

Produção de painéis de madeira com resíduos de MDF e MDP da indústria moveleira e resina à base de tanino de Acácia Negra.

Production of wood panels with MDF and MDP wastes from furniture industry and Acácia Negra tannin-based resin.

Angelo de Freitas ¹

Denise Maria Lenz ²

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo da produção e avaliação de nova matéria-prima confeccionada a partir de resíduos de painéis de madeira aglomerada provenientes de empresas moveleiras da região do Vale do Caí, Rio Grande do Sul. Os painéis foram confeccionados utilizando 40 kgf/cm² (3,9 MPa) de pressão de compactação, 160 °C de temperatura, 12 minutos de tempo de prensagem e, como adesivo, empregou-se duas resinas à base de tanino de Acácia Negra na proporção de 11 % em relação à massa seca das partículas de madeira. As propriedades físico-mecânicas dos painéis foram avaliadas com base nas Normas NBR 14810 e NBR 15316 e realizou-se análise de variância e médias para avaliação da diferença estatística entre as propriedades dos painéis. O perfil de degradação térmica dos painéis foi realizado através de análise termogravimétrica. As propriedades físicas de densidade aparente e teor de umidade atenderam à norma nacional, enquanto o inchamento em espessura dos painéis apresentou valores médios desiguais para os dois adesivos. O módulo de ruptura, o módulo elasticidade, a ligação interna, o arrancamento do parafuso e a absorção de água não atenderam as exigências das normas. O perfil de degradação térmica dos painéis produzidos com os dois adesivos e um painel produzido com madeira virgem foram similares, indicando o início de decomposição térmica da madeira em torno de 250 °C. De acordo com a análise estatística através do teste Anova para um fator não foi possível identificar diferenças entre as médias dos dois adesivos em todas as propriedades.

Palavras-chave: resíduos industriais, tanino, resina ureia-formaldeído, painéis de madeira.

¹ Ulbra – Universidade Luterana do Brasil

² Ulbra – Universidade Luterana do Brasil

Abstract: This work presents a study on the production and evaluation of a new raw material from agglomerated wood panel waste supplied by furniture industries located in the Vale do Caí region, Rio Grande do Sul State. The panels were made using compaction pressure of 40 kgf/cm² (3.9 MPa) and 160 °C of temperature for 12 minutes of pressing. In addition, two different kinds of resin were employed as adhesives, both composed by black acacia tannin, using a proportion of 11 % resin in relation to the mass of dry material. The physical-mechanical performance of the panels were evaluated by the NBR 14810 and NBR 15316 standards and a variance analysis (ANOVA) were used to measure the statistical difference between the adhesives. The thermal degradation profile of the panels was performed by thermogravimetric analysis. The physical properties of apparent density and moisture content have met the requirements of the national standard, while the swelling in thickness presented different mean values for both adhesives. The rupture modulus, the elasticity modulus, internal bonding, screw pulling and water absorption did not meet the standards requirements. The thermal degradation profiles of the panels produced with the two adhesives, as well as a panel produced with virgin wood, were similar, indicating the beginning of the thermal decomposition of the wood around 250 °C. According to the statistical analysis, through the One- Way *Anova* test, it was not possible to identify differences between the two adhesives for all the properties.

Keywords: industrial waste, tannin, urea-formaldehyde resin, wood panels.

1. Introdução

A indústria moveleira dispõe de uma diversidade de matérias-primas, derivadas da madeira, que são utilizadas na fabricação do seu produto final que, no entanto, geram resíduos que não recebem um destino final adequado, implicando, conseqüentemente, em um processo não sustentável. Entre os inúmeros materiais utilizados na fabricação de móveis, se destaca o painel de madeira aglomerada, o qual pode ser classificado como fibras de média densidade (MDF), partículas de média densidade (MDP) ou tiras de madeiras orientadas (OSB). No Brasil, grande parte da matéria-prima empregada na fabricação desses painéis é oriunda de florestas renováveis de pinus e eucalipto.

Os painéis de madeira aglomerada são conjuntos de partículas, fibras ou partes de madeiras unidas por uma composição adesiva, sob pressão e temperatura adequada. Os adesivos são a matéria-prima de maior custo durante a fabricação, de modo que, segundo Iwakiri (2005), os adesivos sintéticos associam-se diretamente ao preço do painel de madeira, encarecendo-o. No Brasil os adesivos mais utilizados na fabricação dos painéis aglomerados são a ureia-formaldeído e fenol-formaldeído, além dos aditivos utilizados como a emulsão de parafina e retardantes de fogo e biocidas preservantes.

Pesquisas sobre a viabilidade de substituição dos adesivos sintéticos por adesivos naturais como o tanino tornam-se indispensáveis, tendo em vista que estes são provenientes de fontes renováveis, possibilitando a produção de painéis de excelente qualidade, com baixo custo produtivo, satisfazendo a indústria (TOSTES *et al.*, 2006). Os taninos são encontrados na casca de Acácia Negra (*Acacia mearnsii*), *Pinus radiata*, bem como na madeira do cerne de *quebracho* (*Schinopsi ssp.*) e apresentam grande poder de ligação, podendo condensar com formaldeído a um determinado pH, formando, desse modo, uma resina a ser utilizada como adesivo.

O estudo visa à utilização de resíduos da indústria moveleira e também de matérias-primas provenientes de fontes renováveis na confecção de novos painéis de madeira aglomerada, com adesivo à base de tanino de Acácia Negra.

2. Materiais e métodos

Os resíduos de madeira aglomerada de MDF, MDP e OSB foram obtidos através de coletas realizadas em empresa madeireira, situada no município de São Sebastião do Caí, RS, em uma proporção respectiva aproximada de 20, 70 e 10% em massa, respectivamente, sobre o total de matéria-prima. A figura 1 apresenta o aspecto geral dos resíduos provenientes das indústrias moveleiras que são recebidos pela empresa. Os painéis de madeira aglomerada utilizados possuem um percentual aproximado de 10% de resina UF sobre a massa total da sua composição, conforme processo industrial.



Figura 1 – Resíduos de madeira aglomerada da indústria moveleira

Dois adesivos à base de tanino foram utilizados para colagem dos painéis de madeira aglomerada. Os valores médios para sólidos totais, viscosidade, viscosidade corrigida, pH *in natura* e tempo de gel dos dois adesivos encontram-se na Tabela 1. O formaldeído p.a. foi o reagente utilizado como agente de reticulação do adesivo à base de tanino.

Tabela 1 - Características dos adesivos à base de tanino

ADESIVO	Sólidos Totais (ST) (%)	Viscosidade (cP)	Viscosidade Corrigida (cP)	pH <i>in natura</i>	Tempo de Gel (GT) (segundos)
ADE281016A (adesivo A)	50,07	335	339	4,32	564
ADE281016B (adesivo B)	52,35	225	135	3,94	435

2.1 Produção de painéis de madeira aglomerada

Para a manufatura dos painéis ocorreu a classificação granulométrica das partículas dos resíduos após a moagem, utilizou-se agitação mecânica, gerada por um agitador, durante um período de 10 minutos, com amplitude máxima de vibrações de 2 mm. Em cada sessão de peneiramento foi empregado 150 g de resíduos, com a escala de peneira de 9,5 mm. Foram utilizadas as partículas que passaram pela peneira de 9,5 mm e que ficaram retidas na de 4,7 mm para a parte interna do painel e as que ficaram retidas na peneira de 2,3 mm para a parte externa. O resíduo moído e devidamente classificado permaneceu por um período de 7 dias em uma estufa para a secagem das partículas, por meio da circulação mecânica de ar sob temperatura de 80°C. A finalidade desta etapa foi à obtenção de teores de umidade uniformes, abaixo de 10%.

2.2 Formulação dos painéis

Para a fabricação de um painel com densidade de 0,65g/cm³ e dimensões de 42 cm x 42 cm x 1,5 cm (volume de 2.646 cm³), utilizou-se de 1,728 g de matérias-primas, composto por: 1,531 g de resíduos de partículas de madeira moída, 189 g do adesivo tanino (A ou B) sob uma concentração de média de 50% de sólidos totais e 8 g de formaldeído, decorrente da proporção de sólidos totais existentes no adesivo.

O material foi pré-prensado durante 14 minutos sob 4903 N em temperatura ambiente em uma prensa modelo P-10T. Após o processo, os painéis foram prensados com aquecimento elétrico, a uma temperatura de 160°C, durante 8 minutos, sob pressão de 40kgf/cm² (3,9 MPa). Decorrida a prensagem, foi constatada falta de consistência quanto à aglutinação do painel. Dessa forma, como ação corretiva, procedeu-se o aumento do tempo de prensagem, configurando-o para 12 minutos. Depois da prensagem, os painéis foram mantidos em temperatura ambiente para atingirem uma condição de equilíbrio. Posteriormente, foram quarteados e dispostos em uma câmara climatizada, sob temperatura de 20°C e umidade de 65±5%.

2.3 Caracterização físico-mecânica

Após a produção de painéis obtidos a partir de resíduos de partículas de madeira, foram realizados testes físicos e mecânicos, visando avaliar as propriedades do produto final. Os testes foram executados no Laboratório de controle de qualidade do Centro Tecnológico do Moveleiro (CETEMO) em Bento Gonçalves-RS e no Laboratório de Testes Mecânicos da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA).

As propriedades físicas e mecânicas foram avaliadas de acordo com normas brasileiras, descritas na Tabela 2. Os resultados foram estatisticamente analisados com a utilização do teste Anova para fator único, onde considerou-se o nível de significância de 5% a equivalência entre os valores médios das propriedades como hipótese nula (H_0) e a não equivalência como hipótese alternativa (H_1). Em casos onde o valor calculado para F seja superior ao F tabelado (F crítico), rejeita-se a hipótese de nulidade H_0 , ou seja, há evidências significativas de diferenças entre pelo menos um par de médias no tratamento. Caso o valor calculado seja inferior ao tabelado, pode-se afirmar que não há evidências de qualquer diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 2 - Propriedades físicas e mecânicas e suas respectivas normas.

Propriedade	Norma de Ensaio
Teor de umidade	NBR 14810-2/2013 e NBR 15316/2015
Densidade aparente	NBR 14810-2/2013 e NBR 15316/2015
Inchamento após 24 horas	NBR 14810-2/2013 e NBR 15316/2015
Arrancamento de parafuso topo	NBR 14810-2/2013
Arrancamento de parafuso superfície	NBR 14810-2/2013
Resistência à flexão e modulo de elasticidade	NBR 14810-2/2013
Absorção de Água 2 e 24 horas	NBR-14810-2/2006
Ligação Interna	NBR-14810-2/2013

2.4 Caracterização termogravimétrica

Os painéis de resíduo de madeira foram submetidos à análise térmica em um analisador termogravimétrico TGA Q50 com fluxo de ar em uma taxa de varredura de 20°C/min de 25°C a 1000°C. Esta análise, obtida na forma de uma curva de perda de massa em função de temperatura, foi realizada com o objetivo de determinar e comparar a estabilidade térmica e a degradação dos painéis de madeira obtidos a partir de resíduos industriais curados com tanino e formaldeído com os painéis de madeira virgem curados com fenol-formaldeído. A primeira derivada (DTG) das curvas de TGA representa a taxa de perda de massa.

3. Resultados e discussões

3.1 Testes físicos

Os valores médios para os testes físicos de densidade aparente, teores de umidade, inchamento em espessura, absorção d'água após 2 e 24 horas são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Valores médios de Densidade Aparente (DA), Teores de Umidade (TU), Inchamento em espessura (IE), Absorção de água durante 2 horas (AA) e Absorção de água durante 24 horas (AA)

	DA(Kg/m ³)	TU(%)	IE(%)	AA 2h(%)	AA 24h(%)
Adesivo A	612(27,7)	9,4(0,29)	16,7(1,31)	33,11 (34,25)	41,89 (42,22)
Adesivo B	594(27,6)	11,4(0,21)	58,4(4,55)	81,83 (24,43)	161,84(32,55)
F	3,35	405,55	693,96	14,18	64,32
F Crítico	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41

Médias seguidas dos valores dos desvios-padrão e valores de F para Anova de 1 fator e F crítico.

A densidade é uma característica importante para os aspectos avaliativos das propriedades físicas e mecânicas dos painéis, podendo influenciar significativamente as características gerais do painel. O aumento da densidade do painel, em geral, aumenta resistência à flexão e à tração (HILLING, 2000).

A densidade aparente dos painéis testados variou entre 594 kg/m³ e 612 kg/m³. De acordo com a norma NBR 14810 (ABNT, 2013), os painéis produzidos se caracterizam como painéis de média densidade, pois variaram entre 551 e 750 kg/m³. Logo, os painéis com densidade inferior a estes valores são caracterizados como painéis de baixa densidade e acima deste valor, de alta densidade. De acordo com o teste Anova para um fator, não foram encontradas evidências de diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade entre as médias com relação à densidade aparente.

Entre diversos pesquisadores citam-se Carvalho *et al.* (2014) que produziram painéis com

adesivo TF e UF em suas diferentes proporções. Os valores de densidade encontrados pelos autores foram de 660 kg/m^3 para painéis produzidos com adesivo de tanino de acácia em sua totalidade. Modes *et al.* (2012) produziram painéis com madeira virgem e utilizando uma combinação de TF e UF que apresentaram densidade aparente de 630 kg/m^3 , valor esse inferior ao encontrado por Caralho *et al.* (2014).

O teor de umidade é o parâmetro que interfere significativamente em todas as propriedades físicas e mecânicas do painel. Hilling *et al.* (2002) destacam que pequenas variações nesse parâmetro são habituais, por tratar-se de uma variável de difícil controle. Melo *et al.* (2009) salientam a dificuldade de controlar a umidade na saída da estufa, além da influência dos produtos aplicados (água, adesivo e parafina) que tem sua perda aderida nos instrumentos de fabricação.

Segundo a norma NBR 14810 (2013), os valores dos teores de umidade aceitos estão entre 5 e 13%. Os valores de umidade obtidos no presente trabalho atendem a norma em sua totalidade e variaram entre 9,0 e 11,5%. De acordo com o teste Anova para um fator foram encontradas evidências de diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade entre as médias com relação aos teores de umidade.

Weber (2011) trabalhou com reciclagem de madeira aglomerada de indústrias de móveis da região de Curitiba e encontrou valores entre 7,34% e 8,96%. Sanches (2012), por sua vez, avaliou a qualidade de painéis particulados produzidos com mistura de madeira de quatro espécies florestais, observando valores que variaram entre 6,55 e 8,29%. Já Melo *et al.*, (2009) produziram painéis particulados de *eucalyptus grandis* e casca de arroz, nos quais observaram-se valores de teor de umidade entre 8,29 e 8,49% para painéis colados com UF.

O inchamento em espessura está diretamente relacionado à densidade do painel, pois quanto maior é a densidade, maior será o inchamento (ALBUQUERQUE, 2002). Segundo a norma NBR 14810 (2013), o valor aceito é de 18% de inchamento em espessura sobre a espessura inicial. Através da análise dos valores obtidos, observa-se diferença considerável entre as amostras, pois, após 24 horas, a amostra com o adesivo B apresentou um inchamento superior ao ocorrido na amostra com o adesivo A. Somente os painéis com o adesivo A atendem o valor estabelecido nessa norma. De acordo com o teste Anova para um fator foram encontradas evidências de diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade entre as médias com relação ao inchamento em espessura durante 24 horas.

Tinti (2015) utilizando retalhos de eucalipto e diferentes tipos de resinas, encontrou valores entre 24,95 e 38,52 %. Segundo o autor, a presença de espaços vazios entre as partículas de madeira torna a entrada de água facilitada, o que justifica os valores obtidos. Gonçalves (2012) utilizou razões de compactação diferentes, encontrando valores superiores aos outros estudos, variando entre 24,05% e 51,48%.

A absorção d'água é a característica que implica diretamente na instabilidade física e

estrutural do painel, tendo em vista que, para a estruturação, é necessária resistência a condições de clima adversas. Renzo (2008) afirma que o painel que absorve uma grande quantidade de água torna-se um produto vulnerável.

Segundo especificação da norma NBR 14810/2006, os painéis de partículas aglomeradas devem apresentar valor máximo de 35% de AA, após 24 horas submersos em água. Observa-se a variação entre 41,89 e 161,84% para os adesivos A e B, respectivamente. Os valores alcançaram números superiores aos permitidos. Trianoski *et al.* (2013) justificam os valores elevados com o aumento dos sítios disponíveis para a penetração da água fazendo aumentar consideravelmente a absorção. É possível, em função dessa variável, ocorrer espaços vazios entre as partículas, ocasionando a entrada e armazenamento de água nos poros. De acordo com o teste Anova para um fator, foram encontradas evidências de diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, entre as médias, com relação à absorção de água durante 24 horas.

Segundo a norma brasileira, não existe valor específico para absorção durante 2 horas, porém, identifica-se que o painel produzido com o adesivo B registrou valores superiores ao estipulado para as 24 horas em apenas 2 horas, variando os valores entre 33,11 e 81,83% . De acordo com o teste Anova para um fator, foram encontradas evidências de diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade entre as médias com relação à absorção de água durante 2 horas.

3.2 Testes mecânicos

Os valores médios para os testes mecânicos de arrancamento de parafuso topo, arrancamento de parafuso superfície, módulo de ruptura e elasticidade e ligação interna são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Valores médios para arrancamento de parafuso topo (APT), arrancamento de parafuso superfície (APS), módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidade (MOE) e ligação interna (LI).

	APT(N)	APS(N)	MOR(NM/mm ²)	MOE(N/mm ²)	LI(MPa)
Adesivo A	467,1(121,9)	347,5(81,64)	2,285(0,22)	367,3(32,51)	0,2326(0,02)
Adesivo B	93,4(40,49)	118,9(52,18)	1,66(0,7)	270(81,39)	0,1663(0,06)
F	84,6	55,63	2,11	4,58	3,92
F Crítico	4,41	4,41	5,98	5,98	5,31

Médias seguidas dos valores dos desvios-padrão e valores de F para Anova de 1 fator e F crítico.

Para Bernardi (2006) o teste de arrancamento é de extrema importância para os fabricantes de móveis, uma vez que é através do parafuso que é feita a união entre as peças que compõe o produto. Conforme a norma NBR 14810 (2013), o valor mínimo é de 800 N para o teste de arrancamento de parafuso topo. Os resultados obtidos ficaram abaixo do valor estipulado pela norma variando entre 93,4 e 467,1 N. É possível concluir que uma das possíveis causas para

os resultados inferiores ao valor estabelecido pela norma é a heterogeneidade na deposição das partículas de madeira durante a formação manual do colchão, uma vez que o desvio padrão torna visível a diferença entre painéis iguais. De acordo com o teste Anova para um fator, foram encontradas evidências de diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade entre as médias com ao arrancamento de parafuso topo.

Entre os diversos trabalhos pode-se citar Tinti (2015) que obteve valores que variaram entre 350,17 N e 535,17 N para painéis produzidos com resina de tanino-formaldeído. Weber (2011), utilizando resíduos de indústrias moveleiras obteve valores que variaram entre 591,13 N (mistura igualitária de MDP e compensado), 1345,69 N (mistura igualitária de MDF e MDP) e 1201,31 N (mistura igualitária de MDP, MDF e compensado).

Os valores obtidos para o arrancamento de parafuso na superfície do painel variaram entre 118,9 e 347,5 MPa. Os valores encontrados foram inferiores aos exigidos pela NBR 14810 (2013), que estabelece 1200 N para esta característica mecânica. Os valores encontrados assemelham-se aos encontrados por Bernardi (2006). O mesmo pesquisador cita que, apesar dos valores inferiores aos estabelecido nas normas, ainda é possível sua utilização para a fabricação do mobiliário, uma vez que, valores abaixo do estabelecido podem ser utilizados para a fabricação de produtos com a utilização do tambor “Mini-fix” ao invés do parafuso. De acordo com o teste Anova para um fator, foram encontradas evidências de diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade entre as médias ao arrancamento de parafuso topo.

Segundo a NBR 14810, é necessário, o valor mínimo de 11 N/mm² (112 kgf/cm²) para o módulo de ruptura. Os valores obtidos no presente trabalho variaram entre 1,66 e 2,285 N/mm². Os resultados encontrados podem ser consequência do tempo de prensagem durante o processo de produção. De acordo com o teste Anova para um fator, não foram encontradas evidências de diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, entre as médias, com relação ao módulo de elasticidade.

Segundo a NBR 14810, é necessário, o valor mínimo 1600 N/mm² (16315 kgf/cm²) para o módulo de elasticidade. Os valores obtidos variaram entre 367,3 e 270 N/mm². De acordo com o teste Anova para um fator, não foram encontradas evidências de diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, entre as médias, com relação ao módulo de ruptura.

Segundo a norma NBR 14810 (2013), ligação interna é a resistência que um corpo-de-prova oferece quando é submetido a uma força de tração aplicada perpendicularmente à sua superfície até a ruptura. O resultado do ensaio de tração perpendicular à superfície demonstra a adesão interna entre as partículas da chapa. De acordo com a mesma norma são aceitáveis os painéis com valores superiores a 0,35 MPa para os valores de ligação interna. Analisando os resultados, pode-se verificar que os valores se mantiveram abaixo do mínimo exigido, não atingindo os valores recomendados, variando entre 0,1663 e 0,2326 MPa. De acordo com o teste Anova para um fator, não foram encontradas evidências de diferenças significativas ao nível de

5% de probabilidade entre as médias com relação à ligação interna.

Com relação aos trabalhos presentes na literatura cita-se Dacosta *et al.* (2005), ao produzirem painéis de madeira aglomerada com resíduos do processamento mecânico de *pinus elliottii* com densidade aparente de 0,6 e 0,7 g/cm³ (600 e 700 kg/m³) e 4%, 8% e 12% de resina UF, obtiveram valores resultantes na ligação interna entre 0,09 e 0,23 MPa, ou seja, inferior ao determinado pela norma. Carvalho *et al.* (2014) e Teodoro (2008) realizaram trabalhos com *pinus caribaea var. bahamensis* e tanino de casca de acácia como adesivo. Os resultados apresentados pelos autores ultrapassam o mínimo exigido pela norma, variando respectivamente entre 7 e 3,8 kgf/cm² (0,68 e 0,37 MPa).

3.3 Perfil de decomposição térmica (TGA)

Os termogramas dos painéis de madeira podem ser observados nas figuras 2 a 4. Observam-se quatro eventos térmicos de perda de massa nos três termogramas. Os dois primeiros eventos em temperaturas abaixo de 100°C (nas faixas de 38-40°C e 63-68°C) podem ser atribuídos à perda de água na forma de vapor (umidade) e outros compostos altamente voláteis como a parafina (YORULMAZ e ATIMTAY, 2008). O terceiro evento com taxa máxima em torno de 335°C para as amostras de painéis de resíduos de madeira com tanino e 343°C para o painel de madeira comercial com madeira virgem e resina fenol-formaldeído é atribuído à degradação dos compostos lignocelulósicos da madeira (GRØNLI *et al.*, 2002). Conforme a curva DTG, o início deste evento ocorre em aproximadamente 250°C para os três tipos de painéis, indicando que os painéis podem ser usados em ambientes com temperaturas inferiores a 250°C. A partir desta temperatura, a perda de massa relativa às fibras da madeira e dos adesivos curados é considerável.

Já o último evento, que ocorre em temperaturas em torno de 425°C e 440 °C para as amostras de painéis de resíduos de madeira com tanino A e B, respectivamente, e 500°C para o painel de madeira comercial com madeira virgem e resina fenol-formaldeído, é atribuído à decomposição térmica dos adesivos tanino-formaldeído e da resina fenol-formaldeído (MOUBARIK *et al.*, 2009).

Figura 2 - Termograma do painel de madeira obtido a partir dos resíduos de madeira e do adesivo de tanino A

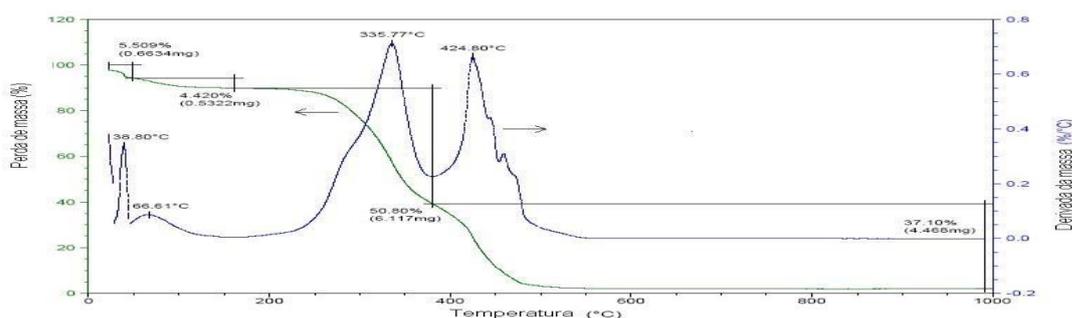


Figura 3 - Termograma do painel de madeira obtido a partir dos resíduos de madeira e do adesivo de tanino B

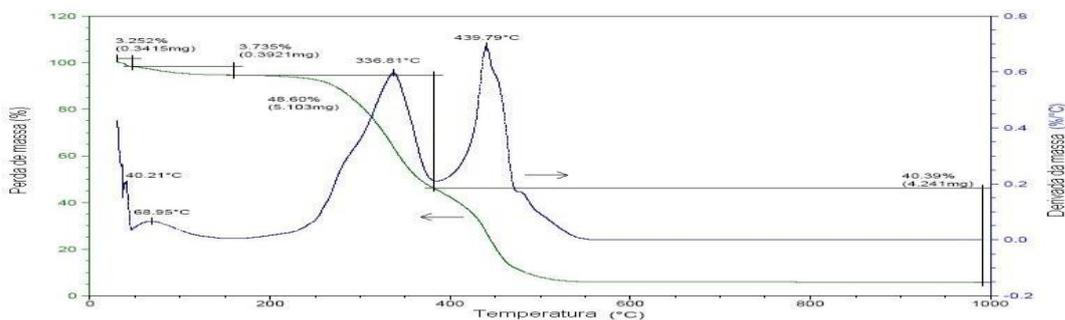
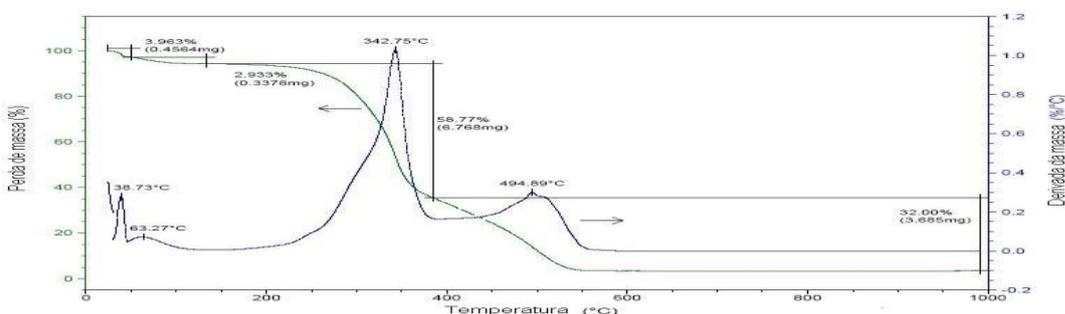


Figura 4 - Termograma do painel de madeira virgem e adesivo Fenol-Formaldeído



4. Conclusão

Tendo como referência as normas NBR 14810 e NBR 15316, apresentam-se as seguintes conclusões:

Em relação à análise de inchamento, o painel produzido com o adesivo A atendeu ao estipulado nas normas, o que não ocorreu com o adesivo B.

Os painéis avaliados não atenderam às normas quanto aos testes de absorção de água, flexão estática, ligação interna e arrancamento de parafuso, apresentando, contudo, bom desempenho físico nas avaliações de teor de umidade e densidade.

Através da análise estatística, apenas verificou-se diferenças com relação aos adesivos A e B nos testes de teor de umidade, inchamento em espessura 24 horas, arrancamento de parafuso no topo, arrancamento de parafuso superfície, absorção de água durante 2 horas e 24 horas.

Para estas avaliações, o adesivo A apresentou desempenho superior ao adesivo B. Nas demais avaliações, não foi possível concluir a existência de diferenças estatísticas significativas, entre os adesivos, ao nível de 5%.

Por meio do teste de perfil de degradação térmica pode-se concluir que os painéis fabricados com o adesivo à base tanino possuem características similares aos produzidos industrialmente com a utilização do adesivo fenol-formaldeído, indicando o início de decomposição térmica da madeira em torno de 250°C.

De modo geral, os resíduos de MDP, MDF e OSB possuem potencial técnico para

reutilização, todavia, torna-se necessária a realização de estudos para melhorar as características do adesivo, bem como para a aplicação de diferentes razões de compactação, densidades e tempo de prensagem.

Assim, de acordo com a característica física e mecânica apresentada, os novos painéis de madeira têm potencial para serem utilizados na construção civil, na composição de formas de concreto, tapumes, barracas, construções temporárias e fechamento de obras. Na indústria moveleira, por sua vez, podem ser empregados na fabricação de embalagens descartáveis, bem como calços e apoios para essas embalagens, em razão da menor exigência de resistência mecânica. Como vantagem, o adesivo à base de tanino de Acácia Negra possui potencial renovável e abundante na região sul do Brasil.

Este trabalho foi uma contribuição para a produção de painéis de madeira aglomerada com a utilização de resíduos da indústria moveleira como serragem, cavacos, retalhos e aparas, através de processo tradicional de mistura com boa homogeneização entre as partículas de madeira, o adesivo e demais reagentes. Por fim, através da reação química de reticulação do adesivo efetuada pelo aquecimento, obteve-se um novo material.

5. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-1: Painéis de partículas de média densidade. Parte 1: Terminologia. São Paulo, 5 p. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-2: Painéis de partículas de média densidade. Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. São Paulo, 69 p. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-3: chapas de madeira aglomerada: parte 3: métodos de ensaio. São Paulo, 51 p. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15316-2: Chapas de fibras de média densidade. Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 78 p. 2015.

ALBUQUERQUE, C. E. C. 2002. *Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná.

BERNARDI, R. 2006. *Reciclagem de chapas de madeira aglomerada da indústria moveleira da região da serra gaúcha*. Dissertação de Mestrado, Universidade Luterana do Brasil.

CARVALHO, A. G.; LELIS, R. C. C.; NASCIMENTO, A. M. 2014. Avaliação de adesivos a base de tanino de *Pinus caribaea var. bahamensis* e de *Acacia mearnsii* na fabricação de painéis aglomerados. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 2, p. 479-489.

DACOSTA, L.P.E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, É. J.; SCHNEIDER, P. R.; CALEGARI, L. 2005. Qualidade das chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos do processamento mecânico da madeira de *Pinus elliottii Engelm*. *Revista Ciência Florestal*. v. 15, n. 03, p. 311- 322.

GONÇALVES, F. G. 2012. *Painéis aglomerados de madeira de Acacia mangium com adesivos de ureia-formaldeído e tanino em pó da casca de Acacia mearnsii*. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

GRØNLI, M. G.; VÁRHEGYI, G.; DI BLASI, C. 2002. Thermogravimetric analysis and devolatilization kinetics of wood. *Industrial Engineering Chemistry Research*. v.41, n.17, p.4201-4208.

HILLIG, E. 2000. *Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeira de pinus, Eucalipto e Acácia Negra, puras ou misturadas, coladas com tanino-formaldeído*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria.

HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. 2002. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia-negra. *Ciência Florestal*. v. 12, n. 1, p. 59-70.

IWAKIRI, S. 2005. Painéis de madeira reconstituída. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná

MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; STANGERLIN, D. M. 2009. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. *Ciência Florestal*. v.19, n.34, p.449-460.

MODES, K. S.; VIVIAN, M. A.; LILGE, D. S.; MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C.R. 2012. Utilização da madeira de *canafístula (Peltophorum Dubium (Spreng.) Taub.)* na confecção de chapas de madeira aglomeradas. *Ciência Florestal*. v. 22, n. 1, p. 147-159.

MOUBARIK, A.; PIZZI, A.; ALLAL, A.; CHARRIER, F.; CHARRIER, B. 2009. Cornstarch and tannin in phenol-formaldehyde resins for plywood production. *Industrial Crops and Products*, v.30, n.2, p.188-193.

RENZO, R. 2008. *Painel estrutural de laminas paralelas (PLP) de Eucalyptus Grandis utilizando adesivo resorcinólico, tanino e poliuretano derivado do óleo de mamona*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras. Lavras.

SANCHES, L. F. 2012. *Qualidade de painéis aglomerados produzidos com mistura de madeiras de quatro espécies florestais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Centro-Oeste.

TEODORO, A.S. 2008. *Utilização de adesivos à base de taninos na produção de painéis de madeira aglomerada e OSB*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

TINTI, V. P. 2015. *Efeitos da temperatura e adesivos na qualidade de painéis aglomerados produzidos com resíduos de madeira de eucalipto*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo.

TOSTES, A.S.; LELIS, R.C.C., PEREIRA, K.R.M.; BRITO, E.O. 2006. Efeito da adição de tanino da casca de *Eucalyptus pellita F. Muell* ao adesivo fenol-formaldeído (ff) na produção de chapas de partículas. *Revista Floresta e Ambiente*. v.12, n.2, p. 50- 56.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; CHIES, D. 2013. Utilização da madeira de *Cryptomeria japonica* para produção de painéis aglomerados. *Cientia Forestalis*. v. 41, n. 97, p. 57-64.

WEBER, Cristiane. 2011. *Estudo sobre viabilidade de uso de resíduos compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná.

YORULMAZ, S. Y e ATIMTAY, A. Y. 2009. Investigation of combustion Kinetics and untreated waste wood samples with thermogravimetric analysis. *Fuel Processing Technology*. v.90, n.1, p. 939-946.