do cruzamento, torna ampla a sua adaptação a diferentes localidades. O processo de cruzamento é denominado “hibridação”. Um dos híbridos mais conhecidos e usados no Brasil recorrentes a este gênero é realizado entre o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus urophylla*. O objetivo maior deste processo é reunir as melhores características existentes em cada uma das espécies, sendo o maior crescimento e qualidade relacionados ao *Eucalyptus grandis* e a grande adaptação e resistência a doenças do *Eucalyptus urophylla* (Cib, 2008).

No entanto, para o direcionamento correto do uso da madeira proveniente desta matéria-prima, ou seja, para uma maior agregação de valor, faz-se necessário o conhecimento de suas propriedades tecnológicas (Gonçalves et al., 2009), além da avaliação do comportamento nos processos de desdobro, secagem e beneficiamento.

As propriedades da madeira são afetadas por uma série de fatores, entre eles, genéticos, práticas silviculturais, condições climáticas, sítio, massa específica, idade, ângulo de grã, constituintes químicos e anatômicos, teor de umidade, proporção de lenho inicial e tardio, madeira juvenil e presença de nós, entre outros (Gato et al., 2006). Desta forma, para o estabelecimento de classes de resistência, faz-se necessário conhecer as variáveis e de que forma elas influem na resistência.

O objetivo do trabalho foi determinar a resistência e a rigidez da madeira sólida de três clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com 14 anos de idade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram utilizadas nove árvores de três clones híbridos de

*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus uruphylla* que estavam plantados em espaçamento 2 x 2 m. Os três clones, foram denominados de I, II e III. As árvores foram selecionadas de acordo com a representatividade no plantio. Após a derrubada, o fuste foi cortado em toretes com aproximadamente 2,40m de comprimento nas posições 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, sendo utilizado somente as três primeiras porções em função do baixo diâmetro das duas últimas.

Os toretes foram transformados em pranchões e posteriormente em vigas quadradas de 7,0 x 7,0 cm. A viga central que continha a medula foi descartada e as demais transformadas em corpos de prova de flexão estática (2,0 x 2,0 x 30cm), compressão paralela as fibras (5,0 x 5,0 x 15cm), dureza (5,0 x 5,0 x 20cm) e cisalhamento (5,0 x 5,0 x 6,5 cm). Todos os ensaios seguiram os procedimentos descritos na NBR 7190 (1997).

Os valores encontrados em cada uma das propriedades foram submetidos a análise da Variância e Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

### 3. RESULTADOS

Os valores médios encontrados para as propriedades de resistência e rigidez dos três clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* nas posições 0%, 25% e 50% da altura comercial, estão apresentados nas Tabela 1 e 2.

Tabela 1. Valores médios das propriedades de flexão estática e compressão paralela dos clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Clone	Posição	Flexão Estática (Kgf/cm <sup>2</sup> )		Compressão Paralela (Kgf/cm <sup>2</sup> )	
		MOR	MOE	MOR	MOE
I	0%	1715,420 a (3,03)	207916,21 a (5,49)	414,167 a (6,37)	22745,512 a (20,37)
	25%	1808,363 a (4,31)	223066,629 b (11,49)	433,653 a (4,91)	18878,754 a (4,49)
	50%	2045,715 b (2,86)	250004,967 b (4,39)	309,540 a (15,23)	19660,156 a (42,21)
	<b>Média</b>	<b>1856,499 A</b>	<b>226995,937 B</b>	<b>385,787 A</b>	<b>20428,141 A</b>
II	0%	1620,325 a (13,86)	178630,759 a (10,94)	346,448 a (9,12)	29634,599 a (22,17)
	25%	1656,743 a (15,22)	228815,647 b (4,02)	333,676 a (22,50)	30772,965 a (10,18)
	50%	2045,715 b (3,65)	211292,517 b (11,80)	295,988 a (20,28)	28224,088 a (26,82)
	<b>Média</b>	<b>1774,261 A</b>	<b>206246,308 AB</b>	<b>325,371 A</b>	<b>29543,884 B</b>

III	0%	1315,633 a (5,57)	134372,729 a (36,44)	335,512 a (1,91)	25887,197 a (37,48)
	25%	1410,745 a (11,15)	197174,859 b (16,13)	207,357 a (22,82)	26050,955 a (5,39)
	50%	1574,020 b (7,29)	187697,978 b (14,65)	278,084 a (17,38)	30169,325 a (5,88)
<b>Média</b>		<b>1433,466 B</b>	<b>173081,855 A</b>	<b>273,651 A</b>	<b>27369,159 B</b>

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Letras maiúsculas na coluna considera-se o clone, enquanto letras minúsculas na linha analisa-se a posição. Entre parênteses está expresso o coeficiente de variação.

Observa-se que não houve diferenças significativas entre as posições para MOR e MOE na compressão paralela às fibras. O mesmo não foi verificado para flexão estática, encontrou-se diferenças significativas entre as posições em ambos os módulos. Para o MOR a posição 50% diferiu-se das demais, enquanto que para o MOE foi a posição 0% que diferiu-se das outras. Já as diferenças significativas entre clones foi encontrada em todos os testes, exceto para o MOR da compressão paralela às fibras.

Em relação ao clone I, pode-se observar que a flexão estática, tanto para MOR quanto para MOE as maiores médias foram obtidas pela posição de 50%, equivalente a 2045,715 e 250004,967 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. As médias superiores para MOR foi na posição 50% (2045,72 kgf/cm<sup>2</sup>) e para MOE na posição 25% (228815,65 kgf/cm<sup>2</sup>). O Clone III teve o mesmo comportamento do Clone II, ou seja, a maior média para MOR foi dada na posição 50%. Para MOE a maior média foi observada na posição 25% (197174,86 kgf/cm<sup>2</sup>).

A resistência a flexão estática MOR obteve valores superiores ao da literatura. Rodrigues (2002) obteve resultados para *E. grandis* que variam de 1087,87 à 1446,98 kgf/cm<sup>2</sup>. Referente ao módulo de elasticidade da flexão (MOE) os valores dos clones se aproximaram da literatura, o clone I obteve o maior MOE 226995,937 kgf/cm<sup>2</sup> e o clone III obteve o menor resultado com 173081,855 kgf/cm<sup>2</sup>. Rodrigues (2002) encontrou valores de até 209337,9 cm<sup>2</sup> para o *E. grandis*.

Para a resistência à compressão paralela as fibras (MOR) o clone I obteve o maior resultado com 385,787 kgf/cm<sup>2</sup> e o Clone III obteve o menor resultado com 273,651 kgf/cm<sup>2</sup>, valores inferiores ao da literatura, a NBR 7190 (1997) encontrou valor de 410,95 kgf/cm<sup>2</sup>. Rodrigues (2002) obteve valores de até 761,73 kgf/cm<sup>2</sup>. O módulo de elasticidade na compressão paralelas as fibras (MOE) nos clones foi muito inferior aos encontrado pela NBR 7190 (1997) que obteve 13082,93 kgf/cm<sup>2</sup> e demais literaturas.

Tabela 2. Valores médios das propriedades de cisalhamento e dureza dos clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Clone	Posição	Cisalhamento (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Dureza (N)		
			Axial	Radial	Tangencial
I	0%	86,43 a <sub>(3,16)</sub>	5326,85 a <sub>(15,98)</sub>	4203,22 a <sub>(13,84)</sub>	3950,04 a <sub>(38,98)</sub>
	25%	82,55 a <sub>(7,62)</sub>	4099,18 a <sub>(8,03)</sub>	3464,50 a <sub>(14,62)</sub>	3313,66 a <sub>(20,67)</sub>
	50%	101,49 a <sub>(3,80)</sub>	4348,88 a <sub>(18,47)</sub>	3015,43 a <sub>(30,05)</sub>	3448,93 a <sub>(27,65)</sub>
	<b>Média</b>	<b>90,16 A</b>	<b>4591,64 A</b>	<b>3561,06 A</b>	<b>3570,88 A</b>
II	0%	105,17 a <sub>(6,42)</sub>	5165,57 a <sub>(9,10)</sub>	4719,93 a <sub>(8,50)</sub>	4426,89 a <sub>(35,17)</sub>
	25%	101,88 a <sub>(7,03)</sub>	5732,60 a <sub>(13,66)</sub>	5286,98 a <sub>(11,55)</sub>	4791,04 a <sub>(35,52)</sub>
	50%	113,08 a <sub>(9,05)</sub>	5241,88 a <sub>(14,59)</sub>	4544,82 a <sub>(13,10)</sub>	4029,81 a <sub>(29,71)</sub>
	<b>Média</b>	<b>106,71 B</b>	<b>5380,02 A</b>	<b>4850,58 B</b>	<b>4415,92 B</b>
III	0%	83,42 a <sub>(5,15)</sub>	4194,56 a <sub>(24,37)</sub>	3613,68 a <sub>(24,0)</sub>	3355,29 a <sub>(39,50)</sub>
	25%	89,44 a <sub>(6,60)</sub>	4073,16 a <sub>(9,46)</sub>	4073,16 a <sub>(9,46)</sub>	3254,73 a <sub>(20,50)</sub>
	50%	92,81 a <sub>(5,05)</sub>	4123,48 a <sub>(7,46)</sub>	2769,22 a <sub>(28,19)</sub>	3074,38 a <sub>(20,17)</sub>
	<b>Média</b>	<b>88,55 A</b>	<b>4130,40 A</b>	<b>3485,35 A</b>	<b>3228,13 B</b>

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Letras maiúsculas na coluna considera-se o clone, enquanto letras minúsculas na linha analisa-se a posição. Entre parênteses está expresso o coeficiente de variação.

Verificou-se que não houve diferenças significativas entre as posições, mas entre os clones houve diferença significativa para o cisalhamento, dureza radial e dureza tangencial, o clone II diferiu-se dos demais.

A resistência ao cisalhamento dos clones tiveram valores próximos e superiores ao da literatura, a NBR 7190 (1997), obteve um valor de 71,38 kgf/cm<sup>2</sup> para *E. grandis*.

De modo geral, foi observado que o clone II apresentou a maior resistência nos testes de cisalhamento e dureza nos três sentidos (axial, radial e tangencial). Enquanto que o clone I, apresentou maior resistência à flexão estática e à compressão paralela às fibras, baseado nos seus respectivos MOR. Já o clone III foi considerado o menos resistente em todas as propriedades mecânicas avaliadas.

Com base na Norma NBR – 7190 (1997), é possível atribuir classes de resistência às madeiras, objetivando o emprego adequado do material para fins estruturais. A partir do valor característico de compressão paralelo às fibras, atribui-se a classe de resistência. Os clones I e II enquadraram-se na Classe C20, com valores característicos de 27,93 Mpa e 23,41 Mpa, respectivamente. Enquanto que o clone III não enquadrou-se em nenhuma das classes.

#### 4. CONCLUSÕES

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- Nenhum dos clones estudados alcançaram valores mínimos exigidos pela norma, sendo assim, nenhum deles poderão ser destinados para o uso estrutural. Os clones I, II e III, apresentaram valores inferiores referentes as propriedades mecânicas da madeira, a resposta disso pode ser dada pela idade do material que foi analisado, equivalente a 14 anos.
- Quando comparados entre si, os clones I e II apresentaram melhores resultados de resistência, quando comparados com III, que obteve resultados bem inferiores a estes.

#### 5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-7190: Projeto de Estrutura de Madeira. Rio de Janeiro, 1997

Conselho de Informação sobre Biotecnologia. CIB: Guia do Eucalipto: Oportunidade para um desenvolvimento sustentável. 20 p. Maio, 2008.

Gonçalves FG, Oliveira, JTS, Della, RM, Sartório, RC. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Revista Árvore 2009 33(3): 501-509.

Hsing TY, Paula NF, Paula, C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Cientia Florestalis 2016, 26(1).

Indústria Brasileira De Árvores. IBÁ: Relatório IBÁ 2017. Brasília, 2017. 95p.

Rodrigues RAD. Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para a construção civil. [Dissertação]. Piracicaba: Mestre em Recursos Florestais, Piracicaba, 2002.

Gato S, Mcmillan I, Donaldson I, Richardson T, Echt C, Gardner R. Wood formation from the base to the crown in *Pinus radiata*: gradients of tracheid wall thickness, wood density, radial growth rate and gene expression. Plant Molecular Biology 2006. 60:565-581.

