

UTILIZAÇÃO DE ADESIVO PVA EM COMPENSADOS DE *Pinus* sp. E *Eucalyptus* sp.*

C. I. De Campos¹, B. S. Ferreira², G. A. Prates^{1†}, D. Goveia¹, L. V. O. D. Valentina³

¹ UNESP - Univ Estadual Paulista, Campus de Itapeva, SP, Brasil

² UNESP - Univ Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá, SP, Brasil

³ UFSC – Univ Federal de Santa Catarina, UDESC- CCT- Joinville, SC, Brasil

RESUMO

Estudos sobre novos adesivos ou resinas para colagem de madeira e derivados estão sendo realizados com a intenção de diminuir o impacto ambiental sem alterar suas propriedades. Por este motivo, novas formulações de adesivos PVA (Acetato de Polivinila) vêm sendo desenvolvidas. Este trabalho testou a utilização deste adesivo na produção de compensado de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp., com tempo e temperatura de prensagem, respectivamente, de 10 minutos e 90°C. Foram realizados os ensaios físicos de densidade, teor de umidade e absorção, e os ensaios mecânicos de flexão estática e de resistência ao cisalhamento na linha de cola, todos de acordo com as normas ABNT. Obtiveram-se bons resultados com relação à resistência ao cisalhamento na linha de cola, a qual foi superior para os adesivos PVA, se comparados com compensados produzidos com ureia-formaldeído e o fenol-formaldeído, enquanto que os resultados de MOE e MOR apresentaram-se inferiores em ambos os casos.

Palavras-chave: painéis de madeira, adesivos para madeira, propriedades físico-mecânicas

UTILIZATION OF PVA ADHESIVES IN *Pinus* sp. and *Eucalyptus* sp. PLYWOOD

ABSTRACT

Studies on new adhesives or resins for bonding wood and wood products are being made with the intention of reducing the environmental impact without changing their properties, which is why new PVA (Polyvinyl Acetate) adhesive formulations have been developed. This study tested the use of this adhesive in *Eucalyptus* sp. and *Pinus* sp. plywood production with time and temperature of pressing, respectively, 10 minutes and 90°C. The physical tests of density, moisture content and absorption were performed and also the mechanical tests of bending and shear strength in the bondline, all in accordance with relevant standards. There were obtained good results of shear strength in the bondline, which was superior for PVA adhesives compared with plywood produced with urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde, whereas the MOE and MOR results were below in both cases.

Keywords: wood panels, wood adhesives, physical and mechanical properties

*Trabalho apresentado no CBECIMAT – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Joinville-SC- 2012. unesp

†glaucia@itapeva.br

INTRODUÇÃO

O adesivo PVA é um tipo importante de adesivo termoplástico utilizado na colagem de madeira. A linha de cola é formada através de um processo físico no qual ocorre a perda de água para a madeira, utilizando-se pressão apropriada, e a cura efetiva-se quando ocorre a perda total da água. Os parâmetros que influenciam o tempo de secagem do adesivo (tempo de cura) são a sua formulação, o tipo de superfície da madeira, o comportamento de absorção da madeira, o teor de umidade da madeira, quantidade de adesivo aplicada, temperatura e umidade relativa do ar ambiente e a temperatura do adesivo e da superfície da madeira (DUNKY, 2003)

Por serem à base de água, as resinas PVA apresentam vantagens como a facilidade e segurança no manuseio, são inodoro e não-inflamáveis, possuem baixo custo se comparadas a outras resinas comerciais, possuem secagem rápida sob condições adequadas, são de fácil limpeza

MATERIAIS E MÉTODOS

As lâminas de ambas as madeiras utilizadas para a produção dos painéis foram doadas por uma empresa de produção de compensados situada na cidade de Sengés no estado do Paraná, com espessura de 1,8mm e em tamanho comercial, mas devido à limitação dos pratos da prensa a ser utilizada tiveram que ser esquadrejadas na dimensão de 500x500mm. Este Esquadrejamento foi realizado de forma que fossem obtidas 15 lâminas com a menor quantidade de defeitos possível, para a produção de três painéis de compensado com cinco lâminas tanto para o Pinus quanto para o Eucalipto, resultando num total de seis painéis produzidos com dimensões de 500x500x9mm.

O adesivo PVA utilizado possui viscosidade entre 2000 e 3000 cP, teor de sólidos de 55% a 65% e pH de 2,9 a 3,5,

e possuem boa estabilidade à estocagem (IWAKIRI, 2005). São utilizadas em colagens não estruturais de substratos em diversos segmentos da indústria moveleira e/ou madeireira, como por exemplo, painéis, laminados plásticos e de madeira, colagem de espiga e cavilha, “finger-joint”, entre outros (OLIVEIRA e DANTAS, 2003). Mas, por ser um adesivo que não possui boa resistência à umidade, sua utilização limita-se ao uso interior e é proibida em determinadas aplicações estruturais (FRIHART e HUNT, 2010).

O objetivo deste trabalho foi o de testar a influência da utilização do adesivo PVA nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis de compensado de *Eucalyptus* sp. e de *Pinus* sp. e comparar com os valores obtidos na literatura para compensados produzidos com fenol-formaldeído e ureia-formaldeído, os quais são os adesivos mais comumente utilizados na sua produção.

indicado pelo fabricante para a produção de painéis de madeira em prensagem com ou sem aquecimento. A gramatura adotada foi de 120g/cm² linha simples.

Na produção dos painéis, inicialmente, houve a aplicação do adesivo nas quatro linhas de cola do painel a ser produzido e, posteriormente, as cinco lâminas com adesivo foram levadas à prensa, onde houve a prensagem do painel por 10 minutos com uma temperatura de 90°C. O mesmo processo foi realizado para os seis painéis.

Logo após foram realizadas as confecções dos corpos de prova e realização dos ensaios físicos e mecânicos. A Tabela 1 apresenta as dimensões e quantidades dos corpos de prova, bem como as normas utilizadas nos ensaios físicos.

Tabela 1 – Ensaios físicos realizados.

Ensaios	Norma	Corpos de prova	
		Dimensão (mm)	Quantidade
Massa Específica	ABNT NBR 9485 ⁽⁵⁾	50x100	6
Teor de umidade	ABNT NBR 9484 ⁽⁶⁾	50x100	6
Absorção	ABNT NBR 9486 ⁽⁷⁾	25x75	6

No ensaio de massa específica, os corpos de prova foram pesados em balança e realizadas medições no comprimento, largura e espessura. Após os dados coletados, foi determinada a massa específica de cada corpo de prova. Para o ensaio de teor de umidade, pesaram-se todos os corpos de prova em balança e posteriormente os mesmos foram levados em estufa com temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por permanência mínima de 4 horas. Após este período, as amostras foram pesadas novamente e obteve-se os resultados do teor de umidade. No ensaio de absorção de água os corpos de prova foram levados à estufa com temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por um período de 24 horas. Decorrido este tempo foram retirados, estabilizados em dessecador e pesados na balança.

Posteriormente, os corpos de prova foram completamente imersos em água também por um período de 24 horas e, após este período, os mesmos foram retirados da água, secos superficialmente e pesados novamente. Os resultados de absorção foram obtidos através da eq. (A).

$$A = \left(\frac{m_f - m_i}{m_i} \right) \times 100 \quad (\text{A})$$

Onde A é quantidade de água absorvida em porcentagem, m_f é a massa final do corpo de prova em gramas e m_i é a massa inicial do corpo de prova em gramas.

A Tabela 2 apresenta as normas, dimensões e quantidades dos corpos de prova para cada ensaio mecânicos realizado.

Tabela 2 – Ensaios mecânicos realizados.

Ensaios	Norma	Corpos de prova	
		Dimensão (mm)	Quantidade
Flexão Estática	ABNT NBR 9355 ⁽⁸⁾	275x75	6
Cisalhamento na linha de cola	NBR ISO 12466-1 ⁽⁹⁾	150x25	6

Na flexão estática foram realizados os ensaios na direção paralela e perpendicular das fibras com relação à lâmina mais externa, com seis corpos de prova cada, na máquina universal de ensaios EMIC. A velocidade de carregamento utilizada foi de 0,047 mm/s, determinada de acordo com a norma da ABNT. Os corpos de prova foram posicionados nos apoios de forma que o vão obtivesse um valor de 225 mm.

O cutelo de carregamento foi posicionado na parte central do corpo de

prova, onde foi realizada a aplicação da força. Os resultados de Módulo de Ruptura (MOE) e Módulo de Elasticidade (MOR) foram obtidos automaticamente através do software na máquina de ensaios.

No ensaio de cisalhamento na linha de cola, primeiramente foram realizados dois sulcos, perpendiculares as fibras da lâmina externa, nos corpos de prova separados de 25mm um do outro.

O ensaio foi realizado na máquina universal de ensaios EMIC através da aplicação de carga de 120 N/s, a qual

correspondeu a um tempo médio de ruptura do corpo de prova de 35 segundos, dentro do tempo estipulado pela norma. Os resultados de resistência ao cisalhamento na linha de cola foram obtidos automaticamente através do software da máquina de ensaios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados médios e os desvios padrões obtidos para

A análise estatística consistiu no teste de hipótese utilizando o teste t com nível de significância de 5%, através da utilização do software R versão 2.12.2. Partindo-se da Hipótese nula (H_0) de que as médias não diferem entre si.

os três ensaios físicos realizados juntamente com a análise estatística.

Tabela 3 – Resultados médios dos ensaios físicos.

Ensaio	Eucalipto	Pinus	p-value	H_0
Teor de Umidade (%)	12,83 (0,40)	13,79 (0,43)	$2,60 \times 10^{-3}$	Rejeita
Densidade (g/cm³)	0,61 (0,02)	0,73 (0,02)	$4,65 \times 10^{-6}$	Rejeita
Absorção de água (%)	36,57 (2,29)	54,44 (5,31)	$1,49 \times 10^{-4}$	Rejeita

* Valores entre parenteses representam o desvio padrão dos dados.

Pelo teste de hipótese realizado nota-se que os valores médios de teor de umidade, densidade e absorção de água dos compensados de Pinus e Eucalipto (Tab. 3) apresentaram diferença, pois a hipótese nula foi rejeitada.

No caso do teor de umidade isso pode ser explicado pelo fato de as lâminas utilizadas na produção do compensado de Pinus estarem com um teor de umidade mais elevado que as de Eucalipto, o que também influenciou nos resultados de densidade, promovendo uma maior densidade para o compensado de Pinus. No ensaio de absorção de água, o painel de Pinus apresentou novamente maior valor, isso se deve principalmente ao fato da madeira de Pinus ser mais porosa, facilitando a entrada

de água e resultando em um painel com maior absorção, o que seria uma desvantagem comparado ao painel de Eucalipto.

Ao comparar os valores de absorção de água da Tab. 3 com os obtidos por Bortolletto Junior (2003), o qual produziu compensados de 11 espécies diferentes de Eucalipto com resina fenol-formaldeído, nota-se que tanto o compensado de Pinus quanto o de eucalipto apresentaram maior absorção de água, comprovando que o adesivo PVA não é um adesivo resistente à umidade

A Tab. 4 apresenta os resultados médios e os desvios padrões obtidos para os três ensaios mecânicos realizados juntamente com a análise estatística.

Tabela 4 – Resultados médios dos ensaios mecânicos.

Ensaio	Eucalipto	Pinus	p-value	H ₀
MOR (Paralelo)	60,47 (4,81)*	67,54 (9,30)	0,14	Aceita
MOE (Paralelo)	9026,5 (680,33)	8535,67 (1744,11)	0,54	Aceita
MOR (Perpendicular)	31,37 (3,65)	36,92 (2,91)	0,02	Rejeita
MOE (Perpendicular)	2908,17 (353,72)	3129,33 (187,57)	0,21	Aceita
Tensão de cisalhamento	3,57 (1,00)	3,76 (0,61)	0,70	Aceita

* Valores entre parenteses representam o desvio padrão dos dados.

Pelo teste de hipótese realizado nota-se que apenas o MOR perpendicular apresentou diferença entre os compensados de Pinus e de Eucalipto, pois a hipótese nula foi rejeitada (Tab. 4). Isto pode ser devido a um corpo de prova do compensado de Eucalipto que apresentou um MOR perpendicular muito abaixo do valor médio, 25 MPa, influenciado por algum problema durante a sua produção, como por exemplo gramatura insuficiente de adesivo.

Com relação à flexão estática, os valores obtidos para o compensado de Eucalipto se apresentaram inferiores aos obtidos por Bortolletto Junior (2003) ⁽¹⁰⁾, o qual produziu compensados de 11 espécies

de Eucalipto com resina Fenol-formaldeído, tanto para o MOR quanto para o MOE. Entretanto, para o compensado de Pinus, os valores obtidos de MOE e MOR paralelo foram compatíveis com os apresentados por IWAKIRI et al. (2002), o qual produziu compensados de *Pinus taeda* e *Pinus oocarpa* com resina fenol-formaldeído.

No caso da resistência ao cisalhamento na linha de cola, tanto o compensado de Pinus quanto o compensado de Eucalipto mostraram-se superiores aos valores apresentados por Bortolletto Junior (2003) e IWAKIRI et al. (2002).

CONCLUSÃO

Pode-se concluir com este trabalho que os compensados produzidos com adesivo PVA apresentaram resistência mecânica satisfatória, mesmo comparados aos outros produzidos com adesivo fenol-formaldeído, o que indica que a utilização deste adesivo pode ser uma boa alternativa àqueles normalmente utilizados, pois além

de apresentar valores compatíveis, possui menor impacto ambiental.

Entretanto, o painel produzido não é indicado para utilização em ambientes úmidos, já que a absorção de água foi maior se comparado aos produzidos com adesivo fenol-formaldeído, além de alguns corpos de prova delaminarem após o ensaio de absorção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – DUNKY, M. Adhesives in Wood Industry. In: PIZZI, A. H.; MITTAL, K. L. *Handbook of Wood Adhesive Technology*. New York: Marcel Dekker, 2003. Cap. 47.
- 2 – IWAKIRI, S. *Painéis de madeira reconstituída*. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.
- 3 – OLIVEIRA, M. P.; DANTAS, W. C. V. Evolução dos adesivos ecologicamente corretos para o setor madeireiro. In: II SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO – SIF. *Revista da madeira*, set. 2003.
- 4 – FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. Adhesives with Wood Materials: Bond Formation and Performance. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. *Wood Handbook: wood as an engineering material*. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. Cap. 10.
- 5 – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9485: Compensado: determinação da massa específica aparente*. Rio de Janeiro, 1986.
- 6 – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9484: Compensado: determinação do teor de umidade*. Rio de Janeiro, 1986.
- 7 – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9486: Compensado: determinação da absorção de água*. Rio de Janeiro, 1986.
- 8 – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9533: Compensado: determinação da resistência à flexão estática*. Rio de Janeiro, 1986.
- 9 – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 12466-1: Madeira Compensada – Qualidade de Colagem – Parte 1: Métodos de Ensaio*. Rio de Janeiro, 1986.
- 10 – BORTOLETTO JÚNIOR, G. Produção de compensados com 11 espécies do gênero *Eucalyptus*, avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, SP, n.63, p. 65-78, jun. 2003.
- 11 – IWAKIRI S.; MENEZZI C. S. DEL; LAROCA C.; VENSON I.; MATOSKI S. S.; Produção de compensados de *Pinus taeda* e *Pinus oocarpa* com resina fenol-formaldeído. *Cerne*, Lavras, v. 2, n. 8, p. 92-97, 2002.