



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DESEMPENHO DE DIFERENTES ADESIVOS POLIURETANOS NA LINHA DE COLA DA MADEIRA DE *Eucalyptus* sp.

Jéssica Dornelas Soares¹
Matheus Fernandes de Carvalho Reis²
Camila Batista da Silva Lopes²
Luciano Junqueira Costa²
Thaís Pereira Freitas²
Larissa Carvalho Santos³
Danilo Barros Donato²
Angélica de Cássia Oliveira Carneiro²

¹ Universidade Federal de Viçosa

² Universidade Federal de Viçosa / Departamento de Engenharia Florestal

³ Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DESEMPENHO DE DIFERENTES ADESIVOS POLIURETANOS NA LINHA DE COLA DA MADEIRA DE *Eucalyptus* sp.

Resumo: Os adesivos poliuretanos são muito utilizados nas indústrias de colagem de madeira, por possuírem características favoráveis para tal, como cura rápida, não emissão de formaldeído, possuírem alta resistência mecânica e à umidade, além do baixo custo em relação a outros adesivos. Porém dependem de produtos derivados do petróleo, logo, tornou-se interessante estudos de adesivos derivados de matéria-prima renovável, como o adesivo poliuretano à base de mamona. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de diferentes adesivos poliuretanos na linha de cola da madeira de eucalipto. Utilizou-se madeira de *Eucalyptus* sp., nas dimensões de 40 cm de comprimento, 5 cm de largura e 2,5 cm de espessura. Foram utilizados três adesivos poliuretanos: bicomponente à base de mamona, Desmodur E26 e Desmodur XP2665, com gramatura de 250 g/m². Realizou-se a prensagem das juntas de madeira por 24 horas, a frio, utilizando uma prensa manual com 12 kg/cm² de pressão. Foi determinado a resistência ao cisalhamento na linha de cola e a porcentagem de falha na madeira, na condição seca. Para a resistência ao cisalhamento na linha de cola, o adesivo à base de mamona diferiu estatisticamente dos adesivos Desmodur XP2665 e Desmodur E26, apresentando baixa resistência. Os adesivos Desmodur XP2665 e Desmodur E26 apresentaram maiores percentuais de falha da madeira, em relação ao adesivo à base da mamona. Esses fatos se devem, principalmente, à alta viscosidade do adesivo à base de mamona.

Palavras chave: resistência ao cisalhamento, mamona, falha na madeira.

PERFORMANCE OF DIFFERENT POLYURETHANE ADHESIVES IN THE GLUE LINE OF *Eucalyptus* sp.

Abstract: Polyurethane adhesives are widely used in the wood gluing industry because they have favorable characteristics such as rapid curing, non-formaldehyde emission, high mechanical and humidity resistance, and low cost in relation to other adhesives. However, they depend on petroleum products, so it has become interesting to study adhesives derived from renewable raw materials, like castor-based polyurethane adhesive. The objective of this study was to evaluate the performance of different polyurethane adhesives in the glue line of eucalyptus wood. *Eucalyptus* sp. was used, in dimensions of 40 cm in length, 5 cm in width and 2,5 cm in thickness. Three polyurethane adhesives were used: castor-based, Desmodur E26 and Desmodur XP2665, applied in an amount of 250 g / m². The wood joints were pressed for 24 hours, using a manual press with 12 kg/cm² of pressure. The shear strength in the glue line and the percentage of failure in the wood in the dry condition were determined. For the shear strength in the glue line, the castor-based adhesive differed statistically from the Desmodur XP2665 and Desmodur E26 adhesives, presenting low resistance. Desmodur XP2665 and Desmodur E26 presented higher percentages of failure in the wood, compared to the castor-based adhesive. These facts are mainly due to the high viscosity of the castor-based adhesive.

Keywords: shear strength, castor seed oil, wood failure.

1. INTRODUÇÃO

A partir dos anos 30 houve um grande avanço na área de adesivos sintéticos para colagem de madeira, possibilitando a evolução na produção e design de móveis. O primeiro adesivo

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

sintético a ser desenvolvido foi o fenol-formaldeído em 1929, posteriormente o adesivo uréia-formaldeído, e em meados da década 30 os adesivos melamina-formaldeído e à base de isocianatos, sendo este só utilizado na década de 40. Os primeiros adesivos poliuretanos foram criados por Otto Bayer em 1937, na Alemanha (IWAKIRI, 2005; AZEVEDO, 2009).

Segundo Silva (2006), os adesivos poliuretanos são orgânicos e podem ser aplicados em solução. Estes adesivos fazem parte de uma classe de materiais poliméricos que contém ligação uretana, além de outras como hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, grupos éster, éter, amida, e ureia.

Os adesivos poliuretanos vêm sendo constantemente utilizados nas indústrias de colagem de produtos florestais, devido às suas características de cura rápida, não emissão de formaldeído, possuírem alta resistência mecânica e à umidade, serem manipulados à temperatura ambiente, além do baixo custo em relação a outros adesivos com tais propriedades, como o resorcinol-formaldeído (MARRA, 1992; PETRAUSKI, 2012).

Há duas formas de utilização dos adesivos poliuretanos, os monocomponentes ou os bicomponentes. Nos monocomponentes ocorre um bloqueio linear, destacando-se na estrutura básica os três tipos de intermediários de síntese: o poliól, di-isocianatos e extensores de cadeia, e a cura ocorre pela umidade do ar. Já os bicomponentes consistem em pré-polímeros, que ao ser misturado a um poliól, forma um poliuretano. As propriedades do polímero como flexibilidade, rigidez, força inter-cadeia, interpenetração de segmentos e entrecruzamento molecular são explicadas pela reação final do pré-polímero e a composição química do poliól (SILVA et al., 2006).

Os adesivos poliuretanos dependem de produtos derivados do petróleo. Com a crise do petróleo dos anos 70 e a crescente preocupação ambiental na utilização de compostos orgânicos voláteis na sua composição, comprovadamente cancerígenos e mutagênicos, tornou-se interessante estudos de adesivos derivados de matéria-prima renovável. O uso de adesivos poliuretanos derivados do óleo de mamona é uma alternativa tecnicamente viável para solucionar este problema. De acordo com Cerchiari (2013), em 1940 foi desenvolvido os primeiros adesivos de poliuretano derivado do óleo de mamona, e desde então, pesquisas vêm obtendo resultados satisfatórios em relação aos parâmetros de colagem.

O adesivo poliuretano bicomponente de mamona apresenta resistência à umidade, menor custo e não emanam formaldeído, além da facilidade de propagação e adaptação em diferentes condições climáticas do mundo. Para as reações uretanas, o óleo de mamona pode ser utilizado "in natura", atentando-se a um alto padrão de pureza, baixa acidez e técnicas de controle de qualidade específicas, e pode ser utilizado também diretamente como matéria-prima para a obtenção de outros polióis (OLIVEIRA et al., 2009; ARAÚJO, 1992).

Segundo Bianche (2014), o adesivo à base de mamona desenvolvido no Brasil apresenta avanço em sua tecnologia de produção. Porém, os estudos ainda são escassos, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas que comprovem sua eficiência na colagem de madeira quando comparados com outros adesivos poliuretanos existentes no mercado. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de diferentes adesivos poliuretanos na linha de cola da madeira de eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM), da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Utilizou-se madeira de *Eucalyptus* sp., em forma de sarrafos, isentos de defeitos visíveis nas dimensões de 40 cm de comprimento, 5 cm de largura e 2 a 2,5 cm de espessura, secas em estufa até alcançarem a umidade média de 12%.

Para realização do experimento foram utilizados três tipos de adesivos poliuretanos: o bicomponente Rescin Adepoly 506 combinado com Biopol ISO popularmente conhecido como adesivo de mamona com relação molar de 2:1 proveniente da empresa Poly-Urethane e os adesivos monocomponentes Desmodur XP2665 e Desmodur E26, doados pela empresa Bayer. Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios das propriedades dos adesivos.

Tabela 1. Valores médios das propriedades dos adesivos

Propriedade dos adesivos	Adesivos		
	DesmodurE26	DesmodurXP2665	Mamona
Viscosidade (cp)	1800	5250	>10.000
Teor de sólidos (%)	92,4	85,3	98,8
pH	4,42	6,1	6
Tempo de trabalho (min)	50	35	30

A seleção das lâminas em pares foi feita considerando-se a sua massa. Para cada adesivo foi utilizado a gramatura de 250 g/m², em face dupla de aplicação, com auxílio de um pincel para o espalhamento, tendo um tempo em aberto de 5 minutos. O adesivo de mamona foi preparado, segundo orientações do fabricante, em uma relação de resina/poliól de 2:1.

Após aplicação do adesivo, realizou-se a prensagem das juntas de madeira, a frio, por um período de 24 horas. Utilizou-se uma prensa manual, composta de três pares de barras rosqueadas em aço para viabilizar a aplicação da pressão de colagem. Para controle da aplicação de pressão utilizou-se um torquímetro manual calibrado com pressão de 2,3 kg/cm² em cada um dos 6 parafusos, totalizando 12 kg/cm² de pressão.

Após as prensagens, procedeu-se a retirada dos corpos de prova de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT, 1997). Foi determinado a resistência ao cisalhamento na linha de cola e a porcentagem de falha na madeira, na condição seca, segundo os procedimentos da mesma norma.

Foram obtidas 9 juntas coladas, 3 para cada tipo de adesivo, sendo que de cada umas dessas retirou-se 5 corpos de prova, totalizando 15 corpos de prova por tratamento.

A área cisalhada, de cada corpo de prova, foi medida com o auxílio de um paquímetro. Os percentuais de falha na madeira foram mensurados com o auxílio de lâminas transparentes quadriculadas, sendo que suas respectivas áreas foram delimitadas em porcentagem.

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC) constituído de 3 tratamentos (adesivos), com 14 repetições cada, totalizando 42 unidades amostrais. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando houve efeito dos tratamentos realizou-se o teste de Tukey a 5% de significância. As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do software STATISTICA 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Na Figura 1 são apresentados os valores médios de resistência ao cisalhamento (MPa) da madeira de eucalipto, na condição seca, em função do tipo de adesivo utilizado.

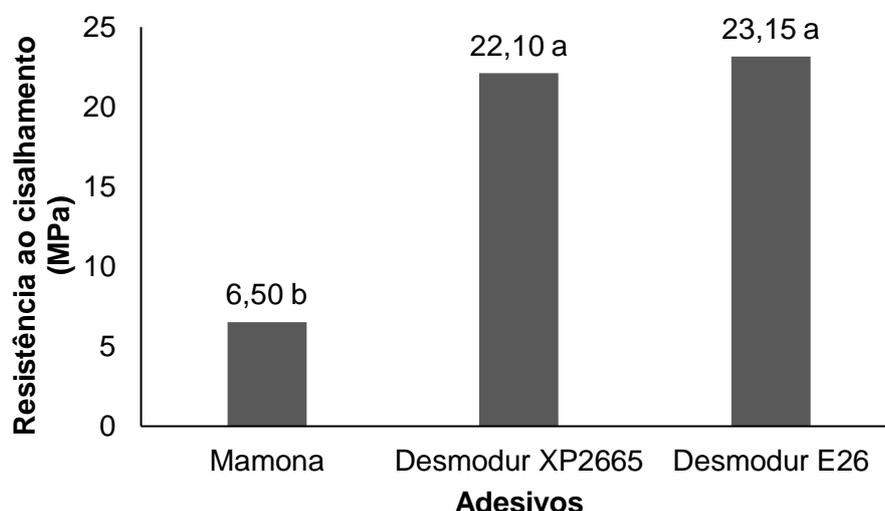


Figura 1. Valores médios de resistência ao cisalhamento (MPa) da madeira de eucalipto. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Observou-se que o adesivo à base de mamona apresentou o menor valor médio para a resistência ao cisalhamento na linha de cola da madeira, diferindo estatisticamente dos demais adesivos avaliados. Isso se deve, provavelmente, à elevada viscosidade do adesivo de mamona, que dificulta a distribuição uniforme do adesivo sobre a superfície da lâmina de madeira, resultando na insuficiente penetração do adesivo nas estruturas porosas e cavidades, prejudicando a umectação e podendo originar e linha de cola espessa (BIANCHE, 2014). Com relação à qualidade da madeira, cabe ressaltar que não são desejáveis valores extremos de viscosidade (ALMEIDA, 2009).

Além disso, o adesivo à base de mamona utilizado apresentou menor tempo de trabalho em relação aos demais adesivos, indicando que a reação de polimerização foi mais rápida, o que dificultou o espalhamento e fluidez do adesivo durante a colagem. Logo, a alta viscosidade e menor tempo de trabalho acarretaram em uma menor resistência ao cisalhamento na linha de cola da madeira.

Bianche (2014) observou a formação de bolhas de na linha de cola principal na madeira de eucalipto colada com o adesivo de mamona, devido à liberação de CO_2 gerado pela reação de polimerização desse adesivo. Isso também pode ocasionar em uma baixa resistência.

Entre os adesivos Desmodur XP2665 e Desmodur E26 não houve diferença estatística. Estes adesivos apresentaram maiores valores de resistência ao cisalhamento na linha de cola da madeira, na condição seca. O bom desempenho dos mesmos pode ser explicado pela capacidade de formarem ligações de hidrogênio com o substrato, além de formarem ligações covalentes com substratos que tenham hidrogênio ativo, devido às suas baixas viscosidades (SEBENIK e KRAJNC, 2007).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios para falha na madeira de eucalipto, na condição seca, em função do tipo de adesivo utilizado.



Tabela 2 - Valores médios de falha na madeira de eucalipto, na condição seca, em função do tipo de adesivo

Tratamentos	Falhas na madeira (%)
Mamona	1,42 b
Desmodur XP	52,50 a
Desmodur E23	68,57 a

Médias ao longo das colunas seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Houve diferença estatística entre os valores médio do percentual de falhas na madeira de eucalipto entre o adesivo à base de mamona e os adesivos Desmodur XP2665 e Desmodur E26. Os maiores percentuais de falha na madeira foram encontrados para os adesivos Desmodur XP2665 e Desmodur E26. Quanto maior o valor desse percentual de falha na madeira, melhor é a adesão, uma vez que este valor demonstra que a resistência da interface madeira-adesivo é mais alta que a resistência da própria madeira (ASTM, 2000).

O tratamento com o adesivo de mamona apresentou o menor percentual de falha na madeira. Isso indica que a utilização da madeira não está sendo otimizada com a aplicação do adesivo em teste, pois a ruptura ocorre em tensões menores que a resistência da madeira. Este fato pode ser uma consequência da alta viscosidade desse adesivo, que ocasiona a formação de uma linha de cola espessa, pois o adesivo tem as funções de movimento e mobilidade dificultadas, não preenchendo os espaços vazios corretamente, gerando uma baixa interação entre o adesivo e o substrato, prejudicando a adesão.

4. CONCLUSÕES

Para a resistência ao cisalhamento na linha de cola, o adesivo à base de mamona diferiu estatisticamente dos adesivos Desmodur XP2665 e Desmodur E26, apresentando baixa resistência.

Os tratamentos com os adesivos Desmodur XP2665 e Desmodur E26 apresentaram os maiores percentuais de falha da madeira, em relação ao tratamento com o adesivo à base da mamona.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a Fapemig e a Capes pelo apoio financeiro, ao LAPEM (Laboratório de Painéis e Energia da Madeira), a Universidade Federal de Viçosa pelo apoio prestado durante desenvolvimento deste trabalho, e às empresas Poly-Urethane e Bayer pela doação do material utilizado neste estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, V. C. Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo uréia-formaldeído e dos compensados de pinus e paricá. 2009. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS – ASTM. Annual book of ASTM standards. Section 20. Volume 15.06 – Adhesives. West Coshohocken, 2000. 600 p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7190. Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ARAÚJO, L. C. R. Caracterização química, térmica e mecânica de poliuretanas elastoméricas baseadas em materiais oleoquímicos. 1992. 105 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física e Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

AZEVEDO, E. C. de. Efeito da radiação nas propriedades mecânicas do adesivo de poliuretana derivado do óleo de mamona. 2009. 134 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

BIANCHE, J. J. Interface madeira-adesivo e resistência de juntas coladas com diferentes adesivos e gramatura. 2014, 85 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

CERCHIARI, A. M. F. Aprimoramento do poliuretano a base de óleo de mamona na manufatura de Madeira Laminada Colada (MLC) de *Cupressus lusitânica*, *Corymbia maculata* e *Hevea brasiliensis*. 2013. 105 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: Fupef. 2005, 254p.

MARRA, A. A. Technology of wood bonding – principles in practice. New York, VanNostrand Reinhold. 1992, 453p.

OLIVEIRA, L. R. et al. Utilização da mamona na medicina veterinária. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária. Garça, São Paulo, ano VII, n. 12, 2009.

PETRAUSKI, S. M. F. C. Desenvolvimento de pórticos de madeira laminada colada de eucalipto, utilizando adesivos à base de resorcinol e óleo de mamona. 2012. 139 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SILVA, A. L. D. et al. Influence of the free isocyanate content the adhesives of reactive trifunctional polyether urethane quasi-prepolymers. International Journal of Adhesion and Adhesives. v. 26, n. 5, p. 355-62, 2006.

SILVA, B. B. R. Desenvolvimento de adesivos de poliuretano à base de óleo de mamona. 2006. 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SEBENIK, U.; KRAJNC, M., Influence of the soft segment length and content in the synthesis and properties of isocyanate – terminated urethane prepolymers. International Adhesion & Adhesives, v. 27, p. 527-535, 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

