



CERNE

ISSN: 0104-7760

cerne@dcf.ufla.br

Universidade Federal de Lavras

Brasil

da Silva César, Antônia Amanda; Marin Mendes, Lourival; Bufalino, Lina; de Paula Protásio, Thiago;  
Guimarães Junior, José Benedito; Akira Mori, Fábio; de Almeida Mesquita, Ricardo Gabriel  
ANÁLISE DA QUALIDADE DO ENCOLAMENTO DE PARTÍCULAS DE PAINÉIS OSB EM

CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

CERNE, vol. 20, núm. 4, 2014, pp. 501-508

Universidade Federal de Lavras

Lavras, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74432626001>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Antônia Amanda da Silva César<sup>1</sup>, Lourival Marin Mendes<sup>1</sup>, Lina Bufalino<sup>2</sup>, Thiago de Paula Protásio<sup>3</sup>, José Benedito Guimarães Junior<sup>3</sup>, Fábio Akira Mori<sup>1</sup>, Ricardo Gabriel de Almeida Mesquita<sup>1</sup>

## ANÁLISE DA QUALIDADE DO ENCOLAMENTO DE PARTÍCULAS DE PAINÉIS OSB EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

Palavras chave:  
Gramatura  
Tração perpendicular  
Adesivo  
Colagem

Histórico:  
Recebido 06/07/2011  
Aceito 13/01/2014

**RESUMO:** Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a qualidade do encolamento de partículas “strand” e a influência desse processo na qualidade final da colagem em painéis OSB. Realizou-se a mensuração das dimensões e determinação da massa de 658 partículas antes e após o processo de encolamento. As variáveis gramatura ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e a quantidade efetiva de adesivo aplicado (%) foram avaliadas. Aplicaram-se os teores de 6, 9 e 12 % de adesivo fenol-formaldeído em partículas de *Pinus oocarpa* e *Eucalyptus grandis*. Foi realizado o teste de tração perpendicular nos painéis produzidos. O processo de encolamento de partículas “strand” em laboratório é heterogêneo, o que dificultou analisar a influência das variáveis de processamento sobre a quantidade efetiva de adesivo aplicado e gramatura. Foi verificado que painéis OSB produzidos com a espécie *Pinus oocarpa* apresentaram menor gramatura de partículas em relação aos painéis de *Eucalyptus grandis*. Esse resultado foi atribuído a menor densidade básica da madeira de *Pinus oocarpa*. Observou-se que maiores gramaturas na partícula estão, positivamente, relacionadas com a resistência à tração perpendicular.

## ANALYSIS OF THE GLUING QUALITY OF PARTICLES FROM OSB PANELS IN LABORATORIAL CONDITIONS

Keywords:  
Glue amount  
Parallel tension  
Adhesive  
Gluing

Correspondência:  
amanda\_ufla@hotmail.com

**ABSTRACT:** This work aimed to evaluate the quality of strand particles gluing and its influence on the final bonding quality in OSB panels. The measurement of the dimensions and determination of the mass of 658 particles were made before and after the gluing process. The variables glue amount ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) and effective amount of adhesive applied (%) were evaluated. Phenol-formaldehyde adhesive was applied at 6, 9 and 12% contents in *Pinus oocarpa* and *Eucalyptus grandis* particles. Perpendicular tension strength test was conducted in the panels produced. The gluing process in laboratorial conditions is heterogeneous, which hinders the analysis of the influence of the processing variables on the effective amount of adhesive applied and glue amount. It was verified that OSB panels made from *Pinus oocarpa* species presented lower glue amount per particle in relation to *Eucalyptus grandis* species. This result was attributed to the lower basic density of *Pinus oocarpa* wood. Increases in glue amount of particles are related to increases in perpendicular tension strength.

DOI:

10.1590/01047760201420041281

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras - Lavras, Minas Gerais, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Amapá - Macapá, Amapá, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal de Goiás - Jataí, Goiás, Brasil

## INTRODUÇÃO

Os adesivos para madeira têm desempenhado um papel importante no desenvolvimento e crescimento da indústria de produtos florestais e têm sido um fator chave na eficiência da utilização de produtos madeireiros. A colagem é uma etapa fundamental para o melhor aproveitamento do material madeira, tanto no setor moveleiro quanto na construção civil (FRIHART, 2011; LIMA et al., 2008; SANTOS; DEL MENEZZI, 2010). No entanto, os trabalhos existentes na literatura tratam da avaliação da interação entre madeira e adesivo para compensados pela variação da gramatura (ALBINO et al., 2011; ALMEIDA et al., 2004), sendo que há uma escassez de estudos dessa natureza para painéis particulados (KHOSRAVI et al., 2011).

É importante enfatizar que o adesivo é o componente de painéis aglomerados de custo mais elevado, devendo, portanto, ser utilizado na menor quantidade possível, desde que não prejudique as propriedades físicas e mecânicas dos painéis (FRIHART, 2011). Nesse sentido, a otimização do adesivo, ou seja, sua aplicação eficiente, homogênea e no menor teor possível, é de suma importância para a produção de painéis. Para que isso possa se concretizar, é necessário conhecer as propriedades das partículas e saber a quantidade de adesivo que, efetivamente, é aplicado no painel e o quanto desse adesivo está inserido em média por partícula.

As teorias atualmente relacionadas à adesão levam em consideração quase que exclusivamente os painéis laminados, sendo que possíveis extrapolações para os demais painéis levam a imprecisões, em razão das diferenças de processo desses produtos. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade do encolamento de partículas “strand” e a influência desse processo na qualidade final da colagem em painéis OSB.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Preparo do material

As toras da madeira de *Pinus oocarpa* (25 anos) e *Eucalyptus grandis* (15 anos), procedentes do plantio experimental da Universidade Federal de Lavras, foram desdobradas para a obtenção dos pranchões centrais. Em seguida, foram retiradas tábuas das quais foram gerados cavacos de dimensões 90 x 200 x 30 mm em serra circular. Os cavacos foram submersos em água para total saturação com o intuito de facilitar o corte para posterior obtenção de partículas “strand” de dimensões nominais 90 x 30 x 0,7 mm, por meio de um picador de discos.

As partículas foram secas até aproximadamente 3% de umidade em estufa de circulação de ar forçada, com base na massa seca, e classificadas para a retirada de finos com uma peneira de abertura 0,6 mm. O material foi armazenado em sacos plásticos lacrados para que a umidade fosse mantida até o momento do encolamento.

A densidade básica das madeiras foi determinada de acordo com os procedimentos descritos pela norma NBR 11941 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003).

### Variáveis de encolamento

O adesivo utilizado foi o fenol-formaldeído com teor de sólidos de 52,5%, gel time de 343,33 segundos, pH de 12,9 e viscosidade de 750 cP, sendo adicionado na massa do painel nas porcentagens de 6, 9 e 12%, com base na massa seca das partículas. O adesivo foi aplicado em uma encoladeira do tipo tambor giratório equipada com pistola de aspersão de microgotículas de adesivo nas partículas, por meio de ar comprimido.

Foram retiradas, aleatoriamente, de cada massa total encolada por painel, 30 partículas, sendo um total de 960 partículas selecionadas, correspondentes aos 32 painéis produzidos neste trabalho. As partículas foram marcadas, numeradas e tiveram suas massas iniciais aferidas por meio de balança com precisão de 0,00001 g.

As dimensões largura e comprimento foram medidas com uma régua milimétrica. Após o encolamento, as partículas foram novamente pesadas. As partículas que quebraram durante o encolamento foram descartadas das análises. Dessa forma, o número real de partículas avaliadas foi de 658.

Para a avaliação do encolamento, foram calculadas duas variáveis: quantidade efetiva de adesivo aplicado (equação 1) e gramatura de partícula (equação 2), sendo QEA a quantidade efetiva de adesivo aplicado por partícula (%); Gr a gramatura ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ); mf a massa final (g); mi a massa inicial (g); A a área da partículas ( $\text{m}^2$ ).

$$QEA = \left( \frac{mf - mi}{mi} \right) \cdot 100 \quad [1]$$

$$Gr = \left( \frac{mf - mi}{A} \right) \quad [2]$$

Após o encolamento, foi verificado uma grande heterogeneidade de aplicação do adesivo e, portanto, procedeu-se com uma divisão das partículas em quatro blocos baseada na visualização da quantidade de adesivo recebida nas duas faces. Esse procedimento foi necessário para possibilitar a análise estatística dos

dados. Após a visualização verificou-se que as partículas alocadas em cada bloco possuíam uma correspondência com intervalos de valor de QEA (%), sendo: 0-10%, 10-30%, 30-50% e >50%, incluídas nos blocos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. As variáveis QEA e Gr calculadas foram comparadas com os respectivos valores esperados.

### Produção dos painéis e realização dos testes

Após o encolamento, as partículas foram distribuídas no colchão em três camadas perpendiculares entre si nas proporções de 25, 50 e 25% em relação à massa total do painel para face, miolo e face, respectivamente. As partículas utilizadas na análise das variáveis QEA e Gr, não foram incluídas na formação do colchão. Para o cálculo da massa de todos os componentes do painel, foi acrescentada uma perda de 7%, já prevendo a retirada das partículas marcadas e demais perdas no processo laboratorial.

Para a formação do colchão, foi utilizada uma caixa formadora com dimensões de 500 x 500 mm. O colchão foi, então, pré-prensado até 0,78 MPa em uma prensa manual. O processo de prensagem foi feito em uma prensa hidráulica automática com controle de temperatura e pressão, sendo que as variáveis do ciclo foram: temperatura de 150 °C, pressão de 3,92 MPa por um período de 8 minutos. Todos os painéis foram produzidos com densidade aparente nominal de 0,700 g·cm<sup>-3</sup> com o intuito de produzir um painel de média densidade, e espessura nominal de 15 mm.

Foram utilizados três teores de adesivo fenol-formaldeído e duas espécies. Para cada combinação, foram produzidos 4 painéis. Os seguintes parâmetros de produção foram considerados para garantir a densidade aparente do painel: 100% de madeira; 6, 9 ou 12% de adesivo, aplicado com base no seu teor de sólidos; 12% de umidade de equilíbrio; e 3% de umidade da madeira. O volume fixo dos painéis de 3750 cm<sup>3</sup> permite calcular a massa total do painel de 2625 g, a qual é proporcionalizada em relação aos percentuais dos componentes dos painéis.

Os corpos de prova foram acondicionados em sala de climatização com condições de umidade e temperatura controladas (20±2 °C e 65±3% de UR) até massa constante. Os testes de tração perpendicular e densidade aparente foram realizados segundo os procedimentos da norma ASTM D 1037 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM, 2006). A razão de compactação varia de acordo com a espécie de madeira e foi determinada dividindo-se a densidade aparente determinada do painel pela densidade básica

da madeira. Considerando-se os valores de densidade básica das madeiras e a densidade estipulada do painel, para painéis de *Pinus oocarpa* a razão de compactação esperada é de 1,5 e para *Eucalyptus grandis* de 1,4.

### Análise estatística

Histogramas de frequência foram apresentados com o objetivo de avaliar a distribuição das partículas para as variáveis QEA e Gr.

Na avaliação da QEA e da Gr dos painéis considerou-se um delineamento em blocos casualizados, correspondentes às classes de partículas observadas após o encolamento (ver item 2.2), disposto em esquema fatorial 2 x 3, ou seja, duas espécies (*Pinus oocarpa* e *Eucalyptus grandis*) e três teores de adesivo (6, 9 e 12%). Já, para a avaliação da tração perpendicular, densidade aparente e razão de compactação dos painéis, considerou-se um delineamento inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial 2 x 3, considerando-se os fatores espécie e teor de adesivo.

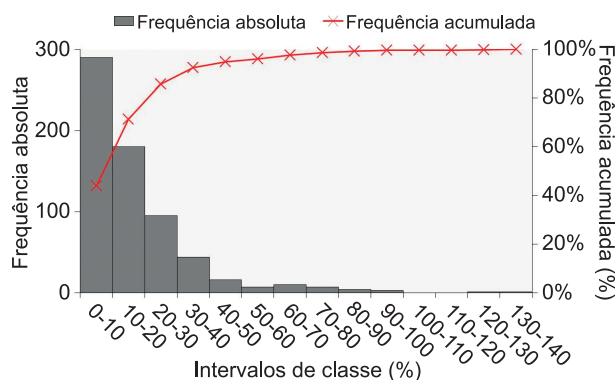
Foram realizados testes de homogeneidade de variância (teste de Bartlett) e de normalidade residual (teste de Shapiro-Wilk) ambos ao nível de 5% de significância para todas as análises de variância efetuadas, visando à verificação dos pressupostos das análises de variância. Todas as variáveis apresentaram homogeneidade de variância e normalidade residual.

Foi realizada a correlação linear de Pearson entre as variáveis QEA e Gr e a tração perpendicular. Utilizou-se o teste t a 5% de significância para verificar se o coeficiente de correlação é igual a 0 e, consequentemente, avaliar a existência de uma relação linear entre as variáveis.

Todas as análises estatísticas foram feitas no software R versão 3.0.1 (R CORE TEAM, 2013).

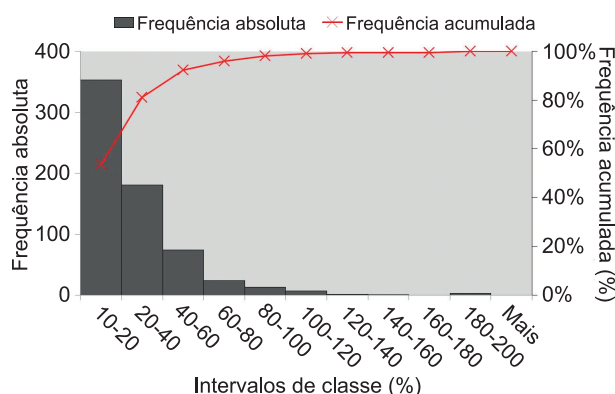
### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados incluindo todos os tratamentos (espécies e teores de adesivo) das 658 partículas avaliadas foram utilizados na geração de histogramas de frequência para as variáveis QEA e Gr (Figuras 1 e 2). Para ambas as variáveis, foram observadas maiores ocorrências de partículas nas primeiras classes. No entanto, as classes de maior valor indicam que, ocasionalmente, o adesivo pode se acumular em algumas partículas, prejudicando sua destruição homogênea e adequada. O mesmo fenômeno já foi observado na literatura para aplicação de adesivo por aspersão de microgotículas em painéis de partículas (EVANS et al., 2010).



**FIGURA 1** Histograma de frequência de partículas em diferentes classes de quantidade efetiva de adesivo aplicada.

**FIGURE 1** Frequency histogram of the particle in different classes of effective amount of adhesive applied.



**FIGURA 2** Histograma de frequência de partículas em diferentes classes de Gr.

**FIGURE 2** Frequency histogram of the particle in different classes of glue amount.

O método de aplicação e distribuição do adesivo são alguns dos fatores importantes para a qualidade da colagem. Quanto mais homogênea a distribuição dos adesivos, menor o teor de adesivo que poderá ser utilizado sem ocasionar perdas expressivas na qualidade dos painéis (EVANS et al., 2010; FRIHART; HUNT, 2010). Adicionalmente, uma colagem mais uniforme resultaria em desempenho homogêneo de resistência mecânica ao longo do painel (XING et al., 2004). Foi verificado em outro estudo com painéis de laboratório que a propriedade que mais varia em um mesmo painel é a tração perpendicular, que é a propriedade mais relacionada com a colagem (GUIMARÃES JÚNIOR, 2010).

Os resumos das análises de variância do delineamento experimental considerado para as variáveis QEA e Gr e seus respectivos valores estimados, médios e para cada bloco estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Observa-se que o efeito de bloco foi significativo, o que demonstra a relevância desse controle. Não houve dependência entre os fatores espécie e teor de adesivo para as variáveis consideradas. Dessa forma, os fatores foram avaliados isoladamente.

Para a variável QEA não houve diferença estatística significativa entre as espécies. Esse resultado atende às expectativas prévias, como pode ser visualizado nos valores estimados da Tabela 2, ao comparar as duas espécies. Esse resultado se deve a uma relação constante de massas para as duas espécies quando QEA é calculado.

**TABELA 1** Resumos das análises de variância para as variáveis de encolamento.

**TABLE 1** Summary of the analysis of variance for the gluing variables.

Fator de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	
		QEA (%)	Gr (g·m <sup>-2</sup> )
Bloco	3	17669,0*	33064,3*
Espécie	1	93,0 <sup>ns</sup>	1021,0*
Teor de Adesivo	2	124,5 <sup>ns</sup>	341,0 <sup>ns</sup>
Espécie*teor de adesivo	2	28,5 <sup>ns</sup>	45,0 <sup>ns</sup>
Erro	75	92,9 <sup>ns</sup>	191,7 <sup>ns</sup>
Coefficiente de variação (%)		31,68	31,27

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste de F a 5%; \*: significativo pelo teste de F a 5%.

**TABELA 2** Valores médios de QEA (%) e Gr (g·m<sup>-2</sup>) observados e estimados.

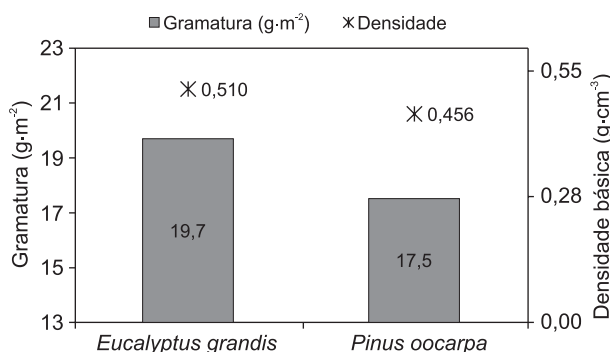
**TABLE 2** Observed and estimated mean values of QEA (%) and Gr (g·m<sup>-2</sup>).

Especificação	Gr (g·m <sup>-2</sup> )			QEA (%)		
	6%	9%	12%	6%	9%	12%
<i>Eucalyptus grandis</i>						
Estimado	42,44	63,66	84,85	11,54	17,31	23,07
Observado_média	54,96	46,86	45,89	35,08	30,46	28,08
Observado_bloco1	7,29	9,27	8,35	4,18	5,09	4,72
Observado_bloco2	29,37	30,54	33,61	17,46	18,50	19,95
Observado_bloco3	60,18	58,81	59,75	36,51	37,56	37,85
Observado_bloco4	149,13	102,79	117,83	98,81	70,75	71,49
<i>Pinus oocarpa</i>						
Estimado	39,36	59,04	78,69	11,54	17,31	23,07
Observado_média	38,70	42,57	36,56	28,39	32,76	27,38
Observado_bloco1	7,95	8,97	9,69	5,14	6,16	6,47
Observado_bloco2	26,86	26,26	25,51	19,34	18,82	18,29
Observado_bloco3	66,02	50,09	48,72	41,67	36,43	37,01
Observado_bloco4	82,90	84,95	94,16	73,02	69,62	72,93

Não ocorreu efeito significativo dos diferentes teores de adesivo para a variável QEA. Um aumento no teor de adesivo resulta em maior massa total de adesivo aplicado. Dessa forma, cada partícula deveria receber mais adesivo, resultando em maiores valores de QEA, conforme observado para os valores estimados.

No entanto, os blocos 1 e 2, principalmente o bloco 2, que incluem as classes de maior ocorrência no histograma, apresentam maior proximidade com os valores esperados, enquanto que os “outliers” dos blocos 3 e 4 podem ter afetado essa análise. Esse resultado é atribuído à heterogeneidade do encolamento laboratorial que ocasiona a aplicação de quantidades variadas de adesivo por partícula (Figuras 1 e 2).

Foi observada diferença estatística significativa entre as madeiras das espécies para a variável Gr, conforme indicação dos valores estimados. Os valores médios dessa propriedade estão apresentados juntamente com a densidade básica das respectivas madeiras na Figura 3. A madeira de *Pinus oocarpa* apresentou menor valor de densidade básica em relação à madeira de *Eucalyptus grandis*. Logo, para uma mesma quantidade de massa de partículas de ambas as espécies, o *Pinus oocarpa* contém maior volume e área superficial de partículas, o que resultou em menor Gr.



**FIGURA 3** Valores médios das variáveis Gr e densidade básica.  
**FIGURE 3** Mean values of the variables glue amount and basic density.

O efeito dos diferentes teores de adesivo não foi significativo para a Gr, o que contrasta com os valores estimados. Para uma madeira de mesma densidade, ou seja, as espécies avaliadas no trabalho, a QEA afeta diretamente a Gr. QEA relaciona massa de adesivo com massa de madeira, para a qual não foi encontrada diferença significativa com variação do teor de adesivo. Dessa forma, fixando a área superficial de madeira, também não serão detectadas diferenças entre as gramaturas.

A quantidade de adesivo expressa em Gr, normalmente, está relacionada à produção de painéis laminados, enquanto que para particulados a quantidade de adesivo aplicado ao painel é comumente expressa em porcentagem de adesivo em relação à massa seca de partículas. De acordo com Iwakiri (2005), a gramatura usual de adesivo para painéis laminados varia de 195 g·m<sup>-2</sup> a 225 g·m<sup>-2</sup> (linha simples). O limite inferior dessa faixa é, consideravelmente, maior do que as gramaturas encontradas.

Na Tabela 3, estão apresentados os resumos das análises de variância para as variáveis analisadas nos painéis: tração perpendicular, densidade aparente e razão de compactação. Não houve dependência entre os fatores espécie e teor de adesivo, sendo assim, procedeu-se a análise dos efeitos simples.

Para o fator espécie, ocorreu diferença estatística significativa para a razão de compactação. Os valores médios foram de 1,43 e 1,33 para os painéis de *Pinus oocarpa* e *Eucalyptus grandis*, respectivamente. Para os diferentes teores de adesivo, as médias foram de 1,35, 1,45 e 1,35 para 6, 9 e 12%. Os valores de razão de compactação encontram-se dentro da faixa considerada ideal de 1,3 a 1,6 (IWAKIRI, 2005).

Pode-se visualizar que os resultados de densidade aparente obtidos para os painéis não diferem estatisticamente entre si e os valores médios foram de 0,678 e 0,701 g·cm<sup>-3</sup> para *Pinus oocarpa* e *Eucalyptus grandis*, respectivamente. Para o fator adesivo, os

**TABELA 3** Resumos da análise de variância para a variável tração perpendicular.

**TABLE 3** Summary of the analyses of variance for the variable perpendicular tension.

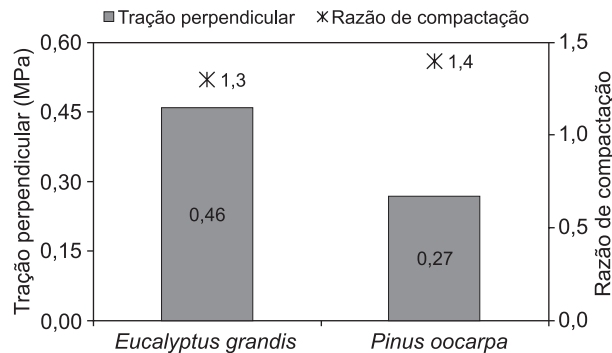
Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado Médio		
		Razão de compactação	Densidade aparente (g·cm <sup>-3</sup> )	Tração perpendicular (MPa)
Espécie	1	0,148837 *	0,000011 <sup>ns</sup>	0,205350 *
Teor de adesivo	2	0,025404 <sup>ns</sup>	0,005539 <sup>ns</sup>	0,131017 *
Espécie*teor de adesivo	2	0,008137 <sup>ns</sup>	0,001530 <sup>ns</sup>	0,003950 <sup>ns</sup>
Erro	18	0,007832 <sup>ns</sup>	0,001735 <sup>ns</sup>	0,002425 <sup>ns</sup>
Coeficiente de variação (%)	-	6,23	6,09	13,25

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste de F a 5%; \*: significativo pelo teste de F a 5%.



valores médios foram de 0,674, 0,711 e 0,684 g·cm<sup>-3</sup> respectivamente. Todas as médias são próximas ao valor pré-determinado de 0,700 g·cm<sup>-3</sup>.

Para o fator espécie, foi observada diferença significativa de tração perpendicular, sendo o maior valor encontrado para painéis de *Eucalyptus grandis* (Figura 4).



**FIGURA 4** Valores médios da variável tração perpendicular e razão de compactação para *Pinus oocarpa* e *Eucalyptus grandis*.

**FIGURE 4** Mean values of the variable perpendicular tension and compaction ratio for *Pinus oocarpa* and *Eucalyptus grandis*.

Esse resultado pode ser parcialmente atribuído à razão de compactação. Se a variável de processamento densidade aparente dos painéis é mantida constante, menores razões de compactação tendem a apresentar maiores valores de tração perpendicular, em razão de uma maior quantidade de adesivo disponível por partícula (BUFALINO et al., 2012; XING et al., 2004).

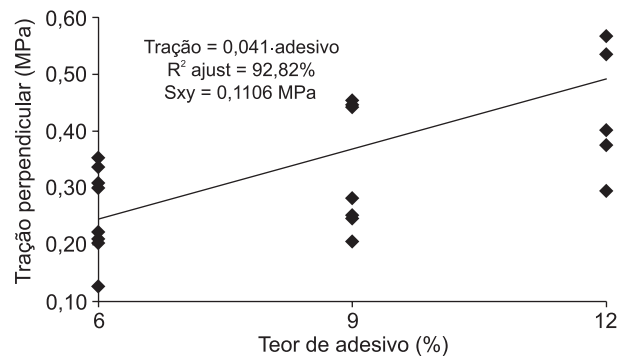
Além da razão de compactação, outros fatores relacionados ao processo de produção laboratorial afetam a tração perpendicular. A maior Gr média verificada para *Eucalyptus grandis* em comparação com o *Pinus oocarpa* foi um dos fatores que influenciou no melhor desempenho ao teste de tração perpendicular do *Eucalyptus grandis*. Foi observado durante a produção dos painéis, o encurvamento das partículas de *Pinus oocarpa* após a secagem em estufa. Partículas “strand” ideais não deveriam apresentar encurvamento, porque esse processo pode afetar a área superficial da partícula que fica disponível para receber o adesivo e, consequentemente, as propriedades de painéis manufaturados em laboratório, especialmente quando produzidos em picador de disco (ISWANTO et al., 2010). Mais estudos relacionados a esse processo são necessários para verificar como as propriedades físicas e anatômicas da madeira influenciam na ocorrência desse problema.

Para a espécie *Eucalyptus grandis* foi verificado mais quebras das partículas no sentido longitudinal, durante

os processos de secagem, classificação e encolamento. Uma redução na largura das partículas ocasiona uma alteração na razão de aspecto (razão entre a altura e a largura) (HUANG; TALREJA, 2005), sendo que, com a redução desse índice, os valores de tração perpendicular tendem a aumentar (ISWANTO et al., 2010).

Na literatura, os valores de tração perpendicular para *Eucalyptus grandis* variam consideravelmente, de 0,26 a 1,06 MPa (CABRAL et al., 2006; IWAKIRI et al., 2004, 2008). Já, para *Pinus* sp., Iwakiri et al. (2008) e Okino et al. (2008) encontraram valores superiores ao desse trabalho, de 0,41 e 0,40 MPa, respectivamente.

Foi observado efeito significativo do fator adesivo sobre a tração perpendicular (Figura 5). Maiores teores de adesivo resultaram em maiores valores dessa propriedade, o que pode ser atribuído ao maior teor de adesivo na superfície das partículas (ISWANTO et al., 2010).

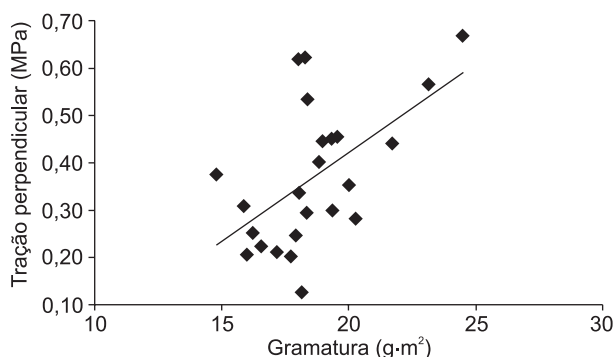


**FIGURA 5** Modelo linear ajustado entre tração perpendicular e teor de adesivo.

**FIGURE 5** Fitted linear model between perpendicular tension and adhesive content.

A correlação linear de Pearson entre QEA e tração perpendicular foi não significativa e igual a 0,06 (p-valor 0,7950), ou seja, pode ser considerada igual a 0 pelo teste t a 5% de significância. Já, entre tração perpendicular e Gr encontrou-se coeficiente de correlação de 0,56, sendo, estatisticamente significativo pelo teste t a 5% (p-valor 0,0046). Na Figura 6, apresenta-se a relação entre essas variáveis para todos os painéis produzidos.

Essa análise foi realizada pelo pareamento dos dados médios de tração perpendicular e Gr de cada painel. Dessa forma, a considerável dispersão dos dados pode ser atribuída ao procedimento utilizado para gerar o valor médio de Gr, no qual todas as classes do histograma foram incluídas. Há uma relação linear positiva entre a Gr das partículas e a resistência à tração perpendicular dos painéis, ou seja, maiores valores de Gr estão relacionados a maiores valores de tração.



**FIGURA 6** Relação entre as variáveis Gr de partícula e tração perpendicular.

**FIGURE 6** Relation between the variables glue amount and perpendicular tension.

## CONCLUSÕES

O processo de encolamento de partículas “strand” em laboratório é heterogêneo, o que dificulta analisar a influência das variáveis de processamento sobre as variáveis QEA e Gr da partícula.

Foi verificado que painéis OSB produzidos com a espécie *Pinus oocarpa* apresentaram menor Gr de partículas em relação aos painéis de *Eucalyptus grandis*, resultado atribuído à diferença de densidade básica entre as espécies.

Não foi encontrada uma relação estatística significativa entre as variáveis QEA e a tração perpendicular dos painéis. No entanto, maiores gramaturas de partícula estão positivamente relacionadas com a resistência à tração perpendicular.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, FAPEMIG e Capes pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- ALBINO, V. C. S.; SÁ, V. A.; BUFALINO, L.; MENDES, L. M.; AMARANTE, N. A. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis compensados de *Toona ciliata* M. Roem. var. *Australis*. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 103-108, jan./mar. 2011.
- ALMEIDA, R. R.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; JANKOWSKY, I. P. Produção de compensados a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 14-24, 2004.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D 1037**: standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. Philadelphia, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.
- BUFALINO, L.; PROTÁSIO, T. P.; CÉSAR, A. A. S.; SÁ, V. A.; MENDES, L. M. Modelagem de propriedades físicas e mecânicas em painéis aglomerados de cedro australiano. **Floresta e Ambiente**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 243-249, 2012.
- CABRAL, C. P. T.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; PIMENTA, A. S.; SOARES, C. P. B.; CARVALHO, A. M. M. L. Propriedades de chapas tipo OSB, fabricadas com partículas acetiladas de madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 659-668, jul./ago. 2006.
- EVANS, P. D.; MORRISON, O.; SENDEN, T. J.; VOLLMER, S.; ROBERTS, R. J.; LIMAYE, A.; ARNS, C. H.; AVERDUNK, H.; LOWE, A.; KNACKSTEDT, M. A. Visualization and numerical analysis of adhesive distribution in particleboard using X-ray micro-computed tomography. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, Oxford, v. 30, p. 754-762, 2010.
- FRIHART, C. R. Wood adhesives: vital for producing most wood products. **Forest Products Journal**, Peachtree Corners, v. 61, n. 1, p. 4-12, 2011.
- FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. Adhesives with wood materials: bond formation and performance. In: \_\_\_\_\_. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2010. p. 10.1-10.24.
- GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. **Variabilidade e amostragem em painéis aglomerados**. 2010. 101 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- HUANG, H.; TALREJA, R. Effects of void geometry on elastic properties of unidirectional fiber reinforced composites. **Composites Science and Technology**, Newark, v. 65, n. 13, p. 1964-1981, 2005.
- ISWANTO, A. H.; FEBRIANTO, F.; WAHYUDI, I.; HWANG, W. J.; LEE, S. H.; KWON, J. H.; KWON, S. M.; KIM, N. H.; KONDO, T. J. Effect of pre-treatment techniques on physical, mechanical and durability properties of oriented strand board made from sentang wood (*Melia excelsa* Jack). **Journal of the Faculty of Agriculture**, Kyushu, v. 55, n. 2, p. 371-377, July 2010.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 254 p.
- IWAKIRI, S.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; PRATA, J. G.; COSTA, A. C. B. Utilização de madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunni* para produção de painéis de partículas orientadas, OSB. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 265-270, mar./abr. 2008.
- IWAKIRI, S.; MENDES, L. M.; SALDANHA, L. K.; SANTOS, J. C. Utilização da madeira de eucalipto na produção de chapas de partículas orientadas, OSB. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 46-52, jan./jun. 2004.



- KHOSRAVI, S.; NORDQVIST, P.; KHABBAZ, F.; JOHANSSON, M. Protein-based adhesives for particleboards effect of application process. **Industrial Crops and Products**, Atlanta, v. 34, n. 3, p. 1509-1515, 2011.
- LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; MORI, C. L. S. O. Colagem da madeira de clones de *Eucalyptus* com três adesivos comerciais wood bonding Eucalyptus clones using three commercial adhesives. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 73-77, mar. 2008.
- OKINO, E. Y. A.; TEIXEIRA, D. E.; SOUZA, M. R.; SANTANA, M. A. E.; SOUZA, M. E. Propriedades de chapas OSB de *Eucalyptus grandis* e de *Cupressus glauca*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 123-131, jun. 2008.
- R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 14 jul. 2013.
- SANTOS, C. M. T.; DEL MENEZZI, C. H. S. Efeito da gramatura sobre a resistência ao cisalhamento da linha de cola de duas madeiras tropicais: seru (*Allantoma lineata*) e marupá (*Simarouba amara*). **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 345-354, 2010.
- XING, C.; RIEDL, B.; CLOUTIER, A. Measurement of urea-formaldehyde resin distribution as a function of MDF fiber size by laser scanning microscopy. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 37, p. 495-507, 2004.