

Impacto da adição de carga no adesivo lignina-ureia-formaldeído

Nicolle De Filippo Brumano¹; Êmilly Wakim De Araújo¹; Gabriela Ferreira da Silva¹; Raquel Júlia Cipriano dos Santos¹; Lara Fontes Demuner¹; Angélica de Cássia Oliveira Carneiro¹

1- Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Resumo: A lignina tem sido adicionada ao adesivo ureia-formaldeído para melhorar a sua performance, porém afeta negativamente a sua viscosidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto que a adição carga nas propriedades do adesivo lignina-ureia-formaldeído. Foi sintetizado o adesivo lignina-ureia-formaldeído e adicionado 0, 5, 8 e 10% de carga antes da colagem. A caracterização dos adesivos foi feita a partir da determinação da viscosidade, pH, gel time e teor de sólidos. O desempenho da colagem foi avaliado por meio dos testes de resistência ao cisalhamento seco e úmido. De modo geral, os adesivos produzidos com adição de carga tiveram aumento na viscosidade, teor de sólidos e redução do pH. Apenas a resistência ao cisalhamento úmido foi afetada pela adição de carga, sendo a formulação com 8% a que teve o maior valor. Concluiu-se que a adição de carga pode ser realizada para melhoria das propriedades reológicas do adesivo lignina-ureia-formaldeído.

Palavras-chave: Farinha de trigo, viscosidade, resistência ao cisalhamento

Impact of filler addition on lignin-urea-formaldehyde adhesive

Nicolle De Filippo Brumano¹; Êmilly Wakim De Araújo¹; Gabriela Ferreira da Silva¹; Raquel Júlia Cipriano dos Santos¹; Lara Fontes Demuner¹; Angélica de Cássia Oliveira Carneiro¹

1- Department of Forestry Engineering, Federal University of Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

ABSTRACT: Lignin has been added to urea-formaldehyde adhesive to improve its performance, but it negatively affects its viscosity. The objective of this work was to evaluate the impact of filler addition on the properties of the lignin-urea-formaldehyde adhesive. The lignin-urea-formaldehyde adhesive was synthesized and added 0, 5, 8 and 10% filler before gluing. The adhesives were characterized by determining viscosity, pH, gel time and solids content. Bonding performance was evaluated using dry and wet shear strength tests. In general, adhesives produced with the addition of filler had an increase in viscosity, solids content and a reduction in pH. Only the wet shear strength was affected by the addition of filler, with the formulation with 8% having the highest value. It is concluded that the addition of filler can be carried out to improve the rheological properties of the lignin-urea-formaldehyde adhesive.

Keywords: Wheat flour, viscosity, shear strength

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países produtores de painéis reconstituídos de madeira do mundo, com uma produção anual de 8,5 milhões de m³ (IBÁ, 2023). Os adesivos ureia-formaldeído são os mais utilizados pela indústria, devido seu baixo custo e facilidade de uso (Pereira et al., 2019). Porém, possuem baixa resistência à umidade, baixa resistência mecânica e emissão de formaldeído (Ferreira, 2017). Neste contexto, visando melhorar a performance desses adesivos, muitas pesquisas utilizam a lignina kraft como alternativa (Ferreira, 2017; Lopes, 2022).

A adição da lignina ao adesivo de ureia-formaldeído tem sido estudada principalmente para reduzir a emissão de formaldeído e o uso de matérias-primas não renováveis (Lopes, 2022). No entanto, afeta drasticamente as propriedades reológicas dos adesivos, principalmente a viscosidade, e pode resultar em perda das propriedades dos painéis, como redução da resistência mecânica da colagem e a resistência a umidade.

Uma das alternativas para contornar este problema é a adição de carga e extensores, que são considerados materiais inertes, desprovidos de propriedades de adesão e têm função de preenchimento (Almeida, 2009). Sendo assim, a adição de carga, como a farinha de trigo, surge como uma alternativa para proporcionar uma viscosidade adequada para a etapa de aplicação dos adesivos e durante a fase inicial de aquecimento na prensagem.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da incorporação da farinha de trigo nas propriedades do adesivo lignina-ureia-formaldeído e seus efeitos na resistência mecânica da colagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Síntese e caracterização do adesivo

O adesivo lignina-ureia-formaldeído foi sintetizado de acordo com FERREIRA (2017), com adaptação na última etapa da síntese, onde elevou-se o pH para 10,5 e adicionou-se 0,5% de lignina em relação a massa total de ureia utilizada.

A caracterização do adesivo foi realizada através da avaliação das propriedades de viscosidade, pH, gel time e teor de sólidos.

A viscosidade foi determinada utilizando um viscosímetro de Brookfield-LV (cp),

com a haste de número 3, velocidade de 12 rpm e com o fator de conversão de 100, seguindo a norma americana ASTM D 1084-97 – método B (1998)

A determinação do pH foi realizada em um pHmetro digital de acordo com a norma E70-07 (ASTM, 2015), as medições foram feitas em 100 ml de adesivo a temperatura de 25°C.

A análise do gel time, foi realizada com a pesagem de 1g do adesivo em um tubo de ensaio. Este foi mergulhado em glicerina a temperatura de 180°, com o auxílio de uma haste de vidro e um cronômetro, foi quantificado o tempo de polimerização do adesivo com adição de 2% de sulfato de amônia (20% m/v), a análise foi realizada em triplicata.

O teor de sólidos foi realizado de acordo com os procedimentos da norma ASTM D 1490-01 (2013). Foi pesada uma amostra de 1g em uma placa de petri e levada para estufa a 103 ± 2 °C, até atingirem massa constante. O cálculo foi realizado pela diferença de massa inicial e final da amostra, a análise foi feita em triplicata.

2.2 Teste de cisalhamento

Para avaliar a resistência mecânica da colagem, foram fabricadas juntas coladas com os adesivos produzidos. As tábuas de pinus tinham dimensões de 0,65 x 9,0 x 40,0cm de espessura, largura e comprimento, respectivamente. Para colagem foi utilizada uma gramatura de 250g/m² de adesivo. As colagens foram realizadas utilizando o adesivo lignina-ureia-formaldeído com 4 diferentes porcentagens de carga (farinha de trigo) em relação a massa de ureia utilizada na síntese, sendo 0% (testemunha), 5%, 8% e 10%.

O processo de prensagem foi realizado utilizando uma pré-prensagem a temperatura ambiente durante 4 minutos e posteriormente a prensagem a quente em prensa hidráulica a 180°C, pressão de 12kgf/cm² e tempo de 8 minutos. As lâminas coladas foram acondicionadas em câmara climática, com temperatura de 20 ± 2 °C e umidade relativa de $65 \pm 3\%$, até atingir massa constante.

Para a avaliação da resistência mecânica através do teste de cisalhamento úmido e seco, foram confeccionados corpos de prova nas dimensões de 0,32 x 2,54 x 8,26 cm de espessura, largura e comprimento, respectivamente. A determinação da resistência ao cisalhamento seco e úmido (após 24 horas de imersão em água)

foram realizadas seguindo as normas ASTM D 2339-98 (ASTM, 1998) e ABNT NBR 12466-1 (ABNT, 2006), respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para as propriedades de viscosidade, pH, gel time e teor de sólidos dos adesivos produzidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores obtidos da caracterização do adesivo

Tratamentos	Viscosidade (cP)	pH	Tempo de gelatinização (s)*	Teor de sólidos (%)
LUF	105,00 c	8,75 a	32,33	50,12 b
LUF 5 %	210,00 bc	7,46 c	35,33	51,47 a
LUF 8 %	350,00 ab	7,85 b	36,00	51,59 a
LUF 10 %	450,00 a	7,79 bc	30,67	51,87 a

A viscosidade dos adesivos aumentou proporcionalmente com a adição de carga, sendo a adesivo com adição de 10% o que teve o maior valor para esta propriedade (450 cP). O aumento da viscosidade com a adição de farinha de trigo está relacionado ao elevado peso molecular da mesma, o que ocasionou aumento do teor de sólidos e contribuiu conseqüentemente para o aumento da viscosidade dos adesivos (Almeida, 2009).

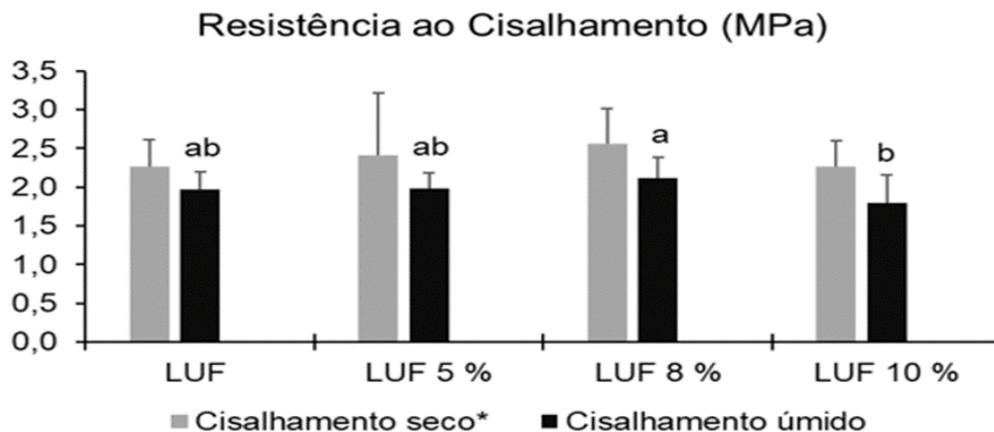
A adição de carga teve efeito significativo na propriedade de pH. Foi observado redução no pH com a adição de farinha de trigo. Para os adesivos à base de ureia-formaldeído, quanto mais ácida a solução do adesivo, mais rápida será a cura (MOREIRA, 1985). No entanto, essa redução não foi capaz de alterar o tempo de cura do adesivo, como pode ser observado pela propriedade de tempo de gelatinização.

A análise de variância indicou efeito significativo da adição de carga nas propriedades de teor de sólidos. Os adesivos com adição de carga tiveram valores de teor de sólidos estatisticamente superiores ao adesivo lignina-ureia-formaldeído sem adição de carga, devido ao material inerte adicionado.

Para a propriedade de tempo de gelatinização não houve diferença estatística entre os tratamentos, sendo o valor médio para essa propriedade de 33,58 segundos. Isso indica que a carga não afetou a velocidade das reações de polimerização do adesivo.

Na Figura 1 são apresentados os valores médios de resistência ao cisalhamento obtidos pelas formulações adesivas produzidas. A resistência ao cisalhamento foi avaliada na condição a seco e após 24 horas de imersão em água.

Figura 1. Resistência ao cisalhamento seco e úmido



A adição de carga ao adesivo lignina-ureia-formaldeído não teve efeito significativo na resistência ao cisalhamento na condição seca. O mesmo comportamento também foi observado por Almeida (2009), com a adição de farinha de trigo ao adesivo de ureia-formaldeído.

Para a resistência ao cisalhamento úmido, a análise de variância indicou diferença significativa entre os tratamentos. Sendo a adesivo LUF 8% o que apresentou o valor mais alto para esta propriedade. Provavelmente a viscosidade do adesivo afetou positivamente nas funções de movimento e mobilidade do adesivo, promovendo melhoria na qualidade da junta colada e resistência a clivagem pela água. Uma vez que, a baixa viscosidade do adesivo testemunha, pode promover uma penetração excessiva do adesivo da madeira e gerar uma linha de cola

faminta, que é caracterizada pela baixa presença do adesivo na linha de cola (Bianche, 2014).

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que a adição de carga pode ser utilizada para aumentar a viscosidade do adesivo lignina-ureia-formaldeído sem afetar drasticamente as outras propriedades e resistência mecânica da colagem, especialmente ao adicionar 8% de farinha de trigo.

5. AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF), ao Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM), à Fundação de Amparo à pesquisas de Minas Gerais (FAPEMIG), à Sociedade de Investigações Florestais (SIF), à Fundação de Coordenadora de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq), à Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação (EMBRAP II) e à Fundação Arhur Bernardes (FUNARBE) pelo apoio e pelas contribuições.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. C. **Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo ureia-formaldeído e dos compensados de Pinus e Paricá.** 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM. D 1084-97:** Standard test methods for viscosity of adhesives. West Conshohocken: ASTM Internacional, 1998.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM. D 1490-01:** Standard test method for nonvolatile content of urea-formaldehyde resin solutions. West Conshohocken: ASTM Internacional, 2013, 2 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM. D 2339-98:** Standard test method for strength properties of adhesives in two-plywood construction in shear by tension loading. Annual book of ASTM standards: adhesives. West Conshohocken: ASTM International, 1998. 600 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM. E70-07**: Standard test method for pH of aqueous solutions with the glass electrode. West Conshohocken: ASTM Internacional, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 12466- 1**: Madeira Compensada – Qualidade de colagem. Parte 1: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

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

DEMUNER, I. F. **Modificações na lignina kraft de eucalipto e produção de lignosulfonatos**. 2021. 127 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2021.

FERREIRA, J.C. **Síntese de adesivo ureia-formaldeído com adição de lignina kraft e celulose nanocristalina**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES. **Relatório anual 2023**. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>>. Acesso em: 23 abril. 2024

LOPES, T. A. **Nanopartículas de lignina kraft para modificação do adesivo ureia-formaldeído para colagem de madeira**. 2022. 150 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2022.

MOREIRA, W. S. **Extensores alternativos para produção de compensados com resina ureiaformaldeído**. 1985. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1985.

PEREIRA, P.; ALMEIDA, M.; PEREIRA, J.; PAIVA, N.; FERRA, J.; MARTINS, J.; CARVALHO, L.; MAGALHÃES, F.D. Improvement of storage stability of UF resins by adding caprolactam. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v.9, p. 105-110, 2019.