

Recebido: 19-10-2015 Aceito: 14-04-2016

## Adesivos naturais e sintéticos em painéis compensados

Amélia Guimarães Carvalho<sup>1\*</sup>, Antônio José Vinha Zanuncio<sup>1</sup>, Fabio Akira Mori<sup>2</sup>, Rafael Farinassi Mendes<sup>2</sup>, Lourival Marin Mendes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras

**RESUMO** O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades dos painéis compensados produzidos com adesivos tânicos de barbatimão e de acácia e compará-los com os adesivos sintéticos. Os painéis foram fabricados com cinco lâminas cruzadas, o adesivo na gramatura de 360 g.m<sup>-2</sup> (linha dupla) e o tempo de montagem de 10 minutos. Foi utilizado um ciclo de prensagem de 150°C, 12 kgf.cm<sup>-2</sup> por 10 minutos. Os painéis que utilizaram o adesivo tânico de barbatimão assim como os de ureia e fenol formaldeído atenderam o mínimo estipulado para o módulo de elasticidade perpendicular e os módulos de ruptura paralelo e perpendicular da norma de comercialização, assim como atenderam o valor mínimo requerido pela norma europeia em relação à resistência ao cisalhamento. Não foi encontrada diferença estatística para absorção de água e ao inchamento em espessura após 24h de imersão, entre os painéis produzidos com os adesivos ureia-formaldeído, fenol-formaldeído e tânico de barbatimão. Os adesivos tânicos de barbatimão apresentaram potencial para produção de painéis compensados. Contudo não é recomendável a utilização do adesivo tânico de acácia em ambientes externos ou internos que o painel tenha contato com umidade elevada.

**Palavras-chave:** Taninos; *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville; chapas.

## Natural and synthetic adhesives in plywood panels

**ABSTRACT** The aim of this study was to evaluate the properties of plywood panels produced with tannin adhesives from barbatimão e acacia and compare them with those with synthetic adhesives. The panels were manufactured with five crossed layers, the adhesive at a grammage of 360 g.m<sup>-2</sup> (double line) and the assembly time of 10 minutes. We used a pressing cycle at a temperature of 150°C, specific pressure of 12 kgf.cm<sup>-2</sup> and a time of 10 minutes. The panels produced with tannic adhesive from barbatimão as well as urea and phenol formaldehyde adhesives met the stipulated minimum for modulus of elasticity perpendicular, modulus of rupture parallel and perpendicular, the marketing standard, as met the minimum required by the European standard in relation to the shear strength. No statistical difference, in water absorption and thickness swelling was found after 24h immersion, among panels produced with urea-formaldehyde, phenol-formaldehyde and tannic barbatimão adhesives. The tannins from barbatimão had potential for production of plywood. However it is not recommended the use of tannic adhesive from acacia in outside places or internal place with high humidity.

**Keywords:** Tannins; *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville; panels.

### Introdução

O painel compensado é produzido a partir de lâminas de madeira dispostas perpendicularmente e em número ímpar. A conformação deste painel garante tanto melhor estabilidade dimensional como melhor distribuição da resistência nos sentidos longitudinal e transversal (IWAKIRI, 2005).

Compensados utilizam principalmente adesivos sintéticos a partir do petróleo e gás natural. Com os instáveis preços dos combustíveis fósseis e crescente pressão pela utilização de matéria prima renovável, existe uma grande incerteza sobre o custo futuro e disponibilidade de adesivos sintéticos. As preocupações com a segurança do fornecimento é o principal

propulsor da busca de fontes alternativas de matéria prima para adesivos.

Além disso, de acordo com Özbay e Ayrilmis (2015) ao longo das últimas décadas, as questões ambientais e de sustentabilidade tornaram-se os principais motores de pesquisa para a produção de materiais ecológicos desenvolvidos a partir de recursos renováveis.

Neste contexto, os adesivos naturais a partir da lignina (NAVARRETE, et al., 2012; GHAFAR; FAN, 2014), do óleo da mamona (DIAS; LAHR, 2004; PAES et al., 2011), proteína (LI, et al., 2012; LAGEL, et al., 2014) e principalmente os adesivos tânicos (ABDULLAH, et al., 2013; ZHOU, et al., 2013; ZHOU; PIZZI, 2014; CARVALHO et al., 2014) surgem como alternativa. Os taninos são compostos fenólicos, classificados como metabólitos secundários importantes no mecanismo de defesa do vegetal, contra a radiação solar, herbivoria e organismos patogênicos. Sua concentração na planta é influenciada por fatores genéticos e ambientais.

Os taninos são utilizados no curtimento de peles, tratamento de água potável (floculante), agente antioxidante em águas e caldeiras, desenvolvimento de sabor adstringente na fabricação de bebidas, indústria farmacêutica (PIZZI, 1994), na clarificação de açúcar, além de ser empregado na confecção de adesivos para artefatos de madeira PIZZI (2016).

Taninos de acácia negra são utilizados em escala industrial no Brasil. Outras espécies, como por exemplo, o barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) também apresenta potencial. Mori et al. (2003) comprovaram o potencial de extração de taninos da casca desta espécie, citando um rendimento de 30,1% e o índice de Stiasny 94,20%. Entretanto, estudos sobre sua utilização na produção de painéis são escassos.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar as propriedades dos painéis compensados produzidos com adesivos

tânicos de barbatimão e acácia e compará-los com os produzidos com adesivos sintéticos (ureia e fenol-formaldeído).

## Material e Métodos

### Obtenção dos adesivos

Para o presente estudo foram utilizadas as resinas sintéticas fenol-formaldeído (FF), e ureia-formaldeído (UF) e adesivos naturais produzidos a partir do tanino de acácia e de barbatimão.

Os adesivos sintéticos e os taninos comerciais de *Acacia mangium* foram obtidos por doações.

As cascas de barbatimão foram coletadas em uma área de fragmento de Cerrado, localizada no município de Lavras, Minas Gerais. As mesmas foram coletadas sem a derrubada das árvores, a partir de 1 metro do solo, com remoção de até 25% do volume de cascas por árvore. Após a coleta, as cascas foram misturadas, fragmentadas, secas ao ar livre e moídas em moinho de martelo com uma peneira de abertura de 2 mm<sup>2</sup>.

Os polifenóis foram extraídos com 3% de sulfito de sódio em relação à massa seca, a 70°C por três horas, empregando uma relação licor/casca de 15:1 v:m (MORI et al., 2003). Por fim, o material foi filtrado com uma peneira de malha 40 e, com auxílio de uma bomba de vácuo, em cadinhos de vidro sinterizado de porosidade número dois.

Os extratos foram distribuídos em bandejas de vidro, secos em estufa com circulação de ar à 40°C e posteriormente moídos em graal de porcelana com pistilo.

Os adesivos termofixos à base de taninos foram sintetizados misturando-se os taninos em pó com água, em um agitador a 4000 rpm, com 50% de sólidos totais. Após 24 horas de hidratação foi adicionado 8% do paraformaldeído em pó (agente ligante) em relação à massa seca de taninos em pó.

### **Propriedade dos adesivos**

As propriedades de viscosidade, gel time, teor de sólidos e pH, dos quatro tipos de adesivos foram determinadas. Para cada propriedade foram realizadas cinco repetições. A viscosidade foi determinada utilizando-se um viscosímetro do tipo Copo Ford (Universal) e seguindo os parâmetros estipulados pela norma ASTM D-1200 (ASTM, 1994).

O tempo de gel foi obtido utilizando-se amostras de 5 g de adesivo de cada tratamento, colocadas em tubos de ensaio de 15 cm de altura e 2 cm de diâmetro. O conjunto tubo-bastão foi mergulhado em um banho de glicerina à temperatura de 130°C. Com o auxílio do bastão, o líquido foi constantemente agitado com movimento vertical, em função do aumento na resistência do adesivo ao atingir a “fase de gel”. O tempo de gelatinização para cada tratamento foi aquele entre imersão do tubo na glicerina e o momento em que a amostra endureceu, sendo correspondente à polimerização ou gel time do adesivo.

A determinação do teor de sólidos foi realizada com 1g do adesivo de cada tratamento, secando na estufa à temperatura de  $103 \pm 3^\circ\text{C}$ , por três horas. Antes da obtenção da massa do material seco este permaneceu em um dessecador por 15 minutos. O percentual do teor de sólidos foi calculado pela divisão entre a massa final pela massa inicial multiplicado por 100.

O pH dos extratos aquosos foi determinado pelo pHmetro, após 4 minutos de contato com o adesivo.

### **Obtenção das lâminas**

Para confecção das lâminas foram coletadas árvores de *Pinus oocarpa* com trinta anos de idade. Discos de 5 cm de espessura foram retirados na base, e a 25, 50, 75 e 100% da altura comercial (diâmetro mínimo de 5 cm), para a determinação da densidade básica da madeira, a qual foi

realizada de acordo com a norma NBR 11941 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2003).

As toras de *Pinus oocarpa* foram aquecidas em água à 66°C por 24 horas. As lâminas foram geradas em torno laminador, com espessura nominal de 2 mm e guilhotinadas nas dimensões de 480 x 480 mm. As mesmas foram condicionadas para secagem em local coberto e em seguida secas em estufa com circulação forçada de ar, até atingirem o teor de umidade de 8%.

### **Fabricação dos painéis compensados**

Os painéis foram produzidos com cinco lâminas cruzadas e adesivo na gramatura de  $360 \text{ g.m}^{-2}$  (linha dupla) e o tempo de montagem de 10 minutos. Para cada adesivo foram produzidos três painéis. Foi utilizado um ciclo de prensagem com temperatura de 150°C, pressão específica de  $12 \text{ kgf.cm}^{-2}$  e um tempo de prensagem de 10 minutos. Os painéis foram produzidos em triplicata com adesivo ureia-formaldeído, fenol-formaldeído e tânicos de *Acacia mangium* e *Stryphnodendron adstringens*.

### **Testes físicos e mecânicos**

Os corpos de prova foram confeccionados e climatizados a  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $65 \pm 5\%$ . O módulo de ruptura e o módulo de elasticidade à flexão estática (paralelo e perpendicular) foram determinados de acordo com a norma europeia EN 310/1993. O cisalhamento na linha de cola de acordo com a norma EN 314-1/1993, em que, de cada painel foram retirados 50 corpos de prova, 25 para o teste de cisalhamento a seco e 25 para o teste de cisalhamento após a imersão dos corpos de prova por 24 horas em água. As propriedades de absorção de água, inchamento em espessura e densidade dos painéis foram determinadas de acordo com a norma brasileira NBR 9485 (ABNT, 1986).

### Análise estatística

De forma preliminar às análises de variância foi realizado o teste de homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett, a 5% de significância) e de normalidade (teste Shapiro-Wilk, a 5% de significância). Para a avaliação dos dados foi empregado um delineamento inteiramente casualizado. Para a diferenciação das médias de cada tratamento, foi realizado o teste de Tukey, a 5% de significância.

## Resultados e Discussão

### Propriedades dos adesivos

A viscosidade do adesivo à base de taninos de barbatimão foi superior aos outros adesivos (Tabela 1). A viscosidade é importante para aplicação do adesivo e os valores encontrados são aceitáveis para aplicação em painéis compensados, uma vez que segundo Iwakiri (2005) um aumento excessivo na viscosidade do adesivo, irá reduzir a sua absorção pela madeira e, aliada à aplicação de baixa pressão de prensagem dos painéis compensados, poderá resultar em formação de linha de cola espessa.

**Tabela 1.** Valores médios das propriedades de viscosidade, gel time, teor de sólidos e pH, dos adesivos

**Table 1.** Mean values of viscosity, gel time, solids content and pH of the adhesive

Trat.	V (cP)	Gel time (s)	Teor de sólidos (%)	pH
UF	218	120	53,8	8,9
FF	150	279	46,8	13
Bar	494	90	50,7	4,9
Aca	430	103	47,9	5,3

Trat. = Tratamentos; V = Viscosidade; UF = Uréia-formaldeído; FF=Fenol-formaldéido; Bar= Adesivo tânico de barbatimão; Aca=Adesivo tânico de acácia.

O baixo tempo de gel do adesivo tânico de barbatimão evidencia a alta reatividade, devido a sua rápida reação com o

paraformaldeído, o que promove a cura mais rápida e diminui o tempo para a aplicação.

O teor de sólidos é relacionado com a percentagem de sítios reativos com o agente ligante. Um maior teor de sólidos do adesivo normalmente torna a linha de cola mais resistente. No entanto, um teor de sólido muito alto, pode aumentar muito a viscosidade do adesivo e prejudicar a aplicação do adesivo via aspersão, seu espalhamento e a penetração do adesivo na madeira.

Os taninos foram hidratados visando um adesivo com teor de sólidos de 50%. De forma geral, tanto as misturas como o adesivo FF apresentaram valores próximos de 50%, faixa adequada para produção dos painéis laminados.

É possível verificar o caráter ácido do adesivo tânico e básico do adesivo fenol-formaldeído e ureia formaldeído com base no pH dos mesmos. Segundo Iwakiri (2005) o adesivo deve manter o pH na faixa de 2,5 a 11, pois adesivos com valores de pH acima deste limite podem causar a degradação das fibras de madeira, e um pH inferior pode provocar uma formação excessiva de espuma na mistura, prejudicando sensivelmente a aplicação do adesivo.

O adesivo fenol formaldeído ultrapassou esse limite, entretanto não foi observado a degradação das fibras da madeira de pinus.

### Propriedades dos painéis compensados

A densidade básica da madeira do *Pinus oocarpa*, foi de 0,42 g/cm<sup>3</sup> e não foi encontrada diferença estatística entre a densidade dos painéis produzidos com os diferentes adesivos (Tabela 2).

Todos os valores de densidade dos painéis ficaram entre os valores mínimo (0,516 g.cm<sup>-3</sup>) e médio (0,565 g.cm<sup>-3</sup>) especificado na norma NBR 31:000.05001/2 (ABNT, 2001) para painéis produzidos com madeira de pinus, com cinco lâminas e espessura de nove milímetros.

Não foi encontrada diferença estatística para absorção de água e o inchamento em espessura após 24h de imersão em água, entre os painéis produzidos com os adesivos UF, FF e tânico de barbatimão. Os painéis com o adesivo tânico de acácia não resistiram à imersão, uma vez que os corpos de prova se delaminaram após 24h de imersão em água. Esse comportamento deixa claro que o adesivo tânico de acácia não é resistente a umidade, sendo assim, não deve ser utilizado em painéis que quando em uso terão contato com umidade elevada.

**Tabela 2.** Propriedades físicas dos painéis compensados produzidos com diferentes adesivos

**Table 2.** Physical properties of plywood panels produced with different adhesives

Trat.	Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	AA24h (%)	IE24h(%)
UF	0,527 (0,019) a	62,68 (3,3) a	6,01 (0,3) a
FF	0,516 (0,015) a	57,32 (3,1) a	5,32 (1,0) a
Bar	0,524 (0,024) a	55,88 (3,6) a	4,34 (1,1) a
Aca	0,510 (0,018) a	-	-

AA24h(%)= absorção de água após 24 horas de imersão em água; IE24h(%)=Inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água; UF = Ureia-formaldeído; FF=Fenol-formaldeído; Bar= Adesivo tânico de barbatimão; Aca=Adesivo tânico de acácia. \* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Valores dentro dos parênteses é o desvio padrão.

Os valores de AA24h e IE24h dos painéis compensados produzidos com adesivo tânico de barbatimão apresentaram-se inferiores aos observados por Silva et al. (2012) para painéis compensados com adesivo tânico de *Pinus oocarpa* var. *oocarpa* (gramatura 320 g.cm<sup>-2</sup>), citando valores de 8,7% e 107,6% para IE24h e AA24h, respectivamente.

O cisalhamento a seco dos painéis produzidos com o adesivo de acácia foram inferiores aos demais. Já no teste úmido de cisalhamento não foi possível a realização do teste com o adesivo tânico de acácia uma vez que os corpos de prova se delaminaram, não resistiram à imersão em água. Os painéis

produzidos com adesivo tânico de barbatimão apresentaram resistência ao cisalhamento úmido estatisticamente igual aos painéis produzidos com adesivos comerciais ureia e fenol formaldeído (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resistência ao cisalhamento dos painéis compensados produzidos com diferentes adesivos

**Table 3.** Shear strength of the plywood panels produced with different adhesives

Tratamento	Cisalhamento seco (MPa)	Cisalhamento úmido (MPa)
UF	2,19 (0,46) ab	2,34 (0,29) a
FF	2,53 (0,32) a	2,54 (0,55) a
Bar	2,04 (0,38) ab	1,85 (0,23) a
Aca	1,33 (0,11) b	-

UF = Ureia-formaldeído; FF=Fenol-formaldeído; Bar= Adesivo tânico de barbatimão; Aca=Adesivo tânico de acácia.

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Todos os tratamentos apresentaram-se coerentes em relação aos dados encontrados na literatura, e obtiveram valores superiores a 1 MPa, que é o valor mínimo requerido pela norma europeia EN 314-2 (1993b), sem a exigência de avaliar a porcentagem de falha na madeira.

Hoong et al. (2009) testaram o cisalhamento a seco e úmido de painéis compensados produzidos com madeira de *Canarium* spp., com adesivo FF e a substituição deste por 90% de adesivo tânico de *Acacia mangium* (TF), assim como a mistura na proporção de 10:80:10 para FF:TF:LPF, onde LPF é um adesivo fenólico com baixa massa molecular. Os autores encontraram valores para o teste a seco variando de 1,86 a 2,22 MPa e no teste úmido variando entre 1,77 até 2,16 MPa. Dados esses semelhantes aos encontrados nesse trabalho para o adesivo FF e o tânico de barbatimão, apenas o adesivo de acácia apresentou valores de cisalhamento inferior à literatura citada.

Apenas para o módulo de elasticidade paralelo não foi encontrado diferença estatística entre os adesivos testados (Ta-

bela 3), sendo que o adesivo tânico de barbatimão foi estatisticamente igual aos adesivos UF e FF para todos os módulos de ruptura e de elasticidade. Para o MOR // e MOR  $\perp$  os painéis produzidos com taninos de acácia foram inferiores em relação aos adesivos ureia e fenol formaldeído. Evidenciando a menor resistência desse adesivo.

Iwakiri et al. (2012) produziram painéis compensados com *Pinus caribaea* variedades *caribaea* (Pcc), *Pinus hondurensis* (Pch) e *Pinus bahamensis* (Pcb), utilizando o adesivo fenol-formaldeído a uma gramatura de 380 g.m<sup>-2</sup> (linha dupla). Os autores encontraram valores médios de 61,0 (Pcc); 75,2 (Pch) e 84,1 MPa (Pcb) para MOR //, e valores médios de 34,9 (Pcc); 33,2 (Pch) e 34,6 MPa (Pcb) para o MOR  $\perp$ .

Silva et al. (2012) produziram painéis compensados com lâminas de *Pinus taeda* de 2 mm de espessura, com o adesivo tânico de *Pinus oocarpa* var. *oocarpa* e fenol formaldeído a uma gramatura de 320 g.m<sup>-2</sup> e obtiveram 50,2 e 69,7 MPa para o MOR // e 14,8 e 21,1 MPa para o MOR  $\perp$ , respectivamente.

Os valores médios para o MOR // e MOR  $\perp$  obtidos no presente estudo, para todos os tratamentos, se mostraram coerentes com os obtidos na literatura citada acima. Todos os tratamentos atenderam as exigências da norma NBR 31:000.05-001/2 (ABNT, 2001) onde o mínimo requerido é de 30,9 MPa para o MOR // e 14 MPa para o MOR  $\perp$ . Os valores médios de MOE // obtidos se mostraram próximos aos encontrados na literatura citada anteriormente e os valores de

MOE  $\perp$  foram superiores. Em comparação com a norma de comercialização NBR 31:000.05-001/2 (ABNT, 2001) apenas o tratamento com adesivo tânico de acácia não atendeu ao mínimo estipulado para o MOE  $\perp$ , que é de 1485 MPa. Já em relação ao MOE //, onde o mínimo estipulado é de 5223 MPa, apenas o tratamento com fenol-formaldeído puro conseguiu atender a normativa.

## Conclusões

Todas as propriedades dos painéis compensados produzidos com o adesivo tânico de barbatimão foram estatisticamente iguais aos adesivos comerciais UF e FF. O adesivo tânico de barbatimão se mostrou apto para o uso em painéis compensados. Contudo não é recomendável a utilização do adesivo tânico de acácia em ambientes externos ou internos que o painel tenha contato com umidade elevada.

## Referências

ABDULLAH, U. H.; ZHOU, X.; PIZZI, A.; MERLIN, A. Surface quality of plywood overlaid with mimosa (*Acacia mearnsii*) tannin and melamine urea formaldehyde impregnated paper: effects of moisture content of resin-impregnated papers before pressing on the physical properties of overlaid panels. **International Wood Products Journal**, v.4, p.253–256, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 11941**: Madeira - Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003, 6p.

**Tabela 4.** Módulo de ruptura e de elasticidade dos painéis compensados produzidos com diferentes adesivos

**Table 4.** Modulus of rupture and elasticity of plywood produced with different adhesives

Tratamento	MOR // (MPa)	MOE // (MPa)	MOR $\perp$ (MPa)	MOE $\perp$ (MPa)
UF	52,35 (3,35) a	4843,69 (1008,9) a	37,30 (5,67) a	2204,84 (529,2) ab
FF	56,70 (6,01) a	5350,23 (930,6) a	38,54 (5,81) a	2660,36 (466,2) a
Barb	46,03 (4,98) ab	3877,93 (858,76) a	29,25 (3,48) ab	2018,21 (381,7) ab
Aca	38,17 (3,02) b	3819,34 (620,34) a	20,91 (2,40) b	1388,97 (132,35) b

UF = Ureia-formaldeído; FF=Fenol-formaldeído; Bar= Adesivo tânico de barbatimão; Aca=Adesivo tânico de acácia.

MOR // = Módulo de ruptura paralelo; MOE // = Módulo de elasticidade paralelo; MOR  $\perp$  = Módulo de ruptura perpendicular; MOE  $\perp$  = Módulo de elasticidade perpendicular.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **CB-31**: projeto de normas 31.000.05.001/2: chapas de madeira compensada. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 9485**: Compensado - Determinação da massa específica aparente. Brasília, 1986.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1200: Test method for Viscosity by Ford Viscosity. Philadelphia, 1994.
- CARVALHO, A.G.; MORI, F.A.; MENDES, R.F.; ZANUNCIO, A.J.V.; DA SILVA, M.G.; MENDES, L.M. MORI, C.L.S.O. Use of tannin adhesive from *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville in the production of OSB panels. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 72, n.4, p-425-432, 2014.
- DIAS, F.M.; LAHR, F.A.R. Alternative castor oil-based polyurethane adhesive used in the production of plywood. **Materials Research**, v.7, n.3, p.413-420, 2004.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310**: plywood - based panels: determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Bruxelas, 1993.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 314-1**: plywood - bonding quality: test method., Bruxelas, 1993. 12 p. Part 1.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 314-2**. plywood - bonding quality: requirements. Bruxelas, 1993. Part 2.
- GHAFFAR, S.H.; FAN, G.M. Lignin in straw and its applications as an adhesive. **International Journal of Adhesion & Adhesives**, v.48, p.92-101, 2014.
- HOONG, Y.B.; PARIDAH, M.T.; LUQMAN, C.A.; KOH, M.P.; LOH, Y. Fortification of sulfited tannin from the bark of *Acacia mangium* with phenol-formaldehyde for use as plywood adhesive. **Industrial Crops and Products**, v.30, n.3, p. 416-421, 2009.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005.
- IWAKIRI, S.; MATOS, J.L.M.; FERREIRA, E.S.; PRATA, J.G.; TRIANOSKI, R. Produção de painéis compensados estruturais com diferentes composições de lâminas de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea*. **Revista Árvore**, v.36, n.3, p.569-576, 2012.
- LAGEL, M. C.; PIZZI, A.; RED, A. Phenol-wheat protein-formaldehyde adhesives for wood-based panels. **Pro Ligno**, v.10, p.3-17, 2014.
- LI, X.; PIZZI, A.; CANGEMI, M.; FIERRO, V.; CELZARD, A. Flexible natural tannin-based and protein-based biosourced foams. **Industrial Crops and Products**, v.37, p.389-393, 2012.
- MORI, F.A.; MORI, C.L.S.O.; MENDES, L.M.; SILVA, J.R.M.; MELO, V.M. Influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). **Floresta e Ambiente**, v.10, n.1, p.86-92, 2003.
- NAVARRETE, P.; PIZZI, A.; TAPIN-LINGUA, S.; BENJELLOUN-MLAYAH, B.; PASCH, H.; RODE, K.; DELMOTTE, L.; RIGOLET, S. Low formaldehyde emitting biobased wood adhesives manufactured from mixtures of tannin and glyoxalated lignin. **Journal of Adhesion Science and Technology**, v.26, p.1667-1684, 2012.
- ÖZBAY, G.; AYRILMIS, N. Bonding performance of wood bonded with adhesive mixtures composed of phenolformaldehyde and bio-oil. **Industrial Crops and Products**, v.66, p.68-72, 2015.
- PAES, J.B.; NUNES, S.T.; ROCCO LAHR, F.A.; NASCIMENTO, M.F.; LACERDA, R.M.A. Qualidade de chapas de partículas de *Pinus elliottii* coladas com resina poliuretana sob diferentes combinações de pressão e temperatura. **Ciência Florestal**, v.21, n.3, p.551-558, 2011.
- PIZZI, A. Tannin-based wood adhesives. In **Wood Adhesives: Advanced wood adhesives technology**. New York: M. Dekker, 1994. p. 149-217.
- PIZZI, A. Wood products and green chemistry. **Annals of Forest Science**, v.73, p.185-203, 2016.
- SILVA, B.C.; VIEIRA, M.C.; OLIVEIRA, G.L.; GONÇALVES, F.G.; RODRIGUES, N.D.; LELIS, R.C.C.; IWAKIRI, S. Qualidade de compensados fabricados com adesivos à base de tanino-formaldeído de *Pinus oocarpa* e fenol-formaldeído. **Floresta e Ambiente**, v.19, n.4, p.511-519, 2012.
- ZHOU, X.; PIZZI, A. Pine tannin adhesives for plywood. **International Wood Products Journal**, v. 5, p. 27-32, 2014.

ZHOU, X.; PIZZI, A.; SAUGET, A.; NICOLLIN A; LI, X.; CELZARD, A.; PASCH, H.; RODE, K. Lightweight tannin foam/composites sandwich panels and the cold-set tannin adhesive to assemble them. **Industrial Crops and Products**, v.43, p.255–260, 2013.