

**COMPORTAMENTO DE ADESÃO DA MADEIRA DE UM HÍBRIDO CLONAL DE
Eucalyptus urophylla × *Eucalyptus grandis* PROVENIENTE DE TRÊS CONDIÇÕES DE MANEJO**
BEHAVIOR OF WOOD ADHESION IN CLONAL HYBRID *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*
ORIGINATING FROM THREE MANAGEMENT CONDITIONS

Octávio Barbosa Plaster¹ José Tarcísio da Silva Oliveira²
Fabrício Gomes Gonçalves³ Javan Pereira Motta⁴

RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar a capacidade de adesão da madeira serrada de eucalipto proveniente de três sistemas de manejo, empregando-se os adesivos: resorcina formaldeído, e dois adesivos em emulsão aquosa à base de poliacetato de vinila. Os sistemas de manejo foram caracterizados por três estratos, sendo o estrato um (E1) caracterizado por madeira proveniente de talhadia e idade de 70 meses; o estrato dois (E2) caracterizado por madeira de reforma e idade de 166 meses e o estrato três (E3) caracterizado também por reforma aos 70 meses de idade. A madeira foi originada de uma mistura aleatória das duas primeiras toras serradas, de três metros cada, a partir da base, que compuseram três tratamentos, relativos aos adesivos utilizados. Foi avaliada a resistência ao cisalhamento por compressão paralela e o percentual de falha na madeira na linha de cola. Com base nos resultados obtidos pode-se afirmar que a adesão apresentou desempenho satisfatório em todas as resinas utilizadas, sendo que os valores médios da resistência ao cisalhamento da linha de cola mostraram-se equivalentes à resistência ao cisalhamento da madeira sólida apenas para as amostras aderidas com o adesivo Wonderbond, proporcionando também maiores valores para falha na madeira (97,64%). A maior densidade presente na madeira do segundo estrato (E2) influenciou apenas na colagem com a resina resorcina formaldeído. Para o acetato de polivinila (Cascorez 2590), os valores do cisalhamento diminuíram na terceira condição de manejo (E3).

Palavras-chave: adesivo; cisalhamento; madeira serrada; densidade.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the adhesion ability of eucalyptus lumber from three tillage systems, using adhesives: resorcinol formaldehyde and two adhesives in water emulsion based on vinyl poly-acetate. The management systems were characterized by three strata, the stratum one (E1) characterized by wood from coppice and 70 months of age, the stratum two (E2) characterized by wood and retirement age of 166 months and stratum three (E3), also characterized by retirement at 70 months of age. The wood was derived from a random mixture of the first two sawn logs, each three feet from the base, which comprised three treatments on the adhesive used. We evaluated the shear strength by compression tests and the percentage of wood failure in the glue line. Based on the results obtained, it can be said that the adhesion had satisfactory performance with all the resins used, and the average values of shear strength of the glue line were shown to be equivalent to the shear strength of solid wood only for the samples which adhered with 'Wonderbond' adhesive and also provide higher values for wood failure (97.64%). The highest density present in the wood

1. Engenheiro Florestal, Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Caixa Postal 237, CEP 18610-307, Botucatu (SP). octavioplaster@gmail.com
2. Engenheiro Florestal, Dr., Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). jtsilva@npd.ufes.br
3. Engenheiro Florestal, Doutorando em Ciências Ambientais e Florestais, Prof. Assistente do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). fabricio@cca.ufes.br
4. Engenheiro Florestal, Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). javanpm@hotmail.com

Recebido para publicação em 11/09/2009 e aceito em 11/05/2011

of the second stratum (E2) influenced only sticking with the resorcinol formaldehyde resin. For polyvinyl acetate (Cascorez 2590), shear values decreased in the third management condition (E3).

Keywords: adhesive; shear strength; sawn wood; density.

INTRODUÇÃO

A madeira de eucalipto vem a cada dia se consolidando como importante matéria-prima para as mais diferentes aplicações industriais. As madeiras de densidade média são preferíveis para importantes indústrias, a exemplo do setor moveleiro. Assim, torna-se necessária a qualificação tecnológica de tais matérias-primas, em que o estudo de suas características de adesão é um dos mais importantes, para tais aplicações.

O gênero *Eucalyptus* caracteriza-se por apresentar um elevado número de espécies, porém poucas são de fácil adesão, tais como: *Eucalyptus saligna* (PINCELLI, 1999); *Eucalyptus grandis* (SERPA et al., 2003); híbrido de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* (ALMEIDA, 2002), com o predomínio daquelas de difícil colagem e, sobretudo, àquelas de elevada massa específica aparente e teores de extrativos elevados. Para isso é necessário que sejam dominados alguns aspectos de sua tecnologia de processamento, sendo, entre estes, àquele referente à sua adesão, principalmente, quando se pretende construir elementos estruturais pré-fabricados como elementos de treliça, vigas laminadas e pilares de sustentação, dentre outros. De acordo com Bittencourt e Domiciano (1998), as madeiras de espécies de reflorestamento têm despertado grande interesse na área de construção civil e muitos trabalhos têm surgido com o objetivo de melhor estudar suas propriedades físicas e mecânicas.

Em um estudo onde se avaliou o comportamento da adesão de juntas de colagem, realizado com a madeira de *Corymbia citriodora* e adesivo à base de resorcinol formaldeído, Petruski (1999), concluiu que a resistência ao cisalhamento foi afetada pelo consumo de adesivo, pressão de colagem e número de faces de aplicação do adesivo. A autora ainda afirma haver um efeito significativo para a interação consumo *versus* pressão e consumo *versus* face de colagem.

A otimização no uso dos adesivos deve também levar em consideração o aspecto econômico, uma vez que na utilização estrutural, na maioria das vezes o seu custo é fator limitante no desenvolvimento de produtos. No Brasil, o grande

fator limitante para a produção de madeira laminada colada é o custo do adesivo, em que àquele à base de resorcinol formaldeído pode, segundo Lima (1994) e Bohn e Szücs (1995), representar algo entre 40 e 60% do custo final.

Na tentativa de reduzir o consumo de adesivo, Bohn (1995) estudou o efeito da diluição de adesivo à base de resorcinol formaldeído na qualidade das juntas coladas de madeira, percebendo que uma diluição, em até 40% com água, é viável. Também nesta mesma linha, Abrahão (1999) estudou a redução de área colada em elementos estruturais como vigas e colunas feitas com madeira laminada e colada de *Eucalyptus grandis*. Petruski (1999) também estudou o efeito da redução de área colada, em colunas feitas com madeira de *Eucalyptus grandis*, no módulo de elasticidade e nas cargas de ruptura. Os valores de área colada foram 100, 50, 30, 20 e 10%, não constatando efeito da redução da área colada no módulo de elasticidade, sendo a carga de ruptura reduzida em alguns casos.

Existe uma acentuada necessidade de verificar o impacto das operações de manejo nas propriedades das madeiras de reflorestamento. Com relação às madeiras produzidas pelo gênero *Eucalyptus*, tem-se adotado um grande número de condições de manejo, normalmente implementados sobre as mais diferentes práticas silviculturais (BOWYER et al., 2003; GONÇALVES, 2006). Pouco se sabe a respeito do impacto dessas intervenções silviculturais nas propriedades da madeira. Normalmente, até os dias atuais, a preocupação maior é relativa ao incremento volumétrico alcançado em decorrência destas operações.

Especificamente, em relação às características de adesão da madeira, sob diferentes condições de manejo, praticamente nenhuma informação é conhecida, notadamente para plantios de eucalipto no Brasil. Daí existe a necessidade de estudos, que forneçam tais informações, sobretudo, para aquelas madeiras de eucaliptos com grande potencial para utilizações nobres, como por exemplo, a indústria moveleira e o setor de construção civil.

Este estudo tem como objetivo avaliar o comportamento de juntas coladas de madeira do

híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*, proveniente de três condições de manejo, mediante a utilização de três adesivos comerciais.

MATERIAL E MÉTODO

Origem e coleta da madeira

A parte experimental relativa ao projeto foi desenvolvida no Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Centro de Ciência Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Foram amostradas árvores oriundas de um experimento com clones de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*, de propriedade da empresa Fibria, localizado no Sul do Estado da Bahia, municípios de Mucuri e Nova Viçosa.

Na primeira condição de manejo (Estrato E1), foi realizado um desbaste sistemático e seletivo único. Para a segunda condição de manejo, (Estrato E2) foi realizado o primeiro desbaste, aos 117 meses sistemático e seletivo, e o segundo aos 153 meses, apenas seletivo. Para a terceira condição de manejo, (Estrato E3), foi realizado um desbaste seletivo único. No desbaste sistemático foi eliminada uma linha de plantio a cada cinco novas linhas. Foi permitido apenas um broto na primeira redução da brotação, que aconteceu por volta dos nove meses de idade. A Tabela 1 apresenta, de forma resumida, as características gerais das três condições de manejo avaliados neste estudo.

Preparo da madeira para ensaios

As madeiras foram provenientes das duas

primeiras toras, obtidas a partir da base, com comprimento de três metros cada uma, desdobradas em serraria no Município de Jerônimo Monteiro, ES. Após desdobro, as tábuas foram secadas ao ar, até o teor de equilíbrio higroscópico. Após a separação e seleção das tábuas de madeira, foram determinados suas densidades e seus respectivos teores de equilíbrio higroscópicos utilizados no presente estudo, fez-se também a climatização das mesmas em ambiente natural fechado. A massa específica aparente, na condição anidra, foi determinada de acordo com a MB 26/1940 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1940), com a substituição da água pelo mercúrio na determinação do volume das amostras pelo método da balança hidrostática. A massa das amostras foi determinada em uma balança de precisão de 0,01g. Os teores de umidade das amostras foram determinados utilizando estufa de laboratório com ventilação e uma balança de precisão de 0,01g.

Caracterização dos adesivos

Os adesivos utilizados foram à base da resina sintética, à base de resorcinol-formol (Resorcina formaldeído) conhecido como Cascophen RS216M; o acetato de polivinila (PVAc), conhecido como Cascorez 2590; e o acetato de polivinila (PVAc), conhecido como Wonderbond WB-25. Os adesivos utilizados usavam 5% de catalisador. Cada adesivo constituiu um tratamento, sendo idealizado um delineamento estatístico inteiramente casualizado, constando de três tratamentos com 50 repetições. Os resultados obtidos, para as propriedades físico-químicas dos adesivos utilizados, encontram-se na Tabela 2.

TABELA 1: Características gerais dos estratos estudados.

TABLE 1: General characteristics of the studied strata.

	Estratos		
	E1	E2	E3
Época de plantio	03/1999	03/1991	06/1999
Condução de plantio	Talhadia	Reforma	Reforma
Espaçamento (m)	3,0 x 3,0	3,0 x 3,0	6,0 x 2,5
Capina química (unidade)	04	07	01
Roçada manual (unidade)	04	04	04
Idade de corte (meses)	70	166	70
Desbaste (meses)	30	117 e 153	42
Nº de cepas (a partir de nove meses)	01	01	01
Volume de madeira/ha (m ³)	169,01	364,07	119,27
Densidade na época do corte (árv./ha)	150	325	150
Nº de árvores abatidas	5	5	5

TABELA 2: Valores médios das propriedades físico-químicas dos adesivos utilizados.

TABLE 2: Average values of physicochemical properties of the used adhesives.

Propriedades*	Adesivos		
	Resorcina Formaldeído (Cascophen RS216M)	PVAc (Cascorez 2590)	PVAc (Wonderbond WB-25)
pH a 25°C	7,3	4,5	2,6
Viscosidade (cPs)	750	4300	4000
Teor de sólidos (%)	55	52	55

Em que: *Informações técnicas contidas nos catálogos dos produtos.

Ensaio e análise dos resultados

Os ensaios de adesão seguiram as normas da *American Society for Testing and Materials*, ASTM D905 (2008). Foram aplicados 300 g.m⁻² de adesivo e espalhados com pincel sobre a superfície das amostras de madeira, nas dimensões de 300 x 65 x 20 mm. As juntas foram imediatamente fechadas e, assim, permaneceram por cerca de 20 minutos, sendo, então, prensadas a frio, a 12 kgf.cm⁻² durante 6 horas, utilizando uma máquina universal de ensaios, de marca EMIC, modelo DL 10000, totalmente automatizada, que contém um *script* que permite a constância do tempo de prensagem na máquina.

No período de cura do adesivo foram confeccionados corpos de prova, de acordo com a norma da ASTM D905 (2008), que foram ensaiados ao cisalhamento por compressão na linha de colagem utilizando a máquina universal de ensaios, citada anteriormente. Pouco antes de receber o adesivo, as superfícies foram aplainadas e devidamente limpas com a finalidade de apresentar as faces ativadas para a aplicação dos adesivos.

Os resultados dos ensaios foram interpretados com o auxílio de análise de variância, utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), comparando as médias pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

O desempenho dos tratamentos

estabelecidos foi julgado tanto pela análise da resistência média apresentada, bem como pelo percentual de falha da madeira ocorridas nas juntas, seguindo a norma da ASTM D-3110 (1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades físicas

A Tabela 3 ilustra as características físicas avaliadas para a colagem das juntas de madeira do híbrido clonal.

Apesar de não significativo, os valores de teores de equilíbrio higroscópico tiveram pouca variação entre os estratos de madeira, fator que é muito importante entre os componentes a serem colados, uma vez que, com variações de umidade muito elevadas, poderá haver um comprometimento da qualidade de colagem. A adesão específica é o resultado da ação de forças intermoleculares de naturezas primária e secundária, cujo efeito se manifesta nas regiões interfaciais da madeira (FOURCHE, 1995). A faixa de umidade encontrada é considerada satisfatória para uma boa operação de colagem, já que o coeficiente de variação encontrado foi muito baixo.

Observando ainda a Tabela 3, nota-se que o valor médio para densidade do estrato E2, se mostrou superior em relação aos demais estratos, o que já era esperado, tendo em vista a maior idade

TABELA 3: Características físicas avaliadas para madeira do híbrido clonal em diferentes condições de manejo.

TABLE 3: Physical characteristics to hybrid clonal wood in different management conditions.

Estrato	Equilíbrio higroscópico (%)	Densidade aparente (g.cm ⁻³) ¹	Densidade anidra (g.cm ⁻³)
1	13,49 (3,79)* ns	0,62 (8,83) b**	0,58 (9,13) b
2	13,68 (2,98) ns	0,71 (20,96) a	0,68 (22,03) a
3	13,77 (1,76) ns	0,63 (5,86) b	0,60 (6,22) b

Em que: *Valor entre parêntese refere-se ao coeficiente de variação (%); **Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey; ¹No teor de equilíbrio higroscópico.

das árvores. Também nesta linha de pesquisa, Gonçalves (2006), explica que a origem do material genético, a idade e a diferenciação no manejo do povoamento influenciam no comportamento da densidade da madeira. A variação da densidade mostrou-se muito próxima entre os estratos, apesar das práticas silviculturais serem diferentes entre si e poderem alterar a qualidade da madeira, influenciando diretamente em sua densidade.

A influência da idade é um fator de extrema importância, pois contribui para formação de madeira adulta, permitindo assim um maior espessamento das paredes celulares. Gonçalves (2006) cita que florestas cultivadas, conduzidas através de talhadia simples e com um desbaste sistemático de alta intensidade, podem contribuir para a redução da densidade da madeira, devido à redução drástica da competição entre plantas.

Ensaio mecânico

Antes da realização dos ensaios de adesão propriamente ditos, foi realizada a caracterização

da madeira quanto à resistência ao cisalhamento. Informação esta, essencial, uma vez que uma boa operação de colagem é aquela que proporciona a máxima recuperação da resistência da madeira na linha de cola, daí a importância de seu conhecimento. Os valores médios da resistência ao cisalhamento da madeira do híbrido clonal utilizada estão apresentados na Tabela 4.

Verifica-se na Tabela 4 que, apesar do esperado aumento da resistência ao cisalhamento nas árvores de maior idade, não houve diferença estatística ao nível de 5% de significância. É importante destacar que, além dos resultados apresentarem uma tendência relativamente normal em função de sua densidade e sua idade, nota-se que o coeficiente de variação se mostrou baixo apenas para o terceiro estrato, proveniente de reforma.

A Tabela 5 apresenta resumidamente a análise de variância para os dados, em função dos efeitos dos adesivos sobre o cisalhamento na linha de cola, em juntas coladas da madeira de eucalipto.

TABELA 4: Valores médios da resistência ao cisalhamento paralelo na madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* oriunda de diferentes condições de manejo.

TABLE 4: Parallel shear resistance in the *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* wood originating from of different management conditions.

Estrato	Resistência ao cisalhamento (kgf.cm ⁻²)
1	117,53 (27,33)* ns
2	130,15 (17,34) ns
3	118,50 (11,97) ns

Em que: *Valor entre parêntese refere-se ao coeficiente de variação (%); ^{ns} não significativo, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

TABELA 5: Análise de variância dos efeitos dos adesivos estudados para verificação da resistência ao cisalhamento em juntas coladas e porcentagem de falha na madeira de eucalipto.

TABLE 5: Variation analysis of the adhesive treatments for verification of shear strength and failure percentage of eucalypt wood.

Estrato	FV	GL	SQ	Cisalhamento	
				Fc	Sxy (%)
1	Resina resorcínica	2	12212,84	10,28*	20,29
2	Acetato de polivinila		27095,93	19,39*	20,72
3	Wonderbond		13718,87	15,71*	18,52
Falha na madeira					
1	Resina resorcínica;	2	284,77	3,06*	7,07
2	Acetato de polivinila;		133,31	0,37 ns	15,21
3	Wonderbond.		588,76	4,91*	8,15

Em que: ^{ns}não significativo a 5% de significância pelo teste F. *significativo a 5% pelo teste F.

O F tabelado equivale a 3,0, que é menor que a razão entre as variâncias apresentadas na Tabela 5, portanto, as variâncias dos valores nos tratamentos de adesão das amostras são significativas ($p < 0,05$) entre si, com exceção para a falha da madeira.

A Tabela 6 apresenta os valores médios da resistência ao cisalhamento da linha de cola com os três tipos de adesivos utilizados e a porcentagem de falha na madeira observada nas juntas produzidas.

Observou-se que a resistência ao cisalhamento e a porcentagem de falha na madeira foram influenciados pela composição das juntas e pelo tipo de adesivo. Uma avaliação interessante seria analisar a resistência entre os estratos, no entanto, tendo em vista que o material disponibilizado para o estudo não possui uma adequada padronização, tal procedimento não foi possível. Para o adesivo Wonderbond, as juntas coladas com madeira do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* apresentaram valores médios de resistência superiores aos encontrados nos corpos de prova produzidos com madeiras sólidas. Esses resultados são coerentes com o estudo de três espécies de *Eucalyptus*, encontrados por Della Lucia e Vital (1981).

Analisando o adesivo à base de resina resorcínica e o acetato de polivinila (PVAc), nota-se que as juntas não tiveram um desempenho satisfatório em relação à resistência ao cisalhamento na linha de cola, devido aos valores médios apresentarem-se, em alguns casos, inferiores, quando comparados com a resistência ao cisalhamento paralelo na madeira sólida, fato este que pode ser explicado pela grande variedade de madeira dentro de cada estrato e a forma de manejo. A redução na resistência da linha de cola pode ser decorrente da maior umidade de equilíbrio higroscópico, podendo ainda, ser um indício de que as variações dimensionais provocadas pelas alterações na umidade de equilíbrio geraram tensões que foram suficientes para produzir essa redução, conforme mencionado por Vital et al. (2005).

Observando ainda a Tabela 6, nota-se uma menor resistência ao cisalhamento quando utilizado o adesivo à base de resina resorcínica no estrato dois (E2). Esse fato pode ser explicado pela dificuldade de penetração do adesivo, uma vez que este estrato apresentava árvores de densidade mais elevada (Tabela 3), promovendo uma boa adesão em madeiras de menores densidades, conforme mencionado por Plaster et al. (2008), Marra

TABELA 6: Valores médios da resistência ao cisalhamento da linha de cola (kgf.cm^{-2}) e porcentagem de falha (%), de acordo com os adesivos utilizados em madeira do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* em três condições de manejo.

TABLE 6: Average of glue line shear resistance (kgf.cm^{-2}) and the percentage of wood failure in accordance with the adhesives used hybrid clone wood of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* in three management conditions.

Estrato		Adesivos		
		Resorcina Formaldeído (Cascophen RS216M)	PVAc (Cascorez 2590)	PVAc (Wonderbond WB-25)
1	Cisalhamento	120,76 a** (19,99)*	108,86 b (24,25)	130,94 a (17,13)
	Falhas	94,26 b (8,38)	95,95 ab (7,20)	97,64 a (5,54)
2	Cisalhamento	110,16 c (29,17)	129,38 b (14,46)	143,44 a (18,72)
	Falhas	87,84 a (10,44)	88,48 a (15,32)	90,12 a (18,62)
3	Cisalhamento	111,18 b (21,49)	101,90 b (15,28)	125,18 a (18,10)
	Falhas	97,39 a (4,10)	92,45 b (9,80)	95,51 ab (9,14)

Em que: *Valor entre parênteses refere-se ao coeficiente de variação (%); **Letras iguais na linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

(1992) e Tsoumis (1991). Para as demais resinas houve diferença significativa para resistência ao cisalhamento e falha na madeira.

Outro fator que pode explicar esta redução é quanto ao tipo de material utilizado, ou seja, a madeira do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*. Um híbrido desenvolvido com o intuito de obtenção de madeira para produção de celulose, o qual possui uma proporção de lignina abaixo do normal para favorecer a sua polpação, uma vez que a lignina confere dureza e resistência, sendo considerada um material cimentante para as células que compõem a estrutura da madeira.

De modo geral, os valores encontrados no presente estudo foram inferiores aos esperados. A resistência da linha de cola ao cisalhamento paralelo à grã é superior à resistência da madeira para a maioria dos adesivos, onde há uma porcentagem de falha superior a 75%. No entanto, a porcentagem de falhas encontrada está compatível com aquelas constatadas por Nascimento et al. (2001), para madeira de *Eucalyptus* e *Pinus*.

A porcentagem de falha na madeira indicou que, nos três estratos de madeira utilizados, houve uma excelente colagem, apesar das diferenças na resistência ao cisalhamento encontradas para os diferentes adesivos utilizados. O percentual de falha na madeira é um importante parâmetro na análise dos testes de adesão. Valores elevados para esta característica são indicativos de boa qualidade na adesão, pois mostram elevada coesão do adesivo e a resistência da interface adesivo/madeira, pois são iguais, ou mais elevadas, que a resistência da própria madeira.

CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi realizado, as seguintes conclusões podem ser obtidas:

- Apesar de haver diferenças na densidade, as formas de manejo não influenciaram, estatisticamente, a resistência ao cisalhamento na madeira dos três estratos;

- Houve diferença estatística relativa à resistência ao cisalhamento na linha de cola entre os adesivos, com desempenho superior do adesivo Wonderbond para os estratos dois e três;

- Apesar de algumas diferenças estatísticas entre o adesivo, com referência ao percentual de falha na madeira, pode-se considerar estes percentuais elevados e superiores aos 85% preconizados para utilização estrutural de madeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, C. P. **Efeito da redução da área colada no comportamento de vigas e colunas de madeira laminada de *Eucalyptus grandis***. 1999. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

ALMEIDA, R. R. **Potencial da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e manufatura de painéis compensados**. 2002. 80 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais)–Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standart specification for adhesives used in nonstructural glued lumber products**. ASTM D-3110. Annual book of ASTM Standarts, 1994.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standart test method for strenght properties of adhesive bonds in shear by compression loading**. ASTM D905-08, 2008. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio físicos e mecânicos da madeira – MB 26/40**. Rio de Janeiro, ABNT, 1940. 16 p.

BITTENCOURT, R. M., DOMICIANO, L. C. Eucalipto aplicado na construção civil: processo de beneficiamento. SC. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC-LEE, 1998. v.3, p. 361-372.

BOHN, A. R. **Influência da espessura das lâminas de cola na madeira laminada colada**. 1995. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

BOHN, A. R.; SZÜCS, C. A. Influência da espessura dos anéis de crescimento no comportamento mecânico dos elementos de madeira laminada colada. MG. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 5., 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: EEUFMG; CEFET; IBRAMEM, 1995. v. 1. p. 579-586.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: An introduction**. 4th ed., 2003, 554 p.

DELLA LUCIA, R. M.; VITAL, B. R. Avaliação da qualidade de juntas coladas de Madeira de três

- espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 5, n. 2, p. 172-180, 1981.
- FOURCHE, G. An overview of the basic aspects of polymer adhesion. Part I. Fundamentals. **Polymer Engineering and Science**, v. 35, n. 12, p. 957-967, 1995.
- GONÇALVES, F. G. **Avaliação da qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* para produtos sólidos**. 2006. 167 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)–Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.
- LIMA, M. F. Para vencer grandes vãos. **Revista de Tecnologia da Construção – Técnica**, São Paulo, v. 2, n. 11, p.15-17, 1994.
- MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 454 p.
- NASCIMENTO, A. M.; DELLA LUCCIA, R. M.; VITAL, B. R. Colagem de emendas biseladas em madeiras de *Pinus* spp. e *Eucalyptus citriodora*. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 8, p. 44-51, 2001.
- PETRAUSKI, S. M. F. C. **Desenvolvimento e teste de pórticos treliçados feitos de laminado colado com madeiras de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis***. 1999. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- PINCELLI, A. L. P. S. M. **Efeito da termorreificação no envernizamento, colagem e cor da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis***. 1999. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira)–Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.
- PLASTER, O. B. et al. Comportamento de juntas coladas da madeira serrada de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 251-258, 2008.
- SERPA, P. N. et al. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 723-733, 2003.
- TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494 p.
- VITAL, B. R. et al. Efeito de ciclos de umidade relativa e temperatura do ar na resistência de juntas coladas com lâminas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Eucalyptus saligna* Smith e chapas de fibra de densidade média (MDF). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 801-807, 2005.