

Resistência ao Cisalhamento de Painéis Compensados Produzidos com Adesivo à Base de Taninos de *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão)

Selma Lopes Goulart¹, Fábio Akira Mori², Natalie Ferreira de Almeida³,
Rafael Farinassi Mendes¹, Lourival Marin Mendes²

¹Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras – UFLA

²Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras – UFLA

³Engenheira Florestal, Departamento de Ciências Florestais – LCF, Escola Superior de Agricultura
“Luiz de Queiroz” – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência ao cisalhamento de painéis compensados produzidos com adesivos à base de taninos obtidos das folhas e das cascas da espécie *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão). Para tanto, foram produzidos painéis compensados com lâminas de *Araucaria angustifolia* e com os adesivos à base de tanino de casca e folha de barbatimão, tanino de casca de acácia negra (*Acacia mearnsii*), adesivo fenol-formaldeído comercial e com misturas dos diferentes tipos de taninos. Para cada tratamento, foram produzidos seis painéis de cinco lâminas e com os adesivos na gramatura de 320 g/m² em linha dupla de cola. O adesivo de casca de barbatimão apresentou a mesma resistência ao cisalhamento que o adesivo comercial de tanino de casca de acácia negra, mostrando-se, contudo, com menor resistência do que os painéis produzidos com o adesivo fenol-formaldeído comercial. O adesivo à base de tanino da folha de barbatimão apresentou possibilidade de aplicação apenas em associação com outros tipos de taninos.

Palavras-chave: taninos, adesivos, painéis compensados.

Shear Strength of Plywood Produced with Tannin Adhesive of *Stryphnodendron adstringens* (barbatiman)

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the shear strength of plywood panels produced with tannin adhesives obtained from the leaves and bark of the species *Stryphnodendron adstringens* (barbatiman). To this end, panels were produced with veneers of *Araucaria angustifolia* and tannin adhesive from the leaves and bark of barbatiman, tannin from the bark of black acacia (*Acacia mearnsii*), commercial phenol-formaldehyde adhesive, and mixtures of different types of tannins. For each treatment, six panels with five plies and adhesives in 320 g/m² ratio in double glue line were produced. The adhesive from the bark of barbatiman showed the same shear strength of the commercial adhesive from the tannin bark of black acacia, but with less strength than the panels produced with phenol-formaldehyde adhesive. The tannin adhesive from the leaves of barbatiman is feasible of application only in combination with other types of tannins.

Keywords: tannins, adhesives, plywood.

1. INTRODUÇÃO

Os adesivos mais utilizados na produção de painéis de madeira são a ureia-formaldeído e o fenol-formaldeído, os quais apresentam grande importância na qualidade final dos diferentes tipos de painéis (Pizzi & Mittal, 2003). No entanto, representam grande parte do custo final dos painéis, em razão do alto valor da matéria-prima utilizada na fabricação desses adesivos, principalmente por causa dos mercados competidores e por originar-se do petróleo, recurso não renovável. Nesse sentido, novos estudos acerca de adesivos alternativos vêm se tornando uma necessidade econômica e ambiental.

Várias pesquisas relativas aos adesivos naturais vêm sendo desenvolvidas com o intuito de substituir os fenóis das composições dos adesivos sintéticos por substâncias fenólicas de origem vegetal (Barbosa, 1996; Santos et al., 2003). Dentre as pesquisas, o tanino, polifenol obtido de várias fontes renováveis, é o que está ganhando maior destaque, por apresentar baixa toxicidade e menor custo de obtenção (Pizzi, 1980).

Pizzi & Mittal (1994) relatam que o tanino-formaldeído apresenta propriedades similares ao fenol-formaldeído e é utilizado industrialmente em países, como África do Sul, Austrália, Nova Zelândia e Brasil. Dentre as espécies florestais que apresentam potencial para a extração de taninos, podem-se destacar a acácia negra (*Acacia mearnsii*), o *Pinus radiata* e o quebracho (*Schinopsis* sp.) (Teodoro & Lelis, 2003).

O Brasil já produz comercialmente adesivos à base de taninos vegetais obtidos da casca de acácia negra (*A. mearnsii*), utilizados na colagem de painéis compensados e aglomerados, em substituição ao adesivo comercial sintético fenol-formaldeído. No entanto, o país apresenta outras espécies com potencial para extração de tanino para produção de adesivos, como, por exemplos, várias espécies de *Pinus*: *P. radiata*, *P. elliotti*, *P. taeda* e *P. patula* (Santana et al., 1995), e também as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* (Mori, 1997, 2000).

Outra espécie que merece destaque é o *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão), típica do cerrado, pertencente à família Fabaceae, que se desenvolve lentamente em campos abertos, formando povoamentos mais ou menos puros (Lorenzi, 1998). Essa espécie apresenta grande potencial econômico, tanto na área farmacêutica como na indústria de curtimento de couro, em decorrência da grande quantidade de taninos produzidos em suas cascas (até 40%) e nas folhas (27% a 32%) (Goulart et al., 2008; Almeida et al., 2010).

A retirada de taninos das folhas de barbatimão pode ser interessante na produção de adesivos para colagem de madeiras, visto que os indivíduos apresentam alta regeneração natural da copa. Diversamente, as cascas apresentam regeneração mais lenta. Nota-se, porém, que a espécie apresenta possibilidade de manejo e assim fornecimento contínuo de taninos. Essa característica permite, ainda, a preservação da espécie, pois não há derrubada das árvores.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resistência ao cisalhamento de painéis compensados produzidos com adesivos à base de taninos obtidos das folhas e cascas da espécie *S. adstringens* (barbatimão).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta e preparo do material

As folhas foram coletadas de 30 árvores de *S. adstringens* (barbatimão) com idade em torno de 20 anos, escolhidas ao acaso em região de cerrado, localizada próximo ao município de Lavras, Estado de Minas Gerais, Brasil. As cascas foram retiradas de 100 árvores da mesma região, sendo efetuada a retirada de casca acima de 1,30 metros de altura das árvores.

Após a coleta, as folhas e cascas foram secas ao ar livre, sem a presença de sol e, em seguida, moídas separadamente em moinho martelo, sendo posteriormente processadas em moinho Wiley, para a obtenção de um material com granulometria entre 100 e 200 Mesh (Goulart et al., 2008).

2.2. Extrações dos taninos das folhas e cascas de *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão)

Para a extração do tanino das folhas e das cascas de barbatimão, foram utilizados 100 g do material moído e absolutamente seco, sendo então adicionados 1.500 mL de água destilada (relação licor:casca ou folha 15:1 v/v) e três partes de sulfito de sódio (Na_2SO_3) para cada 100 partes de material seco.

As extrações dos taninos foram realizadas em banho-maria à temperatura de 100 °C, à pressão atmosférica e por um período de três horas (Campos et al., 2006). Após a extração, os materiais foram filtrados empregando-se um coador de pano fino, sendo a solução obtida novamente filtrada em uma flanela e em um cadinho de vidro sinterizado de porosidade n.º 0. O filtrado obtido foi então colocado em um refratário e levado à estufa, com circulação de ar, à temperatura de 40 °C até total evaporação da água. Após esse período, retiraram-se do refratário os taninos, os quais foram moídos em almofariz e pistilo, e acondicionados em embalagens plásticas.

O tanino de acácia negra foi obtido em forma de pó, mediante a compra no comércio.

2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental se constituiu de sete tratamentos (Tabela 1), sendo estes diferenciados pelos tipos de adesivos utilizados para a produção dos painéis compensados. Os adesivos fenol-formaldeído e de taninos de acácia negra foram utilizados como parâmetros de comparação.

2.4. Produção e propriedades dos adesivos à base de taninos

Os adesivos termofixos à base de taninos, de folhas e cascas de barbatimão e da casca de acácia negra foram sintetizados conforme técnicas descritas por Mori (1997, 2000).

Após a produção dos adesivos, estes tiveram determinados os seus valores de pH, teor de sólidos (ASTM, 1994), viscosidade (Copo Ford N.º 8) e tempo de gelatinização, conforme procedimento realizado por Mori (2000).

2.5. Produção e avaliação dos painéis compensados

Para a produção dos painéis compensados, foram utilizadas lâminas da madeira de *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro). As toras de madeira, depois de aquecidas à temperatura de 60 °C pelo tempo de 24 horas, foram laminadas em torno laminador rotativo, dando origem a lâminas de 2 mm de espessura; estas, após serem guilhotinadas nas dimensões 50 × 50 cm (comprimento e largura, respectivamente), foram secas em temperatura ambiente e depois em estufa com circulação de ar à temperatura de 50 °C, até atingirem umidade de 8%.

Para cada tratamento, foram produzidos seis painéis de cinco lâminas e com os adesivos na proporção de 320 g/m² em linha dupla de cola. Os painéis passaram, posteriormente, por um tempo de montagem de 15 minutos e um ciclo de prensagem de pressão de 10 kgf/cm², à temperatura de 160 °C e tempo de prensagem de 10 minutos.

Todos os painéis, depois de acondicionados à temperatura de 25 °C e 65% de umidade relativa, tiveram seus corpos de prova retirados para a realização dos ensaios de densidade e de cisalhamento a seco e pós-fervura, conforme as normas NBR 9485 (ABNT, 1986) e EN 314 (CEN, 1993a, b).

Para a análise estatística do experimento, foi considerado um delineamento inteiramente casualizado. Na medida em que foi observada diferença estatística entre a densidade aparente média de cada tratamento, realizou-se uma análise de correlação entre a densidade dos painéis e cada

Tabela 1. Delineamento experimental.

Table 1. Experimental design.

| Tratamentos | Tipo de adesivo |
|-----------------|---------------------------|
| 1 | TFB |
| 2 | TCB |
| 3 | TCA |
| 4 | FF |
| Misturas | |
| 5 | TFB:TCB (1/2:1/2) |
| 6 | TFB:TCA (1/2:1/2) |
| 7 | TFB:TCB:TCA (1/3:1/3:1/3) |

TFB = À base de tanino da folha de barbatimão; TCB = À base de tanino da casca de barbatimão; TCA = À base de tanino da casca de acácia negra; FF = Fenol-formaldeído.

uma das propriedades, para que fosse avaliada a necessidade da realização da análise de covariância para as propriedades com correlação significativa. Para a diferenciação dos tratamentos, foi utilizado o teste de médias Tukey, com 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Propriedades dos adesivos

Na Tabela 2, estão apresentados os valores médios de pH, teor de sólidos, viscosidade e tempo de gel obtidos para os diferentes tipos de adesivo.

Nota-se que os adesivos à base de taninos apresentaram pH ácido, diferentemente do adesivo fenol-formaldeído, que contém caráter básico. Observa-se que, de forma geral, os valores de pH dos adesivos de taninos de casca e folha de barbatimão se apresentaram superiores ao encontrado para o adesivo comercial de tanino de acácia negra.

Os valores de teor de sólido dos adesivos à base de tanino se apresentaram próximos do valor obtido para o adesivo fenol-formaldeído. Almeida et al. (2010) afirmam que valores de 44 a 55% de teor de sólidos dos adesivos à base de tanino são os mais adequados para se trabalhar.

Quanto à viscosidade dos adesivos, os maiores valores obtidos foram para os adesivos de taninos da casca de barbatimão e casca de acácia negra, enquanto que o adesivo à base de tanino de folha de barbatimão apresentou valores inferiores e mais próximos do adesivo fenol-formaldeído. O controle da viscosidade do adesivo é um fator determinante para uma boa colagem, visto que adesivos muito viscosos apresentam maiores dificuldades no espalhamento e adesivos pouco viscosos podem vir a formar uma linha de cola faminta.

Para o tempo de gelatinização, propriedade que se relaciona com a velocidade de reação do adesivo, observa-se que os adesivos à base de tanino apresentaram-se com valores bem menores que o obtido para o adesivo fenol-formaldeído. É possível verificar ainda que os adesivos da casca e da folha de barbatimão se mostraram mais reativos que o adesivo de acácia negra. De acordo com Mori (2000), essa alta reatividade dos taninos é a grande limitação quanto à sua utilização, visto que, dessa forma, promove-se a cura muito rápida do adesivo.

3.2. Propriedades dos painéis compensados

3.2.1. Densidade aparente

Na Tabela 3, estão apresentados os valores médios da densidade aparente obtida para cada um dos tratamentos.

Os valores médios da densidade aparente dos painéis compensados variaram entre 0,512 e 0,579 g/cm³, sendo observada diferença significativa entre os tratamentos produzidos com os adesivos à base de taninos de casca e folha de barbatimão, e da casca de acácia negra em relação aos tratamentos produzidos com o adesivo fenol-formaldeído e com a mistura dos tipos de adesivos à base de tanino. Contudo, quando realizada a análise de correlação entre os valores de cisalhamento seco e pós-fervura com a densidade dos painéis, não foi observada relação significativa, não sendo, portanto, necessário realizar a análise de covariância.

3.2.2. Resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento

Os resultados dos ensaios de resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento e a porcentagem de falha na madeira, realizados na condição seca, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 2. Propriedades dos adesivos utilizados na produção dos painéis compensados.

Table 2. Properties of adhesives used in the production of plywood panels.

| Adesivo* | pH | Teor de sólidos (%) | Viscosidade (cP) 25 °C | Tempo de gel (s) |
|----------|-------|---------------------|------------------------|------------------|
| TFB | 5,6 | 51,13 | 940,2 | 53,3 |
| TCB | 4,9 | 54,16 | 1487,7 | 42,0 |
| TCA | 4,4 | 55,45 | 1384,4 | 95,7 |
| FF | 11,89 | 51,24 | 547,0 | 344,0 |

*TFB = Tanino da folha de barbatimão; TCB = Tanino da casca de barbatimão; TCA = Tanino da casca de acácia negra; FF = Fenol-formaldeído.

Observou-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos produzidos com os taninos de folha e casca de barbatimão, e casca de acácia negra. Contudo, esses tratamentos apresentaram diferença estatística em relação aos painéis produzidos com o adesivo fenol-formaldeído e também com a mistura dos taninos de casca e folha de barbatimão, os quais obtiveram os maiores valores médios de resistência ao cisalhamento seco.

O fato de os painéis produzidos com o adesivo fenol-formaldeído apresentarem os maiores valores médios de resistência ao cisalhamento seco pode estar associado às características do adesivo, como pH básico e, principalmente, menor viscosidade,

Tabela 3. Densidade aparente média dos painéis compensados.

Table 3. Mean apparent density of plywood panels.

| Tratamentos | Densidade aparente (g/cm ³) |
|-----------------|---|
| TFB | 0,559 ^A |
| TCB | 0,579 ^A |
| TCA | 0,569 ^A |
| FF | 0,539 ^B |
| TFB + TCB | 0,517 ^B |
| TFB + TCA | 0,525 ^B |
| TFB + TCB + TCA | 0,512 ^B |
| CV (%) | 6,86 |

Média seguida de mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de significância. TFB = Tanino da folha de barbatimão; TCB = Tanino da casca de barbatimão; TCA = Tanino da casca de acácia negra; FF = Fenol-formaldeído.

Tabela 4. Resistência ao cisalhamento seco.

Table 4. Resistance shear dry.

| Tratamentos | Resistência (MPa) | Falha na madeira (%) |
|-----------------|-------------------|----------------------|
| TFB | 1,82 ^A | 0,4 |
| TCB | 2,24 ^A | 4,2 |
| TCA | 2,02 ^A | 4,9 |
| FF | 4,18 ^C | 86,2 |
| TFB + TCB | 2,87 ^B | 1,7 |
| TFB + TCA | 2,09 ^A | 1,5 |
| TFB + TCB + TCA | 1,97 ^A | 1,4 |
| CV (%) | 14,54 | |

Média seguida de mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de significância. TFB = Tanino da folha de barbatimão; TCB = Tanino da casca de barbatimão; TCA = Tanino da casca de acácia negra; FF = Fenol-formaldeído.

o que pode ter permitido uma melhor penetração do adesivo na estrutura da madeira. Também há a questão do maior tempo de gel, visto que, nos painéis produzidos com adesivo à base de tanino, cujo tempo de gel obtido mostrou-se muito inferior, pode-se ter promovido uma pré-cura do adesivo antes da compactação adequada do painel, fazendo com que diminuísse a resistência da colagem.

Ferreira et al. (2008), avaliando a qualidade de painéis compensados de sumaúma produzidos com o adesivo à base de tanino de casca de *Pinus oocarpa*, obtiveram valores médios de cisalhamento seco de 1,81 MPa para o adesivo de tanino e de 3,18 MPa para o adesivo fenol-formaldeído.

Hoong et al. (2009) verificaram as propriedades de painéis compensados de *Canarium* spp. produzidos com o adesivo fenol-formaldeído e com a associação de tanino de *Acacia mangium* e fenol-formaldeído (nas proporções de 90:10 e 80:20) e observaram redução significativa dos valores médios de cisalhamento seco quando foram adicionadas as porcentagens de 90% e 80% de tanino de *A. mangium*, tendo sido obtidos os valores médios de 1,86 e 2,01 MPa.

Mori et al. (1999), verificando as propriedades de painéis compensados produzidos com a madeira de *Araucaria angustifolia* e adesivo à base de tanino da casca de *Eucalyptus grandis*, obtiveram valores médios entre 1,02 e 1,43 MPa para a resistência ao cisalhamento seco. Esses autores observaram, ainda, assim como neste trabalho, igualdade estatística para essa propriedade em relação aos painéis produzidos com adesivo de tanino de acácia negra e valores inferiores aos obtidos para o adesivo fenol-formaldeído.

De forma geral, os valores médios obtidos para os adesivos à base de barbatimão estão de acordo com os valores médios encontrados na literatura para o cisalhamento seco em painéis compensados produzidos com diferentes tipos de taninos.

Quanto à falha na madeira no ensaio de cisalhamento seco, os painéis compensados produzidos com o adesivo à base de tanino apresentaram baixos valores médios quando comparados com os obtidos para os painéis com adesivo fenol-formaldeído. O mesmo foi verificado por Pollnow (2010) que, ao avaliar painéis

compensados de *Pinus taeda* produzidos com o adesivo comercial de tanino de acácia negra, obteve valores de falha da madeira ao cisalhamento seco na ordem de 0,8 a 5,7%.

Porém, quando analisados os requisitos de colagem da norma EN 314-2 (CEN, 1993b) (Tabela 5), a qual afirma que os painéis com resistência acima de 1,04 MPa não precisam ser classificados quanto à falha na madeira, todos os tratamentos se mostram aptos à utilização.

Os resultados dos ensaios de resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento e a porcentagem de falha na madeira, realizados na condição pós-fervura, estão apresentados na Tabela 6.

No caso do cisalhamento pós-fervura, os painéis produzidos apenas com o adesivo à base de tanino da folha de barbatimão tiveram as lâminas descoladas após serem submetidos ao ciclo de fervura, demonstrando que a colagem não resistiu

à preparação prévia para a realização do ensaio de cisalhamento pós-fervura. A utilização desse adesivo promoveu, ainda, reduções significativas quando associado na porcentagem de 50% com os taninos da casca de barbatimão ou casca de acácia negra.

Não houve diferenciação estatística para a resistência ao cisalhamento pós-fervura dos tratamentos produzidos com os adesivos à base de casca de barbatimão e casca de acácia negra, assim como em relação ao tratamento com um terço de tanino de folha de barbatimão, um terço de tanino de casca de barbatimão e um terço de tanino de casca de acácia negra. Demonstrou-se, dessa forma, que a utilização de um terço de tanino de folha de barbatimão não afeta significativamente a propriedade de cisalhamento pós-fervura dos painéis.

Os painéis compensados com o adesivo fenol-formaldeído obtiveram os maiores valores médios da resistência ao cisalhamento pós-fervura, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos. Tal fato pode ter ocorrido em função das propriedades dos adesivos, assim como foi discutido na propriedade de cisalhamento seco.

Ferreira et al. (2008), avaliando a qualidade de painéis compensados de sumaúma produzidos com o adesivo à base de tanino de casca de *Pinus oocarpa*, obtiveram valores médios de cisalhamento pós-fervura de 1,06 MPa para o adesivo de tanino e de 2,58 MPa para o adesivo fenol-formaldeído. Vázquez et al. (2003), avaliando a qualidade de painéis compensados de madeira de *Eucalyptus globulus* produzidos com o adesivo à base de casca de *Pinus pinaster* em mistura com o adesivo fenol-formaldeído, encontraram valores médios para o cisalhamento pós-fervura de 1,22 a 1,84 kgf/cm².

Moubarik et al. (2009), avaliando as propriedades de painéis compensados de *Pinus pinaster* produzidos com o adesivo da mistura de farinha de trigo, tanino de quebracho e fenol-formaldeído (15:5:80), obtiveram valor médio de 1,75 MPa para o cisalhamento pós-fervura.

Hoong et al. (2009) verificaram as propriedades de painéis compensados de *Canarium* spp. produzidos com o adesivo fenol-formaldeído e com a associação de tanino de *A. mangium* e fenol-formaldeído (nas proporções de 90:10 e 80:20)

Tabela 5. Requisitos de colagem da norma EN 314-2 (CEN, 1993b).

Table 5. Bonding requirements of standard EN 314-2 (CEN, 1993b).

| Resistência ao cisalhamento (MPa) | Falha na madeira (%) |
|-----------------------------------|----------------------|
| 0,20 ≤ fv < 0,42 | ≥ 80 |
| 0,42 ≤ fc < 0,62 | ≥ 60 |
| 0,62 ≤ fc < 1,04 | ≥ 40 |
| 1,04 ≤ fv | Sem exigência |

Tabela 6. Resistência ao cisalhamento pós-fervura.

Table 6. Resistance shear after boiling.

| Tratamentos | Resistência (MPa) | Falha na madeira (%) |
|-----------------|-------------------|----------------------|
| TFB | 0 | 0,0 |
| TCB | 1,26 ^B | 0,0 |
| TCA | 1,05 ^B | 0,6 |
| FF | 2,80 ^C | 65,1 |
| TFB + TCB | 0,65 ^A | 0,0 |
| TFB + TCA | 0,49 ^A | 0,0 |
| TFB + TCB + TCA | 1,22 ^B | 0,0 |
| CV (%) | 37,92 | |

Média seguida de mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de significância. TFB = Tanino da folha de barbatimão; TCB = Tanino da casca de barbatimão; TCA = Tanino da casca de acácia negra; FF = Fenol-formaldeído.

e observaram redução significativa dos valores médios de cisalhamento pós-fervura quando foram adicionadas as porcentagens de 90% e 80% de tanino de *A. mangium*, sendo obtidos os valores médios de 0,96 e 1,43 MPa, respectivamente.

De forma geral, o valor médio obtido para o adesivo produzido com o tanino da casca de barbatimão está de acordo com os valores médios encontrados na literatura para o cisalhamento pós-fervura em painéis compensados produzidos com diferentes tipos de taninos.

Quanto à falha na madeira no ensaio de cisalhamento pós-fervura, os painéis compensados produzidos com os adesivos à base de tanino apresentaram rompimento apenas na linha de cola, diferentemente do obtido para os painéis produzidos com o adesivo fenol-formaldeído, que apresentaram falha na madeira em uma média de 65,1%. Contudo, quando analisados os requisitos de colagem da norma EN 314-2 (CEN, 1993b) (Tabela 5), a qual afirma que os painéis com resistência acima de 1,04 MPa não precisam ser classificados quanto à falha na madeira, os tratamentos produzidos com adesivos de taninos de casca de barbatimão e de acácia negra, e com a mistura de um terço de cada tipo de tanino também se mostraram aptos para a utilização.

4. CONCLUSÕES

O adesivo de casca de barbatimão apresentou a mesma resistência ao cisalhamento seco e pós-fervura que o adesivo comercial de tanino de casca de acácia negra. Apresenta-se, contudo, com menor resistência do que os painéis produzidos com o adesivo fenol-formaldeído, apesar de também atender aos valores estipulados pela norma EN 314-2 (CEN, 1993b).

O adesivo à base de tanino da folha de barbatimão apresentou possibilidade de aplicação apenas em associação com os taninos de casca de barbatimão e casca de acácia negra, quando avaliada a propriedade de cisalhamento pós-fervura. Diversamente, no cisalhamento seco, atendeu aos requisitos estipulados pela norma EN 314-2 (CEN, 1993b), podendo ser utilizado para painéis compensados destinados a ambientes internos protegidos da umidade.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG e ao CNPq, pelo apoio financeiro para realização deste trabalho. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira da UFLA e ao José Benedito Guimarães Júnior, pela ajuda na organização dos dados.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 16/11/2011

Aceito: 10/07/2012

Publicado: 30/09/2012

AUTOR (ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Selma Lopes Goulart

Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras – UFLA, CP 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil
e-mail: lopesgoulart@yahoo.com.br

Rafael Farinassi Mendes

Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras – UFLA, CP 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil
e-mail: rafaelarinassi@gmail.com

REFERÊNCIAS

- Almeida NF, Mori FA, Goulart SL, Mendes LM. Estudo da reatividade de taninos de folhas e cascas de barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. *Scientia Forestalis* 2010; 38(87): 401-8.
- American Society for Testing and Materials – ASTM. *D1582: annual book of ASTM standards - adhesives*. Washington: ASTM; 1994.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. *NBR 9485: chapas de madeira compensada - determinação da massa específica aparente*. Rio de Janeiro: ABNT; 1986.
- Barbosa AP. *Evaluation of adhesives composed by wood bark tannin*. Tokyo: ITTO; 1996.
- Campos ACM, Mori FA, Rios PD, Trugilho PF, Mendes LM. Extração aquosa de taninos a partir de folha de *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão). In: *Anais do X Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras*; 2006; São Paulo. São Paulo; 2006. p. 7-8.

- European Committee for Standardization – CEN. *EN 314-1: plywood bonding quality - part 1 - test methods*. Geneva: CEN; 1993a.
- European Committee for Standardization – CEN. *EN 314-2: plywood - bonding quality - part 2 - requirements*. Geneva: CEN; 1993b.
- Ferreira ES, Lelis RCC, Brito E, Iwakiri S. Use of Tannin from *Pinus oocarpa* Bark for Manufacture of Plywood. In: *Proceedings of the LI International Convention of Society of Wood Science and Technology*; 2008; Concepción. Concepción; 2008. p. 10-12.
- Goulart SL, Mori FA, Almeida NF, Mendes LM, Ribeiro AO. Obtenção de taninos a partir das folhas de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] em diferentes granulometrias visando a produção de adesivos. In: *Anais do XI Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira*; 2008; Londrina. Londrina; 2008. p. 7-9.
- Hoong YB, Paridah MT, Luqman CA, Koh MP, Loh YF. Fortification of sulfited tannin from the bark of *Acacia mangium* with phenol-formaldehyde for use as plywood adhesive. *Industrial Crops and Products* 2009; 30: 416-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.07.012>
- Lorenzi H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 1998.
- Mori FA. *Caracterização parcial dos taninos das cascas de Eucalyptus para produção de adesivos* [tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2000.
- Mori FA. *Uso de taninos da casca de Eucalyptus grandis para produção de adesivos de madeira* [dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 1997.
- Mori FA, Vital BR, Della Lucia RM, Valente OF, Pimenta AS. Utilização de resina à base de taninos da casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na produção de painéis compensados. *Revista Árvore* 1999; 23(4): 455-61.
- Moubarik A, Pizzi A, Allal A, Charriera F, Charriera B. Cornstarch and tannin in phenol-formaldehyde resins for plywood production. *Industrial Crops and Products* 2009; 30: 188-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.03.005>
- Pizzi A. Tannin based adhesives. *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews* 1980; 18(2): 247-315. <http://dx.doi.org/10.1080/00222358008081043>
- Pizzi A, Mittal KL. *Handbook of adhesive technology*. New York: M. Dekker; 1994.
- Pizzi A, Mittal KL. *Handbook of adhesive technology*. 7th ed. New York: M. Dekker; 2003. <http://dx.doi.org/10.1201/9780203912225>
- Pollnow RK. *Painéis compensados de Pinus taeda produzidos com resina uréia-formaldeído e diferentes proporções de resina à base de tanino* [monografia]. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas; 2010.
- Santana AE, Baumann ED, Conner AH. Resols resins prepared with tannin liquified in phenol. *Holzforschung* 1995; 49(2): 146-52. <http://dx.doi.org/10.1515/hfsg.1995.49.2.146>
- Santos AS, Barbosa AP, Vianez BF. Desenvolvimento de formulações de adesivos a partir de extrativos de espécies florestais da Amazônia Central. In: *Anais da XII Jornada de Iniciação Científica*; 2003; Manaus. Manaus: INPA; 2003. p. 189-190.
- Teodoro AS, Lelis RCC. Colagem de madeira sólida com adesivo natural à base de tanino. *Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida* 2005; 25(1): 55-9.
- Vázquez G, Alvarez JG, Suevos FL, Antorrena G. Effect of veneer side wettability on bonding quality of *Eucalyptus globulus* plywoods prepared using a tannin-phenol-formaldehyde adhesive. *Bioresource Technology* 2003; 87: 349-53. [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00230-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00230-4)