III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PRODUÇÃO DE COMPENSADO LAMINADO UTILIZANDO ADESIVO LIGNOFENÓLICO

Larissa Carvalho Santos[1]
Lívia Dal Sasso de Souza[2]
Gabriel Andrade Gomes de Assis[2]
Walter Torezani Neto Boschetti[2]
Mateus Alves de Magalhães[2]
Marcia Silva de Jesus[2]
Vitor Dias Lopes Nunes[2]
Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho[3]

[1] Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal
[2] Universidade Federal de Viçosa
[3] DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

PRODUÇÃO DE COMPENSADO LAMINADO UTILIZANDO ADESIVO LIGNOFENÓLICO

Resumo: O adesivo mais aplicado na colagem das lâminas para produção de compensados é o fenol-formaldeído, contudo, em virtude de questões ambientais e de seu elevado custo, diversos estudos buscam substituir o fenol por um composto semelhante, porém de origem natural e renovável. Neste contexto, os adesivos lignofenólicos podem ser um substituto em potencial. Objetivou-se confeccionar painéis compensados laminados colados com adesivos lignofenólicos sintetizados em laboratório, a partir de lignina Kraft fenolada a 50% e de adesivos sintetizados com 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição do fenol. Os painéis compensados foram confeccionados a partir de três lâminas de *Pinus* sp. que, depois de prensados, foram aclimatados e seccionados conforme a norma. A resistência ao cisalhamento foi determinada conforme a norma NBR ISO 12466-1 e, de modo geral, aumentou com as maiores adições de lignina, tendo os painéis produzidos com adesivo formulado com 75% de lignina fenolada na composição apresentado as maiores resistências. Concluiu-se que o adesivo com 75% de substituição do fenol pela lignina fenolada apresentou as melhores propriedades adesivas e a maior resistência ao cisalhamento quando comparado às demais substituições, e não diferiu da testemunha.

Palavras-chave: adesivos para madeira, lignina Kraft, painéis compensados.

LAMINATED COMPOUND PRODUCTION USING LIGNOPHENOLIC ADHESIVE

Abstract: The most applied adhesive in the bonding of slabs for the production of plywood is phenol-formaldehyde, however, due to environmental issues and its high cost, several studies seek to substitute phenol for a similar but naturally occurring and renewable source. In this context, lignofenolic adhesives may be a potential substitute. The objective was to make laminated plywood panels bonded with ligno phenolic adhesives synthesized in the laboratory, from 50% phenolated kraft lignin and adhesives synthesized with 0, 25, 50, 75 and 100% phenol substitution. The compensated panels were made from three slides of *Pinus* sp. Which, after pressing, were acclimatized and sectioned according to the standard. The shear strength was determined in accordance with ISO 12466-1 and, in general, increased with the highest additions of lignin, the panels produced with adhesive formulated with 75% phenol lignin in the composition presented the highest strengths. It was concluded that the adhesive with 75% phenol substitution by phenol lignin had the best adhesive properties and the highest shear strength when compared to the other substitutions, and did not differ from the control.

Keywords: wood adhesives, kraft lignin, offset panels.

1. INTRODUÇÃO

Os adesivos fenólicos são adesivos sintéticos de origem petrolífera (não renovável) e sua disponibilidade está atrelada à disponibilidade de petróleo, bem como, seu custo. Os adesivos correspondem à maior parte dos custos de produção de painéis, o que justifica o interesse em pesquisas que busquem substituir os tradicionais adesivos comerciais por outros mais eficientes, principalmente do ponto de vista ambiental, provindo de fontes renováveis, mas que também apresentem

propriedades semelhantes ou até mesmo superiores e, de preferência, de menor custo (SANTOS, 2016).

A lignina Kraft, residual das empresas de celulose, tem despontado como um complemento para adesivos fenólicos. Porém, para Pizzi e Mittal (2003), nem todas as formulações de adesivos de lignina podem ser utilizadas, devido a dois problemas: a formulação tende a ser corrosiva e o adesivo de lignina pode retardadar o tempo de prensagem, diminuindo a produtividade industrial. Além disso, a lignina possui uma baixa reatividade com o formaldeído, por possuir poucos sítios ativos. Mas de acordo com Çetin e Ozmen (2002), essa baixa reatividade pode ser superada com a fenolação, que naturalmente aumenta o número de sítios ativos da lignina, tornando-a reativa.

Diante do exposto e considerando os amplos usos da lignina, o objetivo do presente trabalho foi produzir painéis compensados de *Pinus* sp. colados com adesivos lignofenólicos, e avaliar e suas propriedades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se lignina Kraft, em pó, precipitada do licor negro Kraft pelo processo LignoBoost, em uma planta piloto de extração. A lignina Kraft passou pelo processo de fenolação, a 50% em massa de fenol, conforme metodologia utilizada por Santos (2016), e a partir da lignina fenolada obtida, sintetizaram-se quatro adesivos lignofenólicos, a diferentes substituições em massa, cujas propriedades são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização dos adesivos sintetizados

Trato	Substituição (%)	Viscosidade (cP)	pH	Tempo de gelatinização (s)	Teor de sólidos (%)
1	0	135,42 b	10,8 b	133,8 d	51,0 a
2	25	37,5 c	10,8 b	228,6 a	44,0 c
3	50	50,0 c	10,9 ab	211,2 b	46,0 b
4	75	150,0 b	11,1 a	165 c	43,0 c
5	100	72.500,0 a	11,0 a	73,8 e	44,0 c

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si (p>0,05), pelo teste de Tukey.

Para a produção dos painéis, foram utilizadas lâminas de *Pinus* sp., com teor de umidade médio de 8% e espessura média de 1 mm. Os painéis, compostos por três lâminas com dimensões de 40 x 40 cm, foram colados com os adesivos sintetizados, à gramatura de 250 g/m², aplicado em face dupla. Foram confeccionados três painéis por tratamento.

As prensagens foram efetuadas em prensa hidráulica INCO tipo PHC, a 180 °C, com pressão de 12 kgf/cm², com tempos de assemblagem, de prensagem e de abertura da prensa de 15, 7 e 1 minutos, respectivamente. Posteriormente os painéis foram armazenados à temperatura ambiente para resfriamento. Foram, então, acondicionados a ± 23 °C e umidade relativa de ± 65% até atingirem massa constante. Após esse período, os painéis foram seccionados para retirada dos corpos-de-prova,

conforme a NBR ISO 12466-1 (ABNT, 2012), para a obtenção dos corpos-de-prova (Figura 1). Os corpos-de-prova tiveram que ser modificados em seu comprimento, para que pudessem se fixar adequadamente à garra da máquina de cisalhamento.

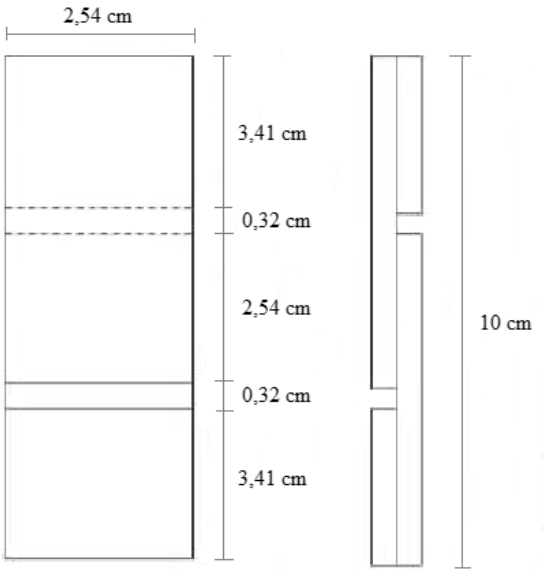

Figura 1. Representação do corpo de prova utilizado para o teste mecânico de cisalhamento.
Fonte: ABNT, 2012.

Foram determinadas a umidade de equilíbrio higroscópico (UEH), de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT, 1997), a densidade aparente seguindo a NBR ISO 12466-1 (ABNT, 2012) e a espessura final do painel.

Também se avaliou a qualidade da colagem dos painéis, por meio do ensaio de resistência ao cisalhamento na linha de cola, realizado em condições seca e úmida, de acordo com a norma NBR ISO 12466-1 (ABNT, 2012). Foram selecionados para ensaio trinta e cinco corpos de prova, sendo vinte na condição seca e quinze na condição úmida, por cada painel compensado. O percentual de ruptura coesiva da madeira (falha da madeira) foi determinado de acordo com a norma NBR ISO 12466-1 (ABNT, 2012).

O experimento foi instalado seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo que a resistência ao cisalhamento na linha de cola dos painéis compensados e porcentagem de falha na madeira foram selecionadas 60 repetições (condição seca) e 45 repetições (condição úmida), por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando observado efeito significativo, os tratamentos foram comparados entre si, por meio do teste de Tukey, a 95% de probabilidade, com o auxílio do programa STATISTICA 8.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade aparente média dos painéis compensados foi 0,54 g/cm³, com limites máximos e mínimos de 0,52 e 0,58 g/cm³, respectivamente, estando próxima à densidade básica da madeira de *Pinus* sp. utilizada.

A espessura final média dos painéis foi de 3,75 cm, não havendo diferença significativa entre eles. Esse comportamento já era esperado, uma vez que os painéis foram produzidos seguindo os mesmos parâmetros de prensagem, e não se esperava influência significativa dos diferentes adesivos na espessura final dos painéis.

A umidade de equilíbrio higroscópico média dos painéis foi de 13,30%. A lignina é um material hidrofóbico, mas, a umidade não apresentou uma tendência de redução com o aumento na porcentagem de lignina fenolada.

Quanto à resistência ao cisalhamento, foram observadas diferenças significativas entre as condições a seco e a úmido para os painéis de compensado produzidos com os diferentes adesivos, como mostra na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de resistência ao cisalhamento na linha de cola, em kgf/cm²

Tratamento	Condição seca	Condição úmida
1	12,2 Ab	11,95 Aa
2	11,01 Ab	12,58 Aa
3	12,74 Aab	13,19 Aa
4	15,36 Aa	13,13 Ba

Médias seguidas da mesma letra (minúscula, na coluna e maiúscula, na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

De modo geral, não houve diferença significativa entre as duas condições avaliadas, com exceção do tratamento 4, que teve sua resistência reduzida em 15% após 24 horas de imersão em água.

A resistência da linha de cola é consequência da composição do adesivo, mediado pela madeira em todas as faces da linha de cola (IWAKIRI, 2005). Neste estudo foi observado a ocorrência do aumento da resistência ao cisalhamento na linha de cola, na condição seca, com as maiores adições de lignina, tendo os painéis produzidos com 75% de lignina fenolada os maiores valores de resistência, apesar de não diferir significativamente do tratamento 3. A resistência ao cisalhamento, na condição úmida, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, apesar de haver uma tendência numérica ao aumento da resistência em função do aumento da adição de lignina fenolada.

Não houve efeito dos tratamentos sobre a variável porcentagem de falha na madeira. Na condição seca, a falha da madeira obteve um valor médio de 90 % de falha, e na condição úmida, uma média de 86%.

Segundo as normas ASTM D2559-99 e D5771-99, que fornecem as especificações exigidas para os usos estrutural e não estrutural de painéis de madeira colada, respectivamente, as amostras testadas devem apresentar pelo menos 75% de falha na madeira na condição seca e 60% na condição úmida. Altos percentuais de falha na madeira são indicativos de boa qualidade na adesão, pois demonstram que a coesão do adesivo e a resistência da interface adesivo-madeira são mais altas que a resistência da própria madeira, enquanto que baixos percentuais indicam que a ruptura ocorreu com tensões menores que as suportadas pela madeira (ASTM, 2000). Todos os tratamentos avaliados neste trabalho apresentaram porcentagem de falha acima de 83%, ultrapassando o valor exigido na norma para ambos os tratamentos, confirmando o potencial dos adesivos lignofenólicos para uso estrutural.

Com isso, o adesivo que apresentou as melhores propriedades adesivas e resistência mecânica superiores à testemunha foi o adesivo com 75% de substituição do fenol pela lignina fenolada.

4. CONCLUSÕES

Os adesivos lignofenólicos são resistentes tanto na condição seca, tanto na condição úmida;

A melhor formulação de adesivo lignofenólicos para painéis compensados laminados obtida neste estudo foi a sintetizada com apenas 25% do fenol, ou seja, com 75% de lignina fenolada na composição.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes, ao CNPq e à Fapemig pelo apoio prestado no desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. Annual book of ASTM standards: Adhesives. ASTM D 2559-99. West Coshohocken, 2000. 600 p.

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

ÇETIN, N. S.; OZMEN, N. Use of organosolv lignin in phenol-phormaldehyde resins for particleboard production – I. International Journal of Adhesion and Adhesives, Guildford, 2002.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF, 247 p. 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Madeira compensada – Qualidade de colagem. Parte 1: Métodos de ensaio. NBR ISO 12466-1. Rio de Janeiro, 2012. 16 p.

PIZZI, A.; MITTAL, K. L. Handbook of adhesives technology. New York: M. Dekker, 1024 p, 2003.

SANTOS, Larissa Carvalho. Síntese e caracterização de adesivos lignina-fenol-formaldeído para madeira e derivados. 2016. 36 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.