



## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS ADESIVOS E pH DAS MADEIRAS DE EUCALIPTO E PINUS PARA A COLAGEM

**Juliana J. BIANCHE<sup>1</sup>; Bráulio da. S. de. OLIVEIRA<sup>1</sup>; Ana Paula M. TEIXEIRA<sup>1</sup>, João Paulo S. LADEIRA<sup>1</sup>; Emylle V. S. COSTA<sup>2</sup>; Angélica de Cássia O. CARNEIRO<sup>1</sup>**

1- Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG

2- Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG

**Resumo:** Com o avanço da química macromolecular, uma variedade de polímeros, com melhores características quanto ao seu aspecto adesivo, foram desenvolvidos, possibilitando grande expansão das indústrias de adesivos à base de resinas vinílicas, de poliéster e de poliuretanos, além do incremento das aplicações dos processos de colagem, com as mais variadas finalidades. O objetivo deste trabalho foi determinar as características físico-químicas dos adesivos e o pH das madeiras de eucalipto e pinus para a colagem. Foram utilizadas as madeiras de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. Foram utilizados cinco adesivos: resorcinol-formaldeído, poliuretano bicomponente a base do óleo de mamona, silicato de sódio, PVA (Acetato de polivinila) e silicato amido modificado. Foram determinadas as características de viscosidade, tempo de trabalho, pH, e teor de sólidos dos adesivos. Para as madeiras foram determinados o pH e capacidade tampão. Verificou-se que os adesivos de silicato de sódio e silicato modificado apresentaram os menores valores médios de viscosidade. A viscosidade do adesivo de mamona foi maior do que aquela obtida para o adesivo a base de resorcinol. Observou-se, ainda, que o adesivo à base de mamona apresentou o maior valor para o teor de sólidos. Verificou-se que o pH da madeira de *Eucalyptus* sp. foi menor em relação à madeira de *Pinus* sp.. Para trabalhos futuros recomendam-se: Estudar a relação entre diferentes proporções de polioli/isocianato para o adesivo de mamona; estudar alternativas para aumentar o tempo de trabalho do adesivo de mamona de forma a facilitar o processo de colagem da madeira.

**Palavras-chave:** mamona, silicato, adesão

**Abstract:** With the advancement of macromolecular chemistry, a variety of polymers with better characteristics as for the adhesive aspect, have been developed, enabling major expansion of adhesives industries based on vinyl resins, polyester and polyurethane, besides the increase applications of the bonding process, with the most varied purposes. The objective of this study was to determine the physicochemical characteristics of the adhesives and pH, for bonding of the eucalyptus and pine woods. The *Eucalyptus* sp. and *Pinus* sp. woods were used. Five adhesives were used: Resorcinol-formaldehyde, bicomponent polyurethane base castor oil, sodium silicate, PVA (polyvinyl acetate) and silicate modified starch. It has been determined the viscosity characteristics, working time, pH, and adhesive solids. For the woods were determined the pH and buffer capacity. It was verified that the sodium silicate adhesive and modified silicate had the lowest mean values of viscosity. The viscosity of castor adhesive was than greater that obtained for the resorcinol adhesive base. It was observed also that the castor-based adhesive had the highest value for solids content. It was verified that the pH of the *Eucalyptus* sp. was lower when compared to wood *Pinus* sp.. Further studies are recommended for analyzing the relationship among different proportions of



polyol/isocyanate, to evaluate the strength of glued wood, and to analyze alternatives that can increase the working time of the castor beans adhesive so as to facilitate the bonding process of the wood.

**Keywords:** castor, silicate, adhesion

## 1. INTRODUÇÃO

Nos anos 30, com o crescimento da área de adesivos sintéticos houve uma grande transformação na produção e no design de móveis. Em 1929 foi desenvolvido o primeiro adesivo sintético, o fenol-formaldeído, posteriormente, em 1931, surgiu o adesivo de uréia-formaldeído e no final dos anos 30, o adesivo de melamina-formaldeído. Ainda no final da década de 30 foi desenvolvido na Alemanha adesivos baseados em isocianatos, sendo utilizados pela primeira vez na década de 40 (IWAKIRI, 2005).

Com o advento da Segunda Guerra Mundial, novos adesivos foram desenvolvidos, como o resorcinol-formaldeído, de maior custo, porém com a cura à temperatura ambiente e mais resistente à água, e os primeiros adesivos poliuretanos criados por Otto Bayer em 1937, na Alemanha (AZEVEDO, 2009). Na década de 50 surgiu o adesivo termoplástico de PVA (acetato de polivinila), apresentando um baixo custo, cura em temperatura ambiente e empregado para usos interiores (IWAKIRI, 2005).

Com o avanço da química das macromoléculas, uma variedade de polímeros, com melhores características quanto ao seu aspecto adesivo, foram desenvolvidos, possibilitando grande expansão das indústrias de adesivos à base de resinas vinílicas, de poliéster e de poliuretanos, além do incremento das aplicações dos processos de colagem, com as mais variadas finalidades (PASSEROTTI, 2008).

Adesivos utilizados em madeira, derivados de matéria-prima renovável, têm sido objeto de diversos estudos. Este interesse tornou-se maior com a crise do petróleo dos anos 70, e, agora, no início do século 21 teve novo impulso com a crise do aquecimento global, em que estão sendo priorizadas as propostas verdes, que não utilizam compostos orgânicos voláteis na sua composição (PIZZI, 2006).

Os poliuretanos derivados do óleo de mamona e os adesivos de silicatos são alternativas para solucionar este problema. A mamona apresenta como vantagem a facilidade de propagação e adaptação em diferentes condições climáticas, podendo ser cultivada e encontrada nas mais variadas regiões do mundo, ressaltando-se que, o clima tropical predominante no Brasil facilitou o seu alastramento pelo país (OLIVEIRA et al., 2009).

Os silicatos apresentam uma combinação única de suas propriedades químicas e físicas, que fazem com que estes produtos químicos inorgânicos sejam versáteis e apresentem diversas aplicações (MENDOZA, 2010).

A polimerização da maioria dos adesivos para madeira acontece através de uma reação físico-química, muitas vezes influenciada pelo pH. Os adesivos uréia-formaldeído e o fenol-formaldeído, por exemplo, curam em meio ácido e alcalino, respectivamente; portanto uma madeira com alta acidez é mais difícil de colar com adesivo fenol-formaldeído. Por outro lado, a alta acidez da madeira pode provocar uma pré-cura dos adesivos à base de uréia-formaldeído, durante a pré-prensagem da madeira (ALMEIDA, 2009). O pH das madeiras varia de acordo com a espécie e se encontra em torno de 3 a 6.

A capacidade tampão é característica do adesivo e se refere à capacidade deste em tolerar o contato com materiais mais ácidos ou mais básicos, sem alterar seu pH (CARNEIRO et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi determinar as características físico-químicas dos adesivos e o pH das madeiras de eucalipto e pinus para a colagem.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Estado de Minas Gerais.

As madeiras de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. foram adquiridas em forma de tábuas provenientes da região de Viçosa-MG e do comércio local, respectivamente.

Foram utilizados cinco adesivos: resorcinol-formaldeído, poliuretano bicomponente a base do óleo de mamona, silicato de sódio, PVA (Acetato de polivinila) e silicato amido modificado.

Os adesivos de resorcinol-formaldeído e mamona foram fornecidos pelas indústrias Momentive Química do Brasil LTDA e pela KEHL Indústria e Comércio LTDA, respectivamente. Os adesivos de silicato de sódio e silicato amido modificado foram fornecidos pela indústria Tubominas LTDA. O adesivo de PVA foi adquirido no comércio local.

### **2.1 Propriedades dos adesivos**

#### **2.1.1 Viscosidade**

Foram determinadas as viscosidades dos adesivos de acordo com a norma americana ASTM D 1084-97 (método B). Utilizou-se um viscosímetro de Brookfield (cp), com haste (spindler) número 3, velocidade de 12 rpm e fator de conversão 100, em amostras de aproximadamente 300 mL, em três repetições, para cada adesivo. O adesivo de resorcinol-formaldeído foi utilizado na proporção 5:1 (resorcinol/endurecedor), e o adesivo de mamona na proporção 1,5:1 (poliol/endurecedor).

#### **2.1.2 Teor de sólidos**

O teor de sólidos dos adesivos foi obtido de acordo com Carneiro (2006), evaporando-se a água das amostras contendo 1g de adesivo, que foram levados à estufa a  $103^{\circ} \pm 2^{\circ}$  C até atingir peso constante.

#### **2.1.3 Tempo de trabalho**

Determinou-se o tempo de trabalho para os adesivos bicomponentes a base de resorcinol e a base do óleo de mamona. O tempo de trabalho dos adesivos foi determinado com auxílio de um cronômetro, acionado após a adição de agente endurecedor; para cada amostra, o tempo foi obtido até o endurecimento (cura) dos adesivos, em três repetições.

#### **2.1.4 pH**

Para a determinação do pH dos adesivos de silicato de sódio, silicato modificado, PVA e resorcinol-formaldeído foi utilizado cerca de 20g dos adesivos, em três repetições e as leituras foram feitas em pHmetro digital. A determinação do pH para o adesivo de mamona foi feita utilizando papel indicador universal de pH (0-14) na forma de fita com graduação de



1, com três repetições, ressalta-se que a medição foi feita após a mistura do polioli e isocianato (1,5:1).

## 2.2. Caracterização das espécies

### 2.2.1 pH e capacidade tampão das madeiras

Para a análise de pH das madeiras, utilizaram-se amostras de eucalipto e pinus que, primeiramente, foram transformadas em palitos e, posteriormente, moídas em moinho tipo Wiley para a obtenção da serragem, classificadas nas peneiras de 40/60 mesh. Foram pesadas 15 gramas das amostras de eucalipto e pinus em três repetições cada. Para cada amostra foram colocadas 150 ml de água fervente, deixando esfriar e posteriormente as amostras foram levadas ao banho-maria a 23°C por 30 minutos. Logo após as amostras foram filtradas obtendo-se os extratos retirando-se de cada uma alíquota de 50 ml. O pHmetro foi calibrado para 4 e 7 utilizando-se soluções tampões padronizadas. Após a calibração, o pH inicial das amostras foi determinado e, posteriormente, os extratos foram titulados com solução de NaOH 0,0243N até pH 7 para a determinação da capacidade tampão ácida em mmol/L.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Propriedades dos adesivos

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios das propriedades dos adesivos utilizados na colagem das madeiras de eucalipto e pinus.

**Tabela 1-** Valores médios das propriedades dos adesivos

Propriedades dos adesivos	Adesivos				
	PVA	Silicato de sódio	Resorcinol	Mamona	Silicato modificado
Viscosidade (cp)	9430	287	1963	3134	1070
Teor de sólidos (%)	45	54	70	91	63
pH	4	12	8	6	8
Tempo de trabalho (minutos)	ND	ND	120	37	ND

ND: Não determinado (monocomponente).

Verificou-se que os adesivos de silicato de sódio e silicato modificado apresentaram os menores valores médios de viscosidade (Tabela 1). Adesivos com baixa viscosidade resultam em melhor espalhamento sobre a superfície da madeira, devido à alta fluidez, contribuindo para a maior penetração do adesivo e sua absorção pela madeira e, em situação extrema poderá resultar em linha de cola “faminta”, ou seja, com quantidade insuficiente de adesivo na linha de cola. Mendoza (2010) avaliando o efeito da inclusão laminar nas propriedades de painéis aglomerados, encontrou para o adesivo de silicato de sódio, viscosidade correspondente a 750 cp, sendo superior ao valor encontrado neste trabalho.

O adesivo de PVA apresentou a maior viscosidade média, o que pode lhe conferir durante a colagem maior dificuldade de espalhamento devido à baixa fluidez. Lima et al.



(2008) estudando a madeira de clones de *Eucalyptus* com três adesivos comerciais, verificaram que a viscosidade do adesivo de PVA fornecida pelo fabricante variou entre 10000 a 16000 cp. A viscosidade encontrada neste trabalho para o adesivo de PVA foi inferior ao valor obtido pelos autores.

Zangiácomo (2003) estudando espécies tropicais alternativas na produção de elementos de madeira laminada colada constatou que o adesivo de resorcinol apresentou melhores resultados, por ser menos viscoso que o adesivo a base de mamona. Neste trabalho a viscosidade do adesivo de mamona também foi maior do que aquela obtida para o adesivo a base de resorcinol.

Lima et al. (2008) encontraram para o adesivo resorcinol-formaldeído viscosidade correspondente a 2127 cp. O valor de viscosidade encontrado neste trabalho para o adesivo resorcinol, foi inferior ao obtido pelos autores.

Para o teor de sólidos, os valores médios obtidos para os adesivos resorcinol e PVA, foram iguais a 70 e 45%, respectivamente (Tabela 1). Marcati e Della Lucia (1996) estudando o comportamento do angico-vermelho à adesão com PVA e resorcinol encontraram teor de sólidos para resorcinol e PVA iguais a 52,06 e 48,56%, respectivamente. Observou-se, ainda, que o adesivo à base de mamona apresentou o maior valor para o teor de sólidos. Vale salientar que o teor de sólidos é uma propriedade importante e pode ser entendido como a parte do adesivo que forma a linha de cola. O alto teor de sólidos contribui para a qualidade da linha de cola, devido a maior quantidade de material sólido, melhorando a adesão entre a madeira e o adesivo.

Em se tratando de colagem de madeiras é importante considerar a influência do pH tanto da madeira como do adesivo. O pH da madeira varia conforme a espécie e situa-se na faixa de 3 a 6. O adesivo não deve ter os limites de pH ultrapassando a faixa de 2,5 a 11, pois podem resultar em degradação das fibras de madeira. Verificou-se que os adesivos de silicato de sódio e PVA, apresentaram o maior e menor valor médio de pH, respectivamente.

O tempo de trabalho se refere ao tempo de vida útil do adesivo, após sua preparação, até a fase de gel, quando atinge a máxima viscosidade. Verificou-se que o adesivo à base de mamona apresentou tempo de trabalho igual a 37 minutos (Tabela 1). As proporções entre o poliol e endurecedor (isocianato), determinam a rigidez ou elasticidade da linha de cola formada, e irão facilitar ou dificultar o espalhamento do adesivo na madeira. Um excesso de isocianato leva à obtenção de uma linha de cola mais rígida, enquanto um excesso de poliol resulta em linha de cola mais elástica (VILAR, 2002). Este fato está diretamente ligado ao tempo de trabalho do adesivo, ou seja, a viabilidade de se trabalhar com o adesivo, antes de sua polimerização ou cura. Observou-se que o adesivo a base de mamona apresentou tempo de trabalho reduzido, ou seja, a reação de polimerização entre o poliol e endurecedor foi rápida, o que pode dificultar o espalhamento e fluidez do adesivo na madeira durante o processo de colagem.

Jesus (2000) utilizando o adesivo à base de óleo de mamona, na proporção em massa 1:1, observou que, em função do aumento da viscosidade, o tempo de trabalho da mistura foi de 20 minutos. Para o adesivo resorcinol-formaldeído foi encontrado tempo de trabalho igual a 120 minutos, sendo este superior ao adesivo de mamona.

### 3.2 Capacidade tampão e pH

A Tabela 2 apresenta os valores médios de pH e da capacidade tampão ácida para as madeiras de eucalipto e pinus.



Tabela 2- Valores médios de pH e capacidade tampão ácida para as madeiras de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp.

Espécie	pH inicial	Capacidade tampão (mmol/L)	pH final
<i>Eucalyptus</i> sp.	3,97	0,123	7
<i>Pinus</i> sp.	5,12	0,041	7

Verificou-se que o pH da madeira de *Eucalyptus* sp. foi menor em relação à madeira de *Pinus* sp..A madeira de folhosa é mais ácida que a madeira de coníferadevido a maior proporção de hemiceluloses as quais são formadas por uma cadeia principal de xilanas (hemiceluloses também chamadas por pentosanas). As xilanas são polissacarídeos formados por unidade de xilose conectadasentre si pelos carbonos 1 e 4, através de ligações beta. Nas folhosas, a cadeia de xilana apresenta, em intervalos irregulares, grupos de ácido 4-0-metilglucorônico conectados a unidades de xilose, através de ligações glucosídicas alfa (1-2) (D'ALMEIDA, 1988).

Almeida (2009) estudando o efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo uréia-formaldeído e dos compensados de pinus e paricá encontrou para *Pinus elliottii* valores de pH e capacidade tampão iguais a 3,51 e 0,547 mmol/L para a extração a quente no tempo de 20 minutos.

A capacidade tampão da madeira mostra a capacidade que a mesma apresenta para resistir à variação de pH do meio. O valor do pH da madeira, assim como a capacidade tampão variaram de acordo com a espécie, sendo que a madeira de pinus apresentou menor valor para capacidade tampão.

## CONCLUSÃO

Os estudos com o adesivo de mamona ainda são incipientes. Para trabalhos futuros recomendam-se:

Estudar a relação entre diferentes proporções de polioli/isocianato para o adesivo de mamona

Estudar alternativas para aumentar o tempo de trabalho do adesivo de mamona de forma a facilitar o processo de colagem da madeira.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pelo financiamento do projeto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ.

As empresas Momentive Química do Brasil LTDA, KEHL Indústria e Comércio LTDA e Tubominas LTDA pela doação dos adesivos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.



## 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, 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS- ASTM.D 1084-97: Standard Test Methods for Viscosity of Adhesives. 1998.

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

CARNEIRO, A. C. O. Efeito da hidrólise ácida e sulfitação de taninos de *Eucalyptus grandis* w. hillebrandii e *Anadenanthera peregrina* sp., nas propriedades dos adesivos. 2006, 182 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; PEREIRA, F. A. Adesivos e sua importância na indústria madeireira. In: Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II. Eds.: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Vitória: Gráfica Aquarius, p.99-128, 2007.

D'ALMEIDA, M.L.O. Composição Química dos Materiais Lignocelulósicos. In: Celulose e Papel: Tecnologia de fabricação da pasta celulósica. 2.ed. São Paulo, IPT-SENAI, 1988.v. 1, Cap. 3.

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

JESUS, J.M.H. Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada (MLC). 2000. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos – EESC - Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.

OLIVEIRA, L.R.; BARIANI, M.H.; ZAPPA, V. Utilização da mamona na medicina veterinária. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária. Garça, São Paulo, ano VII, n.12, janeiro, 2009.

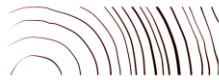
PASSEROTTI, G.F.A. Produção e caracterização de painel de partículas homogêneas (cph) a partir de *Eucalyptus* sp. e adesivo poliuretano bi-componente. Monografia. Graduação em Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, São Paulo, 2008.

PIZZI, A., Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: opportunities and issues. Journal Adhesion Science Technology, vol. 20, n. 8, p. 829–846, 2006.

LIMA, C.K.P.; MORI, F.A.; MENDES, L.M.; TRUGILHO, P.F.; MORI, C.L.S.de.O. Colagem da madeira de clones de *Eucalyptus* com três adesivos comerciais Scientia Forestalis., Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 73-77, mar. 2008.

## II CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Belo Horizonte - 2015



II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira  
Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015



MARCATI, C.R.; DELLA LUCIA, R.M. Comportamento do angico-vermelho (*Piptadenia peregrina* benth.) à adesão com PVA (acetato de polivinila) e resorcinol formaldeído. Revista Cerne, Lavras v.2, n.1, 1996.

MENDOZA, Z.M.dos.S.H.de. Efeito da inclusão laminar nas propriedades de painéis aglomerados fabricados com resíduos da indústria laminadora. 2010. 109 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

VILAR, W.D. Química e tecnologia dos poliuretanos, 3 ed., Vilar Consultoria, 2002. Disponível em:<<http://www.poliuretanos.com.br>>. Acesso em: 25/09/2010.

ZANGIÁCOMO, A.L. Emprego de espécies tropicais alternativas na produção de elementos estruturais de madeira laminada colada. 2003, 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos.