



SOLUBILIDADE DA LIGNINA KRAFT EM DIFERENTES SOLVENTES E SUA COMPATIBILIDADE COM ADESIVO COMERCIAL

Larissa C. SANTOS¹, Juliana C. FERREIRA¹, Marcela F. ANDRADE¹, Laíssa F. CARVALHO², Fabiana P. de FREITAS¹, Mateus A. de MAGALHÃES¹, Diego C. RAMOS¹, Ana Márcia M. L. de CARVALHO³

1 – Pós-graduação em Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

2 – Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil

3 – Professora do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil

RESUMO

A lignina é um polímero natural, gerado no processo de produção de celulose, e que tem sido pouco aproveitado, visto sua imensa gama de utilidades. Apenas uma pequena quantidade da lignina gerada nas indústrias de celulose é precipitada e comercializada, porém, existe forte tendência mundial em encontrar um aproveitamento mais nobre para esta lignina residual. Nesse campo, diversos trabalhos já foram realizados, utilizando diversas fontes e formas de extração da lignina, com o objetivo de adicioná-la aos adesivos fenólicos para a colagem da madeira, e a maioria das tentativas industriais de utilização da lignina para adesivos de madeira são baseados em substituições parciais de fenol-formaldeído. Objetivou-se avaliar a viabilidade de utilização da lignina oriunda do licor negro Kraft na produção de adesivos para a madeira. Para isso, estudou-se a solubilidade da lignina Kraft em água e em solventes orgânicos (álcool e hexano), e também sua miscibilidade em adesivo comercial fenol-formaldeído. A lignina não se apresentou totalmente solúvel em nenhum dos solventes testados, mas percebeu-se que, quando misturada em água, sua solubilidade diminuía conforme a temperatura do solvente era elevada; na mistura com álcool houve formação de fases líquida e sólida; e em hexano, não foi possível observar interação, visto que o solvente volatilizou-se rapidamente. O teste de cisalhamento na linha de cola da mistura avaliada como potencial apresentou resultados aquém do esperado, muito inferiores ao adesivo considerado testemunha neste estudo, o adesivo comercial, sendo o mesmo efeito observado para o percentual de falha na madeira.

Palavras-chave: Resinas adesivas; fenol-formaldeído; adesivos para madeira.

ABSTRACT

Lignin is a natural polymer, generated in the pulp production process, which has been little exploited, despite its immense range of utilities. Only a small amount of lignin generated in the cellulose industry is precipitated and marketed, however, there is strong global trend to find a more noble use for this residual lignin. In this field, several studies have been performed using various sources and forms of extraction of lignin, in order to add it to phenolic adhesive for bonding wood, and most industrial attempted use of lignin for wood adhesives are based on partial replacement of phenol-formaldehyde. The objective was to assess the feasibility of using lignin derived from Kraft black liquor in the production of



adhesives for wood. To this end, is studied the solubility of Kraft lignin in water and in organic solvents (alcohol and hexane), and also their miscibility in commercial phenol-formaldehyde adhesive. Lignin is not presented totally soluble in any of solvents tested, but it was noticed that, when mixed in water, their solubility decreased as the solvent temperature was elevated; in mixture with alcohol formation was solid and liquid phases; and hexane, it was not possible to observe interaction as the solvent volatilized rapidly. The shear test on the glue line mixture evaluated as potential presented results below expectations, much lower than the adhesive witness considered in this study, the commercial adhesive, with the same effect observed for the failure rate in the wood.

Keywords: Adhesive resins; phenol formaldehyde; adhesives for wood.

INTRODUÇÃO

A lignina é um polímero natural, gerado no processo de produção de celulose, e que tem sido pouco aproveitado, visto sua imensa gama de utilidades (LORA e GLASSER, 2002). Segundo estes mesmos autores, apenas uma pequena quantidade (1 a 2 %) da lignina gerada nas indústrias de celulose é precipitada e comercializada. A maior parte é utilizada pela própria indústria que, através da queima do licor negro, gera energia para abastecer a fábrica.

Porém, existe forte tendência mundial em dar a esta lignina residual um aproveitamento mais nobre, de modo que se tem estudado a precipitação da lignina, a partir do licor negro, para uso em diversas finalidades, como dispersante e aditivos de concreto (JOHNSON et al., 2005); produção de surfactantes (SOUZA, 2006); coque metalúrgico (SAMPAIO, 2008); liberação controlada de herbicidas (FERRAZ et al., 2007); quelação de metais (LABAT, 2008); e em adesivos para madeira (PIZZI e MITTAL, 2003).

Em especial, para os adesivos, diversos trabalhos foram realizados, utilizando diferentes fontes e formas de extração de lignina, com o objetivo de adicioná-la aos adesivos fenólicos para a colagem da madeira. No entanto, salienta-se que a lignina oriunda do processo Kraft tem sido pouco estudada (MANCERA et al., 2011), sendo que os estudos tem se concentrado nas ligninas de gramíneas, por possuírem estruturas químicas mais reativas com formaldeído.

O adesivo de fenol-formaldeído está entre os mais utilizados pelo segmento de madeira e móveis (CARNEIRO et al., 2007), e sabe-se que três grupos de substâncias polifenólicas renováveis apresentam real potencial de substituir o fenol em formulações adesivas para colagem de produtos de madeira: as ligninas derivadas da polpação Kraft e sulfito (DOLENKO e CLARK, 1978), os taninos da casca ou da madeira de algumas espécies florestais (PIZZI e MITTAL, 1994) e os alcatrões originados da carbonização da biomassa florestal (CHUM et al., 1989). A lignina Kraft, um subproduto da indústria de celulose, é um polímero renovável e tem uma estrutura polifenólica muito semelhante ao da resina fenólica (ALONSO et al., 2004) e, a partir dela, é possível fabricar adesivos fenólicos, dos tipos novolacas e resóis. No entanto, na obtenção de adesivos de fontes renováveis, deve-se atentar ao fato de que o adesivo produzido deve manter as mesmas propriedades do adesivo fenólico convencional, para facilitar sua aceitação pelo mercado (LEWIS e LANTZY, 1989).

Segundo Mansouri et al., (2007), o registro da utilização comercial de adesivos de lignina para a colagem da madeira é escasso. No entanto, Alonso et al., (2004) afirmam que a lignina possui um grande potencial para muitos usos industriais, e dentre eles, destaca-se o uso como substituto do fenol, que possui origem petrolífera; também afirmam que, considerando a estrutura polifenólica da lignina na madeira, o adesivo a base de lignina mostra-se bastante promissor. Somado ao fato da lignina possuir estrutura fenólica, outras características



inerentes a essa macromolécula são citadas por Khan e Ashraf (2006), como a estabilidade térmica e propriedades mecânicas. Entretanto, para Mankar et al., (2012) os adesivos a base de lignina só poderão ser considerados eficazes se formulados com menores custos, com equipamentos convencionais, reagirem nas mesmas condições de processamento e atenderem a força de ligação exigida.

A maioria das tentativas industriais atuais de utilização da lignina para adesivos de madeira são baseados em substituições parciais de fenol-formaldeído ou ureia-formaldeído (MANSOURI et al., 2007). Assim, objetivou-se nesse trabalho, avaliar a viabilidade de utilização da lignina oriunda do licor negro Kraft na produção de adesivos para a madeira. Para tanto, estudou-se a solubilidade da lignina Kraft em água e em solventes orgânicos (álcool e hexano), e também sua miscibilidade em adesivo comercial fenol-formaldeído.

MATERIAL E MÉTODOS

A lignina utilizada neste trabalho foi extraída por precipitação do licor de cozimento Kraft de cavacos de madeira de híbridos de *Eucalyptus* sp. O material foi utilizado seco, em pó, e para melhorar sua dispersão e homogeneização de sua granulometria, foi submetido à pulverização em um pulverizador Pulverisette 14, da marca Fritsch, com peneira de 200 mesh.

Caracterização da Lignina

A caracterização da lignina Kraft foi realizada nos Laboratórios de Celulose e Papel (LCP/UFV) e de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM) da Universidade Federal de Viçosa. Foram realizadas as análises de lignina solúvel em ácido (GOLDSCHINID, 1971), lignina Klason (GOMIDE e DEMUNER, 1986), razão de lignina siringil/guaiacil (LIN e DENCE, 1992), análises de carboidratos (WALLIS et al., 1996), sílica (TAPPI T 245 cm-98) e cinzas (TAPPI 211 om 93).

Solubilidade em Água

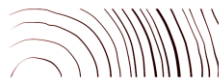
Para avaliar a solubilidade da lignina Kraft em água, foram realizadas misturas simples de água e lignina, nas proporções 1:1, 1:2 e 1:3, nas temperaturas de 25 (ambiente), 50, 70 e 95°C (fervura).

Solubilidade em Álcool e Hexano

Para avaliar a solubilidade da lignina Kraft em álcool (70%) e em hexano ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$), foram realizadas misturas simples do solvente e lignina, nas proporções 1:1, 1:2 e 1:3, à temperatura ambiente.

Miscibilidade em Adesivo Comercial Fenol-Formaldeído

Para avaliar o potencial de interação da lignina Kraft com o adesivo comercial fenol-formaldeído, realizaram-se mistura simples, inicialmente com agitação manual por cerca de 5 minutos e, após incorporação da lignina, com auxílio de batedeira laboratorial, por 15 minutos. As misturas foram realizadas com adição de lignina ao adesivo comercial fenol-formaldeído nas porcentagens de 5, 10, 15 e 20%, em massa (tratamentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente), e o adesivo comercial sem nenhuma adição de lignina constituiu a Testemunha.



Caracterização das Misturas Adesivas

Para caracterização das misturas adesivas foram realizadas avaliações de viscosidade, teor de sólidos, potencial hidrogeniônico e tempo de gelatinização.

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 80 mL.

Para a determinação do pH utilizou-se cerca de 100 g da mistura adesiva, e as leituras foram feitas em pHmetro digital da marca Digimed.

O teor de sólidos dos adesivos foi calculado de acordo com Moslemi (1974), evaporando-se a água das amostras, contendo 1 g de adesivo, que foram levados à estufa a 103 ± 2 °C até atingir peso constante.

O tempo de gelatinização foi obtido com amostras de 1 g do adesivo, que foram colocadas em tubos de ensaio de 15 cm de altura e 2 cm de diâmetro, e em seu interior foi mergulhado um bastão de vidro. O conjunto tubo-bastão foi aquecido até 170 °C, cronometrando-se o tempo gasto para a polimerização do adesivo.

Avaliação da Resistência das Juntas Coladas

Para determinar a resistência da linha de cola ao cisalhamento e a porcentagem de falha na madeira, foram produzidas 4 juntas coladas da mistura adesiva que apresentou os melhores resultados de caracterização e 4 juntas coladas do adesivo comercial, totalizando 16 juntas para cada tratamento, constituídas de duas lâminas de *Eucalyptus* sp. As juntas foram produzidas com dimensões finais de 40 x 10 x 0,6 cm, aplicando-se 200 g/m² de adesivo em face dupla, e foram prensadas a 12 kgf/cm² e temperatura de prensagem de 170 °C, durante 8 minutos. Depois de prensadas, foram condicionadas à temperatura ambiente até que alcançassem a umidade de equilíbrio ($\pm 14\%$). Após esse período, foram seccionadas de acordo com a Norma ASTM-2339/93, para a obtenção dos corpos-de-prova (Figura 1), que foram condicionados à temperatura de ± 20 °C e umidade relativa de 65%. Quando estabelecido o equilíbrio, a resistência ao cisalhamento e a falha na madeira foram determinadas.

O teste de resistência ao cisalhamento na linha de cola foi realizado na máquina de ensaios universal, segundo a Norma ASTM-2399/93. A determinação do percentual de falha na madeira foi feita através de malha reticulada.



Figura 1. Representação do corpo-de-prova utilizado para o teste mecânico de cisalhamento. Fonte: DIAS, 2014 (adaptado de ASTM D-2339 2008 (2011)).

Análise Estatística

Para as propriedades das misturas adesivas consideraram-se cinco tratamentos (incluindo o adesivo comercial como testemunha) com três repetições cada, e para o teste de resistência ao cisalhamento e para a porcentagem de falha na madeira compararam-se o adesivo comercial e a mistura que apresentou as melhores características (dois tratamentos) com 30 repetições cada. Procedeu-se a análise de variância (ANOVA) e, quando encontradas diferenças significativas, foi realizado teste de Tukey, a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas no software Statistica 7.0 (STATSOFT, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização Química da Lignina

Na Tabela 1 são apresentados os teores de lignina solúvel e insolúvel, expressos em % base peso da lignina seca.

Tabela 1: Lignina solúvel e insolúvel, expressa em % base peso da lignina seca

Amostra	Lig. Solúvel	Lig. Insolúvel	Total
Lignina	12,70	85,37	98,06

Na Tabela 2 é apresentada a composição química dos carboidratos presentes na amostra, expressos em % base peso da lignina seca. Pode-se observar a alta porcentagem de galactanas presentes. A presença de galactanas na madeira é, na verdade, ínfima, porém durante a lavagem da polpa após o cozimento e obtenção do licor negro, essas galactanas se aderem à lignina Kraft.



Tabela 2: Composição química dos carboidratos, expressos em % base peso da lignina seca

Amostra	Arabinanas	Galactanas	Glicanas	Xilanas	Mananas
Lignina	0,03	0,13	0,00	0,02	0,00

Na Tabela 3 é apresentada a análise elementar, onde destaque é dado ao baixo teor de cinzas da amostra, o que caracteriza os bons níveis de lavagem da polpa e recuperação dos licores de cozimento. A baixa porcentagem de enxofre (S) refere-se aos sulfatos presentes que se ligam à lignina, em virtude de sua propriedade de sulfonação.

Tabela 3: Análise elementar, expressa em % base peso da lignina seca

Amostra	N	C	H	S	O	Cinzas	Total
Lignina	0,20	66,20	5,60	2,40	23,40	1,10	98,80

Os teores de minerais são apresentados na Tabela 4, e pode-se observar maior porcentagem de Na, Ca e K, elementos considerados resíduos do processo de recuperação do licor de cozimento que ficaram aderidos à lignina.

Tabela 4: Teor de minerais

(Ca, Fe, Mn, Mg, Cu, K e Na - mg/kg e sílica - % base peso da lignina seca)

Amostra	Ca	Fe	Mn	Mg	Cu	K	Na	Sílica
Lignina	768,10	121,70	31,40	197,10	17,97	492,20	1989,20	0,10

Solubilidade em Água e Solventes Orgânicos

A avaliação da solubilidade da lignina em água e em solventes orgânicos foi realizada através de análise visual.

Na Figura 2 podemos observar o comportamento da lignina ao ser misturada em água em diferentes temperaturas.

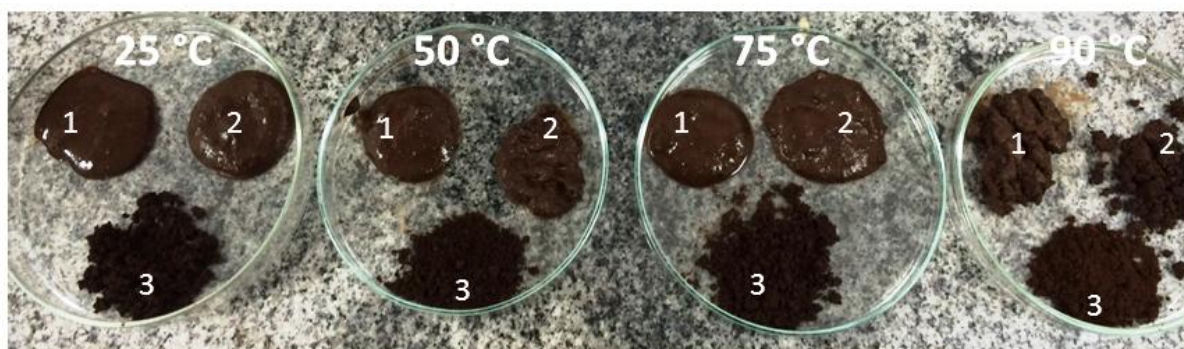


Figura 2: solubilidade da lignina Kraft em água em diferentes temperaturas e proporções de água:lignina, onde: 1 = 1:1; 2 = 1,5:2; e 3 = 1:2.

A lignina não solubilizou-se totalmente em nenhum dos tratamentos, sendo observada a formação de grânulos em todos eles. Percebeu-se que a solubilização da lignina em água ocorreu de forma mais homogênea na proporção de 1,5:2 (uma parte e meia de água para duas de lignina), resultado observado em todas as temperaturas avaliadas. Na mistura 1:1 a quantidade água foi “excessiva”, o que causou aparecimento de fases na mistura, com exceção

da mistura à 95 °C. Na mistura 1:2 observou-se que a quantidade de água foi insuficiente para solubilizar toda a lignina, gerando uma mistura em fase sólida e com formação de grânulos.

Em relação à temperatura, os melhores resultados em termos de solubilização foram observados à temperatura de 25 °C (ambiente), o que sugere que a utilização de água à temperaturas mais elevadas promove a plasticização ou o início da plasticização da lignina, tornando-a menos susceptível à ser solubilizada em água.

Também não se observou formação de solução homogênea entre a lignina e o álcool. Formou-se uma massa com aspecto plasticizado e uma fase líquida, formada pelo álcool residual, que não reagiu com a lignina (Figura 2). Como a lignina não possui muitos sítios ativos supõe-se que uma pequena quantidade de álcool foi suficiente para realizar as ligações entre os reagentes, por isso a fase líquida foi maior quanto maior era a proporção de álcool na mistura.



Figura 2: Solubilidade da lignina Kraft em álcool, em diferentes proporções de álcool:lignina, onde: 1 = 1:1; 2 = 1,5:2; e 3 = 1:2.

A interação com o hexano ocorreu de maneira extremamente rápida e não foi possível caracterizá-la, visto que a rápida volatilização do hexano comprometeu a formação de uma solução. Não se observaram diferenças visuais entre os três tratamentos, restando somente a lignina inicialmente utilizada na mistura, como pode ser observado na Figura 3.

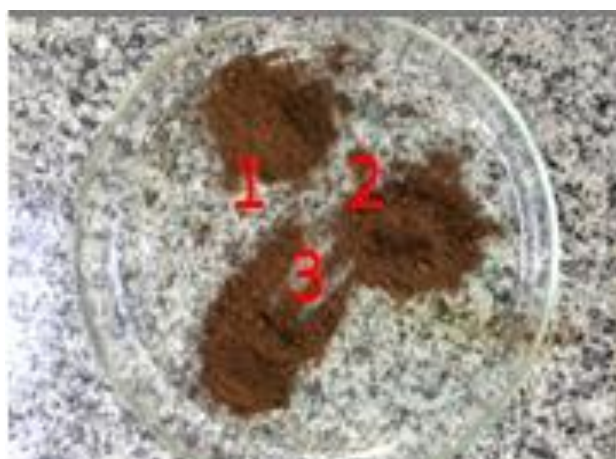


Figura 3: solubilidade da lignina Kraft em hexano em diferentes proporções de hexano:lignina, onde: 1 = 1:1; 2 = 1,5:2; e 3 = 1:2.



Compatibilidade da Lignina Kraft com Adesivo Fenol-Formaldeído

Através da análise visual das misturas realizadas, percebeu-se que somente a mistura simples da lignina, mesmo após passar pelo processo de pulverização, não foi suficiente para sua homogeneização. Observou-se a formação de grânulos nas misturas, mesmo quando a agitação foi realizada pela batedeira. E quanto maior a quantidade de lignina adicionada, menos homogênea a mistura se apresentou. A Tabela 5 apresenta o resultado da estatística das propriedades dos adesivos.

Tabela 5: Análise estatística das propriedades das misturas adesivas

	Viscosidade (cP)	pH	TS (%)	Gel Time (min)
Testemunha	663 b	11,81 a	51,68 e	2,86 ab
Tratamento 1	1660 a	10,77 b	52,94 d	2,58 b
Tratamento 2	1462 a	10,57 b	53,65 c	2,80 ab
Tratamento 3	1740 a	10,22 c	56,37 b	3,12 a
Tratamento 4	2050 a	10,06 c	57,58 a	2,82 ab

Médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Ao avaliarmos a viscosidade das formulações adesivas, encontraram-se diferenças estatisticamente significativas entre a testemunha e as misturas adesivas, cujos valores encontrados foram superiores ao encontrado para o adesivo comercial. Este resultado já era esperado, pois a adição de 5, 10, 15 e 20% de lignina no adesivo comercial tornou-o mais espesso e, portanto, mais viscoso.

Também foram observadas diferenças significativas entre os pHs das misturas: o maior valor foi encontrado no adesivo comercial, seguido de dois valores estatisticamente iguais para os tratamentos 1 e 2, e mais dois valores estatisticamente iguais para os tratamentos 3 e 4. Essa variação nos valores de pH pode ser atribuída à adição da lignina, pois percebeu-se que à medida que a proporção de lignina adicionada aumentou, o pH reduziu. Porém, para Marra (1992) os valores de pH para adesivos fenólicos para colagem de madeira de natureza alcalina variam de 9 a 12, então os valores encontrados neste estudo, ainda que com algumas diferenças entre os tratamentos, estão dentro dos praticados pela indústria.

A análise estatística acusou diferenças significativas entre todos os tratamentos, quanto ao teor de sólidos. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de a lignina não ter reagido com o adesivo comercial, não gerando nenhum produto dessa reação, e, portanto, era esperado que o teor de sólidos fosse maior quanto mais lignina fosse adicionada, já que a lignina, neste caso, nada mais foi que uma espécie de “carga” adicionada ao adesivo comercial.

O gel time também variou entre as misturas, não seguindo, porém, um padrão. O maior tempo de gelatinização foi encontrado no Tratamento 3, acompanhada pelo adesivo comercial (Testemunha), Tratamento 4 e Tratamento 2. O Tratamento 1 apresentou o menor valor, e somente este diferiu estatisticamente do Tratamento 3. Não se observou correlação com a quantidade de lignina adicionada.

Para definição de qual mistura adesiva seria avaliada quanto à resistência ao cisalhamento, optou-se pelo adesivo que apresentou respostas de caracterização mais semelhantes ao adesivo comercial. Os parâmetros que melhor orientaram essa escolha foram, primeiramente, o tempo de gelatinização, e em segundo plano, a viscosidade, assumindo-se o Tratamento 2, cujo tempo de gelatinização não diferiu estatisticamente do adesivo comercial e cuja viscosidade, apesar de estatisticamente igual às demais misturas, apresentou o menor valor. A

partir do melhor resultado (mistura adesiva com 10% de lignina) procedeu-se ao teste de resistência ao cisalhamento. Na Tabela 6 encontram-se os resultados para o tratamento 2 e para a testemunha.

Tabela 6: Estatística dos dados de resistência ao cisalhamento e % de falha na madeira

	Resistência ao cisalhamento (kgf/cm²)	Falha na madeira (%)
Testemunha	65,1 a	24 a
Tratamento 2	38,85 b	10 b

Médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Os resultados encontrados neste teste não foram considerados satisfatórios. Tanto a resistência ao cisalhamento na linha de cola quanto a porcentagem de falha na madeira foram estatisticamente diferentes entre os dois tratamentos, e os valores encontrados para a mistura 2 foram bastante inferiores ao praticados pela indústria.

CONCLUSÕES

Os resultados observados neste trabalho demonstram um potencial de utilização da lignina Kraft na indústria de adesivos, porém, com ressalvas. Os testes de solubilidade em água e em solventes orgânicos não foram satisfatórios, pois em nenhum deles observou-se formação de solução homogênea. Assim, descartou-se a sua solubilização como forma de aumentar sua reatividade.

Sobre a interação entre a lignina e o adesivo comercial fenol-formaldeído, concluiu-se que ela é possível, porém, a mistura simples entre estes dois componentes não foi suficiente para produzir uma substância homogênea e com características semelhantes ao adesivo comercial já utilizado pela indústria. O teste de resistência ao cisalhamento foi realizado a partir da mistura cujas propriedades mais se aproximaram do adesivo comercial utilizado como testemunha, mas não atingiram resposta considerada satisfatória.

Concluiu-se que, como primeiros estudos, foi uma alternativa viável, porém, acredita-se interessante a introdução de um processo a mais para aumentar a reatividade da lignina para melhorar sua compatibilidade e incorporação no adesivo comercial.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF/UFV), aos Laboratórios de Propriedades da Madeira e de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM/UFV), à CAPES e à Fapemig.

REFERÊNCIAS

Alonso, M. V., Oliet, M., Pérez, J. M., Rodríguez, F., Echeverría, J. 2004. Determination of curing kinetic parameters of lignin-phenol-formaldehyde resol resins by several dynamic differential scanning calorimetry methods. *Thermochimica Acta*, 419, 161-167.



AMERICAN STANDARD OF TESTING METHODS. ASTM D 1084 – 97. Standard Test Methods for Viscosity of Adhesives. West Conshohocken, PA, 1997

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

CHUM, H.; DIEBOLD, J.; SCAHILL, J.; THOMPSON, D.; BLACK, S.; SDHROEDER, H.; KREIBICH, R. E.; In: American Chemical Society.; Adhesives from renewable resources. ACS, Washington, p. 135-151, 1989. (ACS symposium series).

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

DOLENKO, A. J. E CLARKE, M. R.; Forest Products Journal. P.28, 41. 1978.

Goldschimid, O. (1971). Ultravioleta Spectra. In: SARKANEM, K. V.; LUDWING, C. H. Lignins: occurrence, formation, structure and reactions. New York: Wiley-Interscience, p. 241-266.

JOHNSON D. K. et al. Use of lignin in the biorefinery. Barcelona: International Lignin Institute Forum, 2005. p. 31-34.

KHAN, M. A.; ASHRAF, S. M. Studies on thermal characterization of lignin substituted phenol formaldehyde resin as wood adhesives. Journal os Thermal Analysis and Calorimetry, Dordrecht, v. 89, n. 3, p. 993-1000, 2006.

LABAT, G. A. A. Estudo cinético da oxidação de ligninas obtidas da palha e do bagaço de cana e aplicações de lignina de bagaço em resinas à base de materiais naturais. 2008. 96 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2008.

LEWIS, N.G. & LANTZY, T. Lignin in adhesives: introduction and historical perspective. IN: HEMINGWAY, R.W. et al. Eds. Adhesives from renewable resources, American Chemical Society, Washington D.C., p. 13-16, 1989.

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

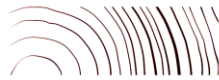
MANCERA, C et al. The effect os lignin as a natural adhesives on the physicomechanical properties of *Vitisvinifera* fiberboards. Bioresource, Essex, v.6, n.3, p.2851-2860, 2011.

MANKAR, S. S.; CHAUDHARI A. R.; SONI I. Lignin in phenol-formaldehyde adhesives. International Journal of knowledge Engineering, Ipswich, v. 3, n. 1, p. 116-118, 2012.

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

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



MOSLEMI, A. A.. Particleboard. Carbondale: Southern Illinois University Press, 1974. v. 1. 243 p.

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

PIZZI, A; MITTAL, K. L. Handbook of adhesives technology. New York, 2003

SOUZA, C. S. Derivação química e caracterização de uma lignina de bagaço de cana de açúcar. 2006. 79 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

STATSOFT, INC. Statistica (data analysis software system), version 7. 2007.
<www.statsoft.com>