



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

FENOLAÇÃO , SÍNTESE DE ADESIVO LIGNOFENÓLICO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE

Larissa Carvalho Santos¹
Lívia Dal Sasso de Souza²
Gabriel Andrade Gomes de Assis²
Juliana Ceccato Ferreira³
Fabiana Paiva de Freitas²
Déborah Nava Soratto²
Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho⁴
Angélica de Cássia Oliveira Carneiro⁵

¹ Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal

² Universidade Federal de Viçosa

³ Universidade Federal de Goiás

⁴ DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

⁵ UFV -DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL / Universidade Federal de Viçosa



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

FENOLAÇÃO, SÍNTESE DE ADESIVO LIGNOFENÓLICO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE

Resumo: Objetivou-se neste trabalho sintetizar adesivos lignofenólicos a partir de lignina fenolada e caracterizá-los, a fim de analisar sua viabilidade para aplicação em painéis de madeira. A lignina Kraft foi fenolada a 50% (em massa), caracterizada e, a partir dela, realizou-se a síntese adesiva, substituindo o fenol pela lignina fenolada em diferentes proporções (0, 50 e 100%, em massa), compondo os tratamentos 1 (testemunha), 2 e 3, respectivamente. Como caracterização, foram determinados os parâmetros viscosidade, pH, tempo de gelatinização e teor de sólidos, dos tratamentos. A viscosidade do tratamento 3 atingiu um valor extremamente alto (72.500 cP), inviabilizando sua utilização. O pH dos adesivos variou de 10,8 a 11,1, sendo satisfatório às propriedades adesivas. Observou-se também redução no tempo de gelatinização à medida que acrescentou-se maiores percentuais de lignina à composição adesiva. O teor de sólidos dos adesivos ficou entre 43 e 51 %. Concluiu-se que os adesivos sintetizados apresentam propriedades que permitem sua utilização na confecção de painéis compensados.

Palavras-chave: adesivos para madeira, fenol-formaldeído, lignina.

PHENOLATION, SYNTHESIS OF LIGNOPHENOLIC ADHESIVE, CHARACTERIZATION AND VIABILITY ASSESSMENT

Abstract: The objective of this work was to synthesize lignofenolic adhesives from phenolated lignin and to characterize them, in order to analyze their viability for application in wood panels. The kraft lignin was phenolated at 50% (by mass), characterized, and from it the adhesive synthesis was carried out, replacing the phenol with phenol lignin in different proportions (0, 50 and 100% by mass), composing the Treatments 1 (control), 2 and 3, respectively. As a characterization, the parameters viscosity, pH, gelatinization time and solids content of the treatments were determined. The viscosity of treatment 3 reached an extremely high value (72,500 cP), making its use unfeasible. The pH of the adhesives ranged from 10.8 to 11.1, and adhesive properties were satisfactory. There was also a reduction in gelatinization time as higher percentages of lignin were added to the adhesive composition. The solids content of the adhesives was between 43 and 51%. It was concluded that the synthesized adhesives have properties that allow their use in the manufacture of compensated panels.

Keywords: wood adhesives, phenol-formaldehyde, lignin.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa, atualmente, o 4º lugar no ranking de maiores produtores de celulose do mundo (IBÁ, 2016), e na produção de celulose é gerado um subproduto, que é a lignina, removida da madeira pelo processo Kraft e que pode ser utilizada para geração de energia na própria indústria de celulose ou precipitada a partir do licor negro. Essa lignina precipitada pode ser utilizada para diversos fins, extensivamente estudados, e dentre esses, um dos mais promissores é a síntese de adesivos para madeira, já que a lignina é um composto fenólico que pode atuar como substituta do fenol em adesivos de fenol-formaldeído (ALONSO et al., 2004).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Perez (2009) afirmam que a lignina pode ser utilizada como substituto do fenol em resinas fenólicas, porque em sua estrutura estão presentes anéis aromáticos do tipo fenólico, que podem reagir com o formaldeído. Pizzi e Mittal (2003) afirmam que considerando a estrutura polifenólica da lignina na madeira, o adesivo à base desta mostra-se bastante promissor.

Os adesivos fenólicos são adesivos sintéticos de origem petrolífera (não renovável) e sua disponibilidade está atrelada à disponibilidade de petróleo, bem como, seu custo. De modo geral, os adesivos correspondem à maior parte dos custos de produção dos 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).

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 tende a retardar 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, o objetivo do presente trabalho foi obter lignina Kraft fenolada, sintetizar adesivos lignofenólicos em diferentes níveis de substituição do fenol e, por fim, caracterizar estes adesivos, avaliando sua viabilidade na aplicação industrial.

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 caracterização da lignina Kraft é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades da lignina Kraft

Propriedades	Média
Peso molecular	3815
UEH (%)	5,0
pH	3,4
Lignina solúvel (%)	12,70
Lignina Klason insolúvel (%)	85,37
Lignina total (%)	98,06
Arabinanas (%)	0,03
Galactanas (%)	0,13
Glicanas (%)	0,00
Xilanas (%)	0,02
Mananas (%)	0,00
Ca / Fe / Mn / Mg / Cu / K / Na (mg/Kg)	768 / 121 / 31 / 197 / 18 / 492 / 1989

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Sílica (%)	0,1
C / H / N / S / O (%)	66,2 / 5,6 / 0,2 / 2,4 / 23,4
Teor de cinzas (%)	1,1

Para a fenolação, a lignina em pó, e o fenol foram adicionados a um béquer, em quantidades (em massa) equivalentes a 50% de lignina e 50% de fenol. Essa mistura foi mantida em banho-maria a 60 °C por 1 hora, em constante agitação, até a obtenção de uma massa homogênea, conforme metodologia recomendada por Santos (2016). Depois a mesma foi resfriada até a temperatura de + 25 °C.

Para a caracterização da lignina fenolada determinaram-se a viscosidade, potencial hidrogeniônico (pH) e teor de sólidos. A viscosidade foi obtida segundo a norma ASTM D 1084-97 (método B); pH foi obtido baseando-se na metodologia de Bianche (2014); e o teor de sólidos foi calculado de acordo com a norma ASTM D 1518-60 (1994).

A síntese do adesivo fenol-formaldeído (adesivo 1 - testemunha) foi realizada adicionando-se a um balão de fundo chato de duas entradas (acoplado um condensador a uma entrada e um termômetro a outra), 81,08 g de formaldeído, 48,45 g de fenol e 4,80 g de hidróxido de sódio (NaOH) a 50 %, nesta ordem. Estes reagentes foram aquecidos a 85 °C e mantidos a essa temperatura por cerca de 2 horas, sob constante agitação, com adição paulatina de mais três cargas de 4,8 g de NaOH à 50%. Após a quarta carga de NaOH, a reação prosseguiu por mais 5 minutos, o balão volumétrico foi retirado da chapa aquecedora e o adesivo resfriado em banho de gelo, até atingir temperatura de ± 25 oC. A razão molar de fenol:formaldeído foi de 0,51:1 e a relação NaOH:fenol foi de 0,24:0,51.

A síntese dos adesivos lignofenólicos foi realizada adaptando-se a metodologia de Santos (2016), substituindo o fenol por diferentes porcentagens de lignina fenolada de cada tratamento. Também se adicionaram 20g de metanol (p.a) à formulação adesiva, com o objetivo de retardar as reações de hidroximetilação durante a síntese. Foram sintetizados dois adesivos lignofenólicos, utilizando-se a lignina fenolada, em diferentes porcentagens de substituição ao fenol na síntese, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Adesivos sintetizados

Tratamento	Substituição do fenol (%)
1 (testemunha)	0
2	50
3	100

Para a caracterização dos adesivos determinaram-se a viscosidade, potencial hidrogeniônico (pH) e teor de sólidos, conforme citado para a lignina fenolada. Ademais, mensurou-se o tempo de gelatinização, conforme metodologia utilizada por Almeida (2009).

O experimento foi instalado seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), avaliando-se o efeito das substituições do fenol pela lignina fenolada na síntese dos adesivos lignofenólicos e em suas propriedades. As análises de viscosidade, pH, tempo de gelatinização e teor de sólidos foram realizadas em

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

triplicata. Os dados foram submetidos a 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

O pH do fenol é de 4,5. Já, a lignina fenolada apresentou pH de 2,08 e valores médios de 1.566,67 cP para a viscosidade e 51,36% para o teor de sólidos. De acordo com o trabalho realizado por Santos (2016), a lignina fenolada a 45% apresentou valores médios iguais a 1.200 cP, 2,19 para o pH e 47% para o teor de sólidos.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios das propriedades dos adesivos.

Tabela 3. Caracterização dos adesivos sintetizados

Tratamento	Viscosidade (cP)	pH	Tempo de gelatinização (s)	Teor de sólidos (%)
1	135,42 b	10,8 b	133,8 d	51,0 a
2	50,0 c	10,9 ab	211,2 b	46,0 b
3	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.

Observou-se um aumento na viscosidade dos adesivos com maiores substituições de lignina fenolada na síntese, havendo diferença significativa entre os tratamentos. O tratamento 3 apresentou viscosidade de 72.500 cP, considerada extremamente elevada para aplicação. O tratamento 2, mesmo com adição de lignina, apresentou viscosidade significativamente menor que a testemunha, devido ao alto peso molecular da lignina, que possui menos sítios ativos. A viscosidade é um parâmetro importante a ser analisado na produção de adesivos para madeira, pois a alta viscosidade pode prejudicar a aplicação, principalmente nos métodos por aspersão. Em contrapartida, Iwakiri (2005) afirma que adesivos com viscosidades muito baixas podem gerar uma linha de cola faminta, devido à grande penetração nos poros da madeira, o que compromete a qualidade de adesão. Para Pizzi e Mittal (1994), o aumento nas viscosidades nos adesivos está diretamente relacionado ao aumento do peso molecular, que ocorre durante sua polimerização, assim, é possível aumentar a viscosidade de adesivos muito fluidos, através de modificações na síntese, ou posteriormente, pela adição de cargas. Dentro dos limites aceitáveis de viscosidade, os adesivos aplicados em painéis compensados podem apresentar viscosidade superior à viscosidade dos adesivos aplicados em painéis de partículas ou de fibras, devido ao modo de aplicação utilizado. Para painéis compensados o adesivo é aplicado por rolos ou sistema de cortina, que possibilita uma maior viscosidade do que pelo sistema de aspersão utilizado para os outros painéis.

O pH dos adesivos variou entre 10,8 e 11,1, sendo satisfatório às propriedades adesivas. Isso mostra que o pH mais ácido da lignina fenolada em relação ao fenol não afetou o pH dos adesivos sintetizados. Apesar da diferença estatística entre alguns dos tratamentos, os valores de pH obtidos não afetaram as propriedades adesivas, pois, conforme Marra (1992) os valores de pH para adesivos fenólicos para

REALIZAÇÃO

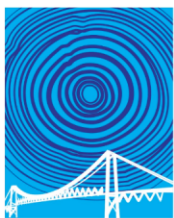


APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

colagem de madeira de natureza alcalina variam de 9 a 12. O mesmo autor afirma ainda que, na linha de cola, o alto pH tem duas funções importantes: primeiramente, a limpeza da superfície da madeira por dissolução de certos contaminantes que acabam fazendo parte do filme curado; em seguida, o inchamento da madeira e a abertura da estrutura da parede celular para melhorar a penetração e ancoramento do adesivo.

Em relação ao tempo de gelatinização, houve diferença estatística entre a testemunhas e os demais adesivos. Foi observada uma redução no tempo de gelatinização à medida que se aumentou a porcentagem de lignina fenolada à composição adesiva. O menor tempo de gelatinização foi observado para o tratamento 3, o que evidenciou que a presença da lignina reduz o tempo de polimerização dos adesivos. Observou-se também uma relação entre o tempo de gelatinização e a viscosidade dos adesivos, podendo-se observar, a partir da Tabela 3, menores tempos de gelatinização para adesivos mais viscosos. Isso é explicado pelo fato de que quanto maior for a viscosidade do adesivo, maior será a agregação molecular e, conseqüentemente, menor o tempo necessário para que ocorra a polimerização completa do adesivo (FERRA, 2010).

Contrariamente ao que se esperava, a adição de lignina fenolada não elevou o percentual de sólidos dos adesivos. A lignina utilizada possui um elevado peso molecular, conforme observado na Tabela 1, resultando em uma baixa reatividade. Apesar da fenolação elevar a reatividade da lignina, ela não foi suficiente para realizar todas as ligações com o formaldeído, provavelmente ocorrendo um excedente de formaldeído livre. Em consequência, os adesivos com lignina fenolada apresentaram um menor teor de sólidos em relação à testemunha. Abdelwahab e Nassar (2011) encontraram valores para teor de sólido em torno de 51 e 60% quando estudaram a otimização da síntese de adesivo lignina-fenol-formaldeído. Já Dias (2014), estudando a substituição do fenol por lignina fenolada em diferentes proporções, encontrou valores para teor de sólidos variando de 29 a 53%, e atribuiu esta diferença à reatividade da lignina com o formaldeído.

4. CONCLUSÕES

A substituição de 100% do fenol pela lignina fenolada não apresentou boas propriedades adesivas, em especial a viscosidade;

A substituição do fenol pela lignina fenolada a 50 % mostrou-se viável para substituições do fenol em até 50% na síntese adesiva;

Adesivos lignofenólicos são viáveis e podem ser utilizados para produção industrial de painéis, desde que sejam respeitados limites de propriedades determinantes, como viscosidade e pH. Porém, estas propriedades também são facilmente corrigidas, e não apresentam empecilho para o aprofundamento das pesquisas.

Como recomendação, sugere-se realizar novas pesquisas sobre a utilização da lignina como adesivo em escala industrial.

5. AGRADECIMENTOS

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

REALIZAÇÃO

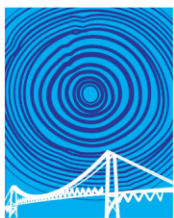


APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELWAHAB, N. A.; NASSAR, M. A. Preparation, optimisation and characterization of lignin phenol formaldehyde resin as wood adhesive. *Pigment & Resin Technology*, London, v. 40, n. 30, p. 169-174, 2011. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000297207600015>. Acesso em: 25 maio. 2017.

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 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

ALONSO, M. V. et al. Determination of curing kinetic parameters of lignin-phenol-formaldehyde resin resins by several dynamic differential scanning calorimetry methods. *Amsterdam: Thermochemica Acta*, v. 419, n. 1 / 2, p. 161-167, Sept. 2004.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Annual book of ASTM standards: Adhesives. ASTM D 1518-60. Washington D. C. 1994. 608 p.

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

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

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Methods for Viscosity of Adhesives. ASTM D 1084 – 97. West Conshohocken, PA, 1997, 5 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.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. Produção, Comércio e Consumo de todo tipo de Madeira dos membros Produtores da ITTO. Disponível em: <http://www.abimci.com.br/documentos/doc_2008.html> Visitado em 15 jul. 2008.

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

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

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

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COLODETTE, J. L. et al., Biorrefinaria da lignina Kraft para produção de resinas fenólicas. Projeto de Pesquisa. UFV, Viçosa, 2014.

DIAS, L. M. S. Síntese e caracterização de adesivos de lignina Kraft de eucalipto. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DILLARD, D. A.; POCIUS, A. V.; CHAUDHURY, M. Adhesion Science and Engineering. Surfaces, chemistry and applications. New York: Elsevier Science, v. 2, 2002, p. 869-945.

EL MANSOURI, N. E.; PIZZI, A.; SALVADO, J. Lignin-based polycondensation resins for Wood adhesives. Journal os Aplied Polymer Science, New York, 2007a.

EL MANSOURI, N. E.; PIZZI, A; SALVADO, J. Lignin-based wood painel adhesives without phormaldehyde. Berlim: Holz-als Rob-bund Werkstoff, 2007b.

FERRA, J. M. M. Optimization of urea-formaldehyde resins for the manufacture of wood-based panels. 2010. 185 f. Tese (Doctor of Philosophy in Chemical and Biological Engineerin) – University of Porto, Porto.

GLASSER, W.G. Cross-linking options for lignins. In: AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. Adhesives frow renewable resources. Washington, p.44-53, 1989. (ACS symposium series).

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório anual da Indústria Brasileira de Árvores: ano base 2015. Brasília, DF: IBÁ, 96 p. 2016. Disponível em <http://www.iba.org/shared/iba_2016.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2016.

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

KNOP, A.; PILATO, I. A.; GARDZIELLA, A. Phenolic Resins: chemistry, applications, standardization, safet and ecology. Germany: Springer, 1999.

LABAT, G. A. A. Estudo cinético da oxidação de ligninas obtidas de palha e do bagaço de cana. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de Lorena, USP, Lorena.

LEBO, S. E.; GARGULAK, J. D.; MCNALLY, T. J. Lignin. In: KIRK-OTHMER encyclopedia of chemical technology. New York: Wiley-Interscience. v. 15, p. 1-32, 2001.

LORA, J. H.; GLASSER, W. G. Recent industrial aplicacions of lignin. Journal of Polymers and the Enviroment. Heilderberg, 2002.

MACEDO, A. R. P.; ROQUE, C. A. L. Painéis de Madeira. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, n.6, 1997, p.117-132.

MANCERA, C et al. The effect os lignin as a natural adhesives on the physicommechanical properties of *Vitisvinifera* fiberboards. Bioresource, Essex, v. 6, n. 3, 2011, p. 2851-2860.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MARRA, A. A. Technology of Wood Bonding – Principles in Practice. New York, Van Nostrand Reinhold. 1992, p. 453-454.

MELO R. R.; SANTINI E. J.; HASELEIN C.R.; STANGERLIN D. M.; MULLER M. T.; DEL MENEZZI C. H. S. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de *Eucalyptus grandis* colados com ureia-formaldeído e tanino-formaldeído. *Floresta*, v. 40, n. 3, p. 497-506, 2010.

NASCIMENTO, E. A.; Schuchardt, U. F. Obtenção de coque metalúrgico a partir de lignina hidrolítica de Eucalipto. In Anais IV Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro 1987, p. 41-8.

PÉREZ, J. M. M. Testes em uma planta de pirólise rápida de biomassa em leito fluidizado: critérios para sua otimização. 2004. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

PIZZI, A., MITTAL, K.L. Handbook of adhesive technology. New York: Marcell Dekker, 1994. 680p.

SAMPAIO, S. R. Conversão da biomassa em carvão vegetal: situação atual com tendências 2025. Belo Horizonte: Centro de Gestão e estudos Estratégicos, 2008. Nota técnica.

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.

SAUNDERS, K. J. Organic polymer chemistry. 2 ed. New York: Chapman and Hall, 1998, p. 316-337.

SOBRAL FILHO. Adesão e adesivos para madeira: Teorias da adesão e a natureza das colagens com madeira. Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1982. 22 p.

ZHAO, L. W.; GRIGGS, B. F.; CHEN, C. L.; GRATZL, J. S. Utilization of softwood kraft lignin as adhesive for the manufacture of reconstituted wood. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, v. 14, p. 127-145, 1993.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

