

EFEITO DO DESFIBRAMENTO DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* NA MORFOLOGIA DAS FIBRAS E PROPRIEDADES DE PAINÉIS MDF

Ugo Leandro Belini¹, Mario Tomazello Filho², Matheus Peres Chagas³, Carlos Tadeu dos Santos Dias⁴

(recebido: 6 de novembro de 2007; aceito: 25 de junho de 2008)

RESUMO: A utilização da madeira de eucalipto para confecção de painéis MDF é recente no Brasil e apresenta maiores perspectivas de crescimento em relação ao uso da madeira de pinus, pelo menor ciclo de corte, uso integral da casca no processo produtivo, etc. Avaliou-se, no presente trabalho, a estrutura anatômica e as propriedades de painéis MDF, confeccionados em laboratório com fibras de *Eucalyptus grandis* obtidos de três tratamentos. Avaliaram-se o tempo de pré-aquecimento, as pressões de desfibramento e da caixa de discos e da energia de desfibramento nos cavacos de madeira. Os painéis MDF, do tratamento de maior intensidade de desfibramento da madeira evidenciaram fibras mais escuras, com paredes rompidas no sentido transversal e menor desempenho da resistência à tração perpendicular, superficial, arrancamento de parafuso e inchamento. Os painéis MDF, do tratamento de desfibramento menos crítico apresentaram melhores propriedades físicas. Os resultados demonstraram que o aumento da intensidade de refino da madeira dos cavacos de eucalipto resulta em aumento da densidade aparente das fibras e dificultam o recobrimento de suas paredes pelo adesivo, com o seu entrelaçamento afetando as propriedades físicas e mecânicas dos painéis. A morfologia das fibras foi analisada nos painéis MDF através de microscopia de luz e eletrônica de varredura, estabelecendo-se relações entre os tratamentos de desfibramento dos cavacos de madeira e as propriedades dos painéis MDF.

Palavras-chave: Painéis MDF, *Eucalyptus grandis*, propriedades físicas e mecânicas, chapa de fibra.

EFFECT OF *Eucalyptus grandis* WOOD REFINING ON THE FIBER MORPHOLOGY AND ON MDF PANELS PROPERTIES

ABSTRACT: The utilization of eucalypts wood for MDF panels producing is recent in Brazil and presents larger perspective of increase, in relationship to pine wood, due to the shorter harvesting cycle and integral use of the bark in the productive process, etc. The present work evaluated the anatomical structure and properties of MDF panels manufactured at laboratory with *Eucalyptus grandis* fibers obtained in three treatments. It were evaluated the variations in heating time, digester and refining pressure and specific energy. MDF panels obtained in critical refining condition showed darker fibers and cell walls transversely broken and lower resistance to internal bond, surface soundness, withdrawal of screws and swelling in thickness. MDF panels obtained after less intensive refining condition showed better physical properties. Better refining conditions increase the bulk density and hinder the adhesive recover and fiber interlace, with worse physical and mechanics properties. Fiber morphology was evaluated through stereoscope and scanning electronic microscopic (SEM), establishing relationships between chips refining treatments and MDF panels properties.

Key words: MDF panels, *Eucalyptus grandis*, physical and mechanical properties, fiberboard.

1 INTRODUÇÃO

A sigla MDF corresponde a *Medium Density Fiberboard*, conhecido no Brasil como painel ou chapa de fibra de média densidade. É constituído por 82% de fibras de madeira, 10% de adesivo sintético, 7% de água e 1% de parafina (WPIF, 2007) e é produzido pela compactação do colchão de fibras da madeira de folhosas ou de coníferas, misturadas com adesivo sintético, em prensas sob ação de calor e pressão (ABNT, 2006a).

A confecção de painéis MDF com madeira de eucalipto, apesar de recente no Brasil, evidencia a grande

versatilidade e diversidade de aplicações desse painel (BENADUCE, 1998), devendo apresentar um significativo aumento de produção pela instalação de novas plantas industriais no triênio 2007/2009, resultado do investimento de cerca de R\$ 1 bilhão (ARRUDA, 2007). Estudos realizados com *Pinus spp.* demonstraram que a coloração e as características morfológicas das traqueídes nos painéis MDF são decorrentes das condições de desfibramento dos cavacos. Inúmeros autores (ELEOTÉRIO, 2000; GROOM et al., 2004; MYERS, 1983; RODARMEL, 1995) indicam que a aplicação de maiores pressões e energia no desfibramento dos cavacos no processo industrial induz um aumento das

¹Duratex S.A. – Marechal Rondon km 323, – 17120-000 – Agudos, SP – ugo.belini@duratex.com.br

²Professores do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ/USP – Av. Pádua Dias, 11 – Cx. P. 9 – Piracicaba, SP – mtomazel@esalq.usp.br

³Aluno do Programa de Mestrado em Recursos Florestais do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ/USP – Av. Pádua Dias, 11 – Cx. P. 9 – Piracicaba, SP – mpchagas@esalq.usp.br

⁴Professor do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ/USP – Av. Pádua Dias, 11 – Cx. P. 9 – Piracicaba, SP – ctsdias@esalq.usp.br

frações finas e de elementos fibrosos de coloração mais escura. Por outro lado, o adesivo aplicado distribui-se mais homogêneo na superfície da parede das fibras inteiras e longas dos colchões, comparativamente às curtas e quebradas, resultando em painéis MDF de melhores propriedades mecânicas (SUCHSLAND et al., 1990, citados por XING et al., 2004).

Pelo exposto, no presente estudo avaliou-se o efeito da aplicação de três condições de desfibramento de cavacos de madeira de *Eucalyptus grandis* nas características das fibras e nas propriedades físico-mecânicas dos painéis MDF.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Espécie, local e idade das árvores de eucalipto

Árvores de *Eucalyptus grandis* com 6 anos e 9 meses de idade, em primeira rotação, de plantações localizadas nos municípios de Botucatu e Lençóis Paulista (SP) foram utilizadas no trabalho. As toras das árvores de eucalipto foram cortadas com comprimento de 6,0 m e transportadas para o pátio de armazenamento da empresa Duratex S.A., sendo posteriormente processadas em cavacos em picador industrial, classificados em peneiras vibratórias e armazenados em silo de estocagem.

2.2 Condições de desfibramento dos cavacos de madeira de eucalipto

Os cavacos de madeira foram transportados através de esteiras para um sistema de lavagem, para a remoção de sílica e impurezas, seguindo-se, posteriormente, a etapa de aquecimento e desfibramento. Na seqüência, os cavacos passaram através de discos de desfibramento marca Andritz Sprout Bayer transformando-se em uma massa de elementos celulares. Na etapa do digestor-desfibrador foi analisado o efeito de variações no tempo de pré-

aquecimento, pressões de desfibramento e da caixa de discos e da energia de desfibramento nos cavacos de madeira (Tabela 1). Os tratamentos foram classificados como: de menor intensidade (Tratamento A), intermediário (Tratamento B) e de maior intensidade (Tratamento C), sendo aplicados pelo período de 90 min em linha de produção/tratamento.

2.3 Coleta do material desfibrado da madeira de eucalipto

Amostras de fibras foram coletadas na esteira de formação do colchão, de forma aleatória, no sentido do fluxo de produção, após os processos de encolagem, secagem e classificação. Os insumos utilizados para todos os tratamentos foram: resina uréia formaldeído 11,0 % (sólidos resina/fibra seca), emulsão de parafina 0,37% (sólidos emulsão/fibra seca) e catalisador sulfato de amônia 0,8% (sólidos de catalisador/resina). Foram coletados 15 kg de massa de fibras e demais elementos celulares para a confecção de painéis MDF, para cada um dos três tratamentos de desfibramento.

2.4 Confecção dos painéis MDF de eucalipto em condições de laboratório

As amostras de material desfibrado coletadas na esteira de formação do colchão de fibras, para cada tratamento de desfibramento, foram separadas em 6 subamostras de 2,0 kg. Em seguida, a massa de fibras de cada subamostra foi distribuída manualmente em caixa formadora de colchão (dimensões de 390 x 390 x 300 mm), sendo pré-prensada para a retirada de ar e para a compactação inicial do colchão. Na seqüência, o colchão de fibras foi prensado à temperatura de 195°C, em prensa laboratorial marca Siempelkamp com o seguinte ciclo de prensagem: 10 s (0 a 100 N/cm²), 5 s (100 N/cm²), 20 s (100 a 20 N/cm²), 15 s (20 a 10 N/cm²), 65 s (10 N/cm²), 50 s (30 N/cm²), 5 s (0 N/cm²). As amostras das 6 chapas de painéis

Tabela 1 – Tratamentos de desfibramento dos cavacos de madeira de *Eucalyptus grandis*.

Table 1 – Refining treatments of *Eucalyptus grandis* wood chips.

Tratamentos de desfibramento dos cavacos	Tempo de pré aquecim. TPA (min)	Pressão desfibram. P. Desf. (bar)	Pressão da caixa discos P. Cx. (bar)	Energia de desfibramento E. Desf.(kwh/t)
A	3,0	7,0	7,2	90
B	4,0	8,0	8,2	100
C	5,0	9,0	9,2	110

TPA = tempo de pré-aquecimento dos cavacos (min); P. Desf = pressão desfibramento dos cavacos (bar); P. Cx. = pressão na caixa de discos (bar); Energia Desf. = energia específica de desfibramento (kwh/t).

MDF, confeccionadas para cada condição de desfibramento foram climatizadas à temperatura ambiente e refiladas nas dimensões de 18,9 x 380 x 380 mm e densidade nominal de 700 kg/m³.

2.5 Determinação das propriedades físicas e mecânicas dos painéis MDF

As propriedades físicas (inchamento e absorção) e mecânicas (resistências à tração perpendicular, superficial, arrancamento de parafuso, MOR e MOE) das amostras dos painéis MDF de eucalipto foram determinadas em equipamento de ensaio universal, de acordo com a norma ABNT (2006c). Foram analisadas 24 amostras quanto ao inchamento e absorção, resistência à tração perpendicular ao plano e resistência superficial; 16 amostras foram analisadas para módulo de ruptura, módulo de elasticidade e resistência ao arrancamento de parafuso. A determinação da densidade dos painéis MDF foi realizada através de equipamento marca GreCon com emissão de raios X. O delineamento estatístico foi inteiramente aleatorizado para as diferentes propriedades físicas e mecânicas e condições de desfibramento.

2.6 Análise dos painéis MDF de eucalipto sob microscópio estereoscópico

Amostras de painéis MDF, dos 3 tratamentos de desfibramento dos cavacos de madeira, foram analisadas sob microscópio estereoscópico marca Olympus modelo SZX 12, do Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras do LCF/ESALQ/USP. As principais características observadas na superfície dos painéis MDF foram: morfologia, coloração e a formação de feixes de fibras, indicativo da textura superficial em relação às diferentes intensidades de desfibramento da madeira (BELINI, 2007).

2.7 Análise dos painéis MDF, sob microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Amostras da camada interna dos painéis MDF de eucalipto dos 3 tratamentos de desfibramento foram coletadas, acondicionadas e fixadas sobre suporte metálico e, em seguida, aplicado o processo de metalização. As amostras dos painéis MDF foram introduzidas em câmara sob vácuo, de acordo com a metodologia preconizada por Kitajima & Leite (1999), analisadas em ampliações de 200 a 2000x em microscópio eletrônico de varredura marca Zeiss modelo DSM 940 A, do Núcleo de Apoio a Pesquisa em Microscopia Eletrônica da ESALQ/USP. As imagens ampliadas da morfologia das fibras, nos painéis MDF, foram

analisadas face aos tratamentos de desfibramento aplicados nos cavacos de madeira de eucalipto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades físicas e mecânicas dos painéis MDF de eucalipto

Os valores de densidade básica dos painéis MDF dos três tratamentos de desfibramento da madeira de eucalipto variaram de 690 a 701 kg/m³, não apresentando diferenças significativas (Tabela 2) e similares aos da literatura (BENADUCE, 1998; ELEOTÉRIO, 2000). Valores similares de densidade possibilitam avaliar adequadamente o efeito dos três tratamentos de desfibramento nas propriedades mecânicas dos painéis MDF. Para o parâmetro físico densidade dos painéis, Maloney (1989) indica que, geralmente, ocorre uma correlação positiva com as suas propriedades mecânicas.

No tratamento de desfibramento C (maior intensidade), os painéis MDF apresentaram valores de resistência à tração perpendicular, superficial e arrancamento de parafuso no topo e face de 0,78 N/mm², 1,36 N/mm², 107 kgf e 96 kgf, respectivamente, sendo estatisticamente inferiores aos tratamentos intermediário (B) e menor intensidade (A) (Tabela 2). A resistência à tração perpendicular foi coerente com a obtida para painéis MDF de *E. grandis*, de 0,74-1,13 N/mm² (BENADUCE, 1998) sendo, no entanto, superior a determinada para painéis MDF de *E. saligna*, com 11% de resina uréia formaldeído, com 0,66 N/mm² (KRZYSIK et al., 2001). Para chapas MDF, confeccionadas com madeira de *E. nitens*, de 5 anos de idade, Gorrini et al. (2004) verificaram valor médio de resistência à tração perpendicular de 0,68 N/mm².

Os módulos de ruptura e de elasticidade dos painéis MDF obtidos nos três diferentes tratamentos de desfibramento foram inferiores aos valores de 42,2 - 4420 N/mm², respectivamente, obtidos por Krzysik et al. (2001), porém similares aos determinados por Benaduce (1998). Na determinação do módulo de elasticidade, no presente estudo, não houve diferença estatística entre as médias obtidas nos três tratamentos, portanto, as diferentes morfologias das fibras não apresentaram influência para esse parâmetro.

No ensaio de módulo de ruptura, os painéis MDF da condição intermediária de desfibramento (B) apresentaram valores médios significativamente superiores aos dos painéis MDF das condições A e C devido, possivelmente, a uma morfologia ideal das fibras que permitiu o adequado recobrimento das suas paredes com o adesivo e o seu entrelaçamento.

Tabela 2 – Propriedades físicas e mecânicas dos painéis MDF de *Eucalyptus grandis* submetidos a três diferentes tratamentos de desfibramento.

Table 2 – Physical and mechanical properties of *Eucalyptus grandis* MDF panels submitted to three different refining treatments.

Propriedades físicas e mecânicas painéis MDF	Tratamentos de desfibramento da madeira de eucalipto		
	A	B	C
Densidade (kg/m ³)	701 a (752-654) (22) (3,2)	695 a (751-672) (21) (3,0)	690 a (724-640) (21) (3,1)
Módulo de ruptura (N/mm ²)	31,8 b (39,9-25,2) (3,9) (12,2)	36,1 a (43,5-27,6) (3,7) (10,2)	31,4 b (42,5-25,5) (4,0) (12,7)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	3662 a (4325-3306) (252) (6,9)	3776 a (4330-3384) (240) (6,4)	3704 a (4087-3210) (243) (6,6)
Resistência à tração perpendicular (N/mm ²)	0,99 a (1,32-0,66) (0,16) (16,5)	1,01 a (1,13-0,75) (0,15) (14,7)	0,78 b (1,06-0,55) (0,15) (19,1)
Resistência à tração superficial (N/mm ²)	2,12 a (2,81-1,60) (0,28) (13,2)	2,11 a (2,62-1,11) (0,37) (18,1)	1,36 b (1,70-1,04) (0,17) (12,2)
Resistência arrancamento parafuso topo (kgf)	149 a (181-129) (16,1) (10,8)	136 a (165-110) (19,6) (14,4)	107 b (141-87) (14,9) (13,9)
Resistência arrancamento parafuso face (kgf)	141 a (160-110) (14,6) (10,4)	123 b (176-107) (18,2) (14,4)	96 c (136-74) (16,8) (17,6)
Inchamento em espessura (%)	6,9 b (7,6-5,6) (0,5) (7,7)	9,5 a (11,8-6,9) (1,2) (12,5)	14,5 c (16,2-10,9) (1,3) (9,3)
Absorção de água (%)	36,3 b (41,4-28,4) (3,2) (8,9)	56,1 a (68,6-39,9) (7,0) (12,6)	68,8 c (82,2-50,2) (8,8) (13,1)

Valores médios seguidos de (máxima-mínima) (desvio-padrão) e (coeficiente de variação); letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si, a 5% de probabilidade (teste Tukey).

Tratamentos de desfibramento dos cavacos de madeira de eucaliptos, com variações no tempo de pré-aquecimento, pressões de desfibramento e da caixa de discos e da energia de desfibramento de menor intensidade (Tratamento A), intermediário (Tratamento B) e de maior intensidade (Tratamento C).

Os valores dos ensaios de inchamento e absorção 24 h para os painéis MDF do tratamento de desfibramento C (maior intensidade) foram respectivamente de 14,5% e 68,8%. O valor obtido para inchamento no tratamento C foi superior a 12% que é o máximo especificado pela norma ABNT (2006b) e significativamente diferentes dos painéis das condições A e B. Esse comportamento deve-se, também, às fibras com maior área específica de parede celular e maior porcentagem de finos disponíveis para a adsorção de água, conforme verificado por Belini (2007).

Painéis da condição A apresentaram valores de inchamento e absorção de 6,9% e 36,3%, respectivamente, sendo estatisticamente inferiores às condições B e C. O valor de 3% de inchamento determinado por Krzysik et al. (2001) foi bastante inferior ao do presente estudo devido, possivelmente, a aplicação de 1,5% de emulsão de parafina. Para chapas MDF, confeccionadas com madeira de *E. nitens*, de 5 anos de idade, Gorrini et al. (2004) verificaram valor médio de inchamento de 7,1% não citando, porém, a dosagem de insumos utilizada.

3.2 Análise dos painéis MDF sob microscópio estereoscópico

Os tratamentos de desfibramento da madeira de cavacos de eucalipto mostram efeitos perceptíveis no aspecto visual – coloração e textura - das chapas MDF analisadas sob microscópio estereoscópico (Figura 1).

Na condição de desfibramento A (mais branda) os painéis MDF apresentam textura grosseira caracterizada pela presença de elementos fibrosos dispostos em feixes e de coloração mais clara. Por outro lado, no tratamento de desfibramento C (mais drástico) a textura do painel MDF é fina e constituída por elementos fibrosos de coloração mais escura. A influência das variáveis de desfibramento nos aspectos morfológicos das fibras também foi verificada por Eleotério (2000) e Groom et al. (2004).

A morfologia mais fina das fibras na condição C prejudicou o seu entrelaçamento e originou painéis com valores estatisticamente inferiores de resistência à tração perpendicular, superficial e arrancamento de parafuso face e topo, comparativamente aos painéis das condições A e B (item 3.1). Myers (1983) indica que o aumento do percentual de fibras finas induz maiores valores de MOR e MOE embora tenha, no presente estudo, ocorrido similaridade estatística nos ensaios de MOE para os três tratamentos e similaridade estatística entre os tratamentos C e A, para o parâmetro MOR.

A textura e a coloração da superfície das chapas MDF têm, reconhecidamente, relação com a sua aplicação final. Dessa forma, os painéis MDF obtidos no tratamento

C, em comparação com os do tratamento A, mostram maior presença de “finos” o que pode melhorar o desempenho pós-usinagem, embora a coloração mais escura possa afetar sua aceitação mercadológica. Os painéis obtidos no tratamento B apresentaram-se como condição intermediária entre as citadas anteriormente.

3.3 Análise dos painéis MDF sob microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Os painéis MDF do tratamento de desfibramento de menor intensidade (A) são constituídos principalmente por fibras em feixes, inteiras e indicativas da não correta separação na região da lamela média (Figura 2 A). Por outro lado, nos painéis MDF no tratamento de desfibramento intermediário (B) as fibras apresentam-se, de modo geral, inteiras e individualizadas (Figura 2 B). Nos painéis MDF, no tratamento de desfibramento de maior intensidade (C) as fibras apresentam-se individualizadas, com baixa frequência de feixes e elevada incidência de ruptura transversal das paredes, indicativo das condições mais rigorosas de desfibramento (Figura 2 C), corroborando os resultados obtidos por Groom et al. (2004) e Rodarmel (1995).

Os aspectos morfológicos das fibras apresentam influência nas propriedades e aspectos de aparência das chapas (discutido nos itens 3.1 e 3.2). Os painéis do tratamento C, com maior presença de fibras finas (ou rompidas transversalmente) apresentam maior área específica aparente que dificulta o correto recobrimento com resina indicando maior área de parede para adsorção

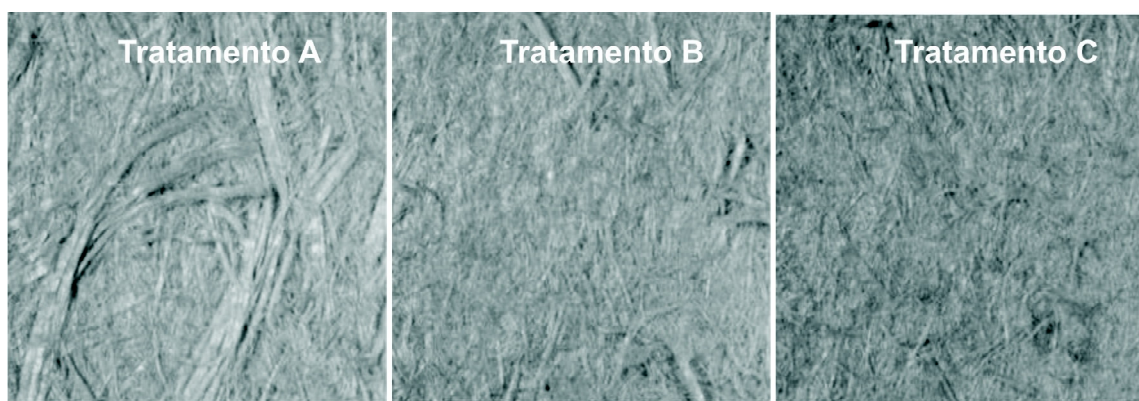


Figura 1 – Características da superfície dos painéis MDF de madeira de *Eucalyptus grandis* em três tratamentos de desfibramento (A) de menor intensidade, (B) intermediário e (C) de maior intensidade (50 X).

Figure 1 – Surface characteristics of MDF panels of *Eucalyptus grandis* wood in three refining treatments (A) minus intensive, (B) intermediate and (C) more intensive (50X).

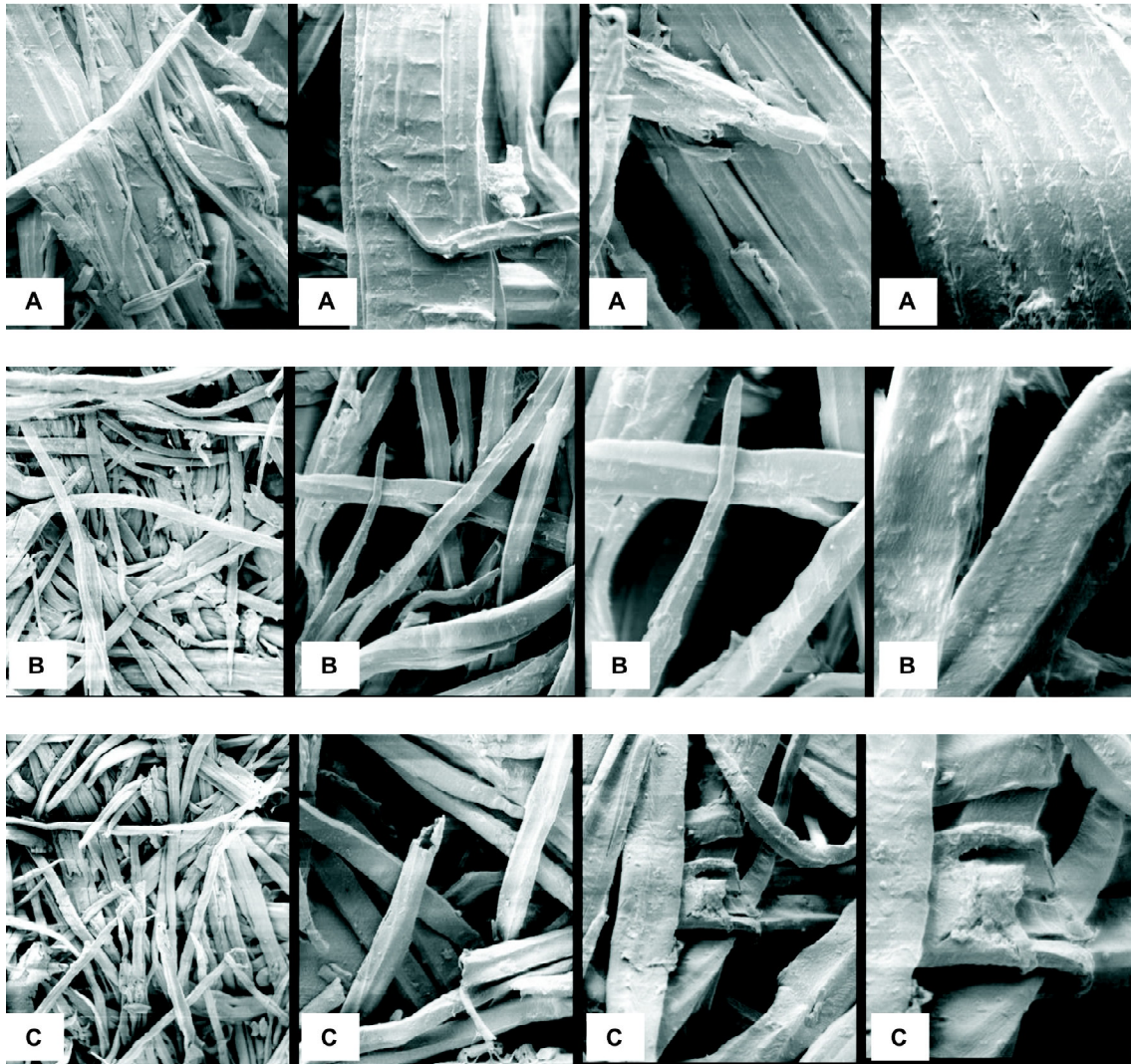


Figura 2 – Características das fibras dos painéis MDF de madeira de *Eucalyptus grandis*, em três tratamentos de desfibramento (A) de menor intensidade, (B) intermediário e (C) de maior intensidade (200, 500, 1000, 2000 X).

Figure 2 – Fiber characteristics of MDF panels of *Eucalyptus grandis* wood, in three refining treatments (A) (minus intensive), (B) intermediate and (C) more intensive (200, 500, 1000, 2000 X).

de umidade com painéis, apresentando pior desempenho nos quesitos inchamento e absorção, corroborando os resultados das análises (itens 3.1 e 3.2).

4 CONCLUSÕES

A aplicação de condições mais intensas de desfibramento dos cavacos de madeira de *E. grandis* (Tratamento C) resultou em uma massa de elementos

celulares dissociados, de coloração mais escura e aumento do número de fibras com ruptura transversal de suas paredes. Os painéis MDF do Tratamento C apresentaram as propriedades de resistência à tração perpendicular, superficial, arrancamento de parafuso face e topo, inchamento e absorção com pior desempenho, em comparação com os painéis dos tratamentos de desfibramento da madeira menos intenso (A) e intermediário (B). As diferenças das

propriedades físico-mecânicas observadas nos painéis MDF no Tratamento C devem-se à formação de massa de fibras com uma maior área específica de parede celular dificultando o seu recobrimento pelo adesivo, bem como o entrelaçamento fibra-fibra.

Os valores do módulo de elasticidade (MOE) dos painéis MDF foram similares para as três condições de desfibramento dos cavacos de madeira. Os resultados do ensaio de módulo de ruptura (MOR) indicaram que os painéis MDF do tratamento de desfibramento intermediário (B) foram superiores aos dos demais tratamentos. Com referência aos ensaios de inchamento e absorção o melhor desempenho foi verificado para os painéis MDF do tratamento A, pela maior frequência de feixes de fibras e menor área de parede de fibras em contato com a umidade, através de análise de microscopia eletrônica de varredura. Os painéis MDF do tratamento C apresentaram maior porcentagem de finos, indicativo de textura fina e de melhor acabamento final, embora com a coloração mais escura, podendo afetar a aceitação mercadológica. As características morfológicas das fibras e as propriedades físico-mecânicas dos painéis MDF indicam que as condições de desfibramento dos cavacos de madeira de *E. grandis*, referentes ao tratamento B, são as mais apropriadas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, G. Fábricas ampliam produção de painéis. **Jornal A Gazeta Mercantil**, São Paulo, 30 mar. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15316**: chapas de fibra de média densidade: pt. 1: terminologia. Rio de Janeiro, 2006a. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15316**: chapas de fibra de média densidade: pt. 2: requisitos. Rio de Janeiro, 2006b. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15316**: chapas de fibra de média densidade: pt. 3: métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2006c. 48 p.
- BELINI, U. L. **Caracterização e alterações na estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus grandis* em três condições de desfibramento e efeito nas propriedades tecnológicas de painéis MDF**. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.
- BENADUCE, C. **Fabricação de painéis de média densidade (MDF) a partir de fibras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari**. 1998. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1998.
- ELEOTÉRIO, J. R. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina**. 2000. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.
- GORRINI, B.; POBLETE, H.; HERNADEZ, G.; DUNN, F. Tableros de partículas y MDF de *Eucalyptus nitens*: ensayos a escala industrial. **Bosque**, Valdivia, v. 25, n. 3, p. 89-97, 2004.
- GROOM, L.; SO, C. L.; ELDER, T.; PESACRETA, T.; RIALS, T. Effect of refining pressure and resin viscosity on resin flow, distribution, and penetration of MDF fibers. In: PACIFIC RIM BIO-BASED COMPOSITES SYMPOSIUM, 7., 2004, Nanjing. **Proceedings**... Nanjing, 2004. v. 1, p. 227-239.
- KITAJIMA, E. W.; LEITE, B. **Curso introdutório de microscopia eletrônica de varredura**. Piracicaba: ESALQ, 1999. 46 p. Apostila.
- KRZYSIK, A. M.; YOUNGQUIST, J. A.; MUEHL, J. H.; FRANCA, F. E. Medium density fiberboards from plantation grown *Eucalyptus saligna*. **Forest Products Journal**, Madison, v. 51, n. 10, p. 47-50, Oct. 2001.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing**. San Francisco: M. Freeman, 1989. 672 p.
- MYERS, G. C. Relationship of fiber preparation and characteristics to performance of medium-density hardboards. **Forest Products Journal**, Madison, v. 33, n. 10, p. 43-51, Oct. 1983.
- RODARMEL, J. L. Medium density fiberboard refining. **Better Fibers**, Andritz Sprout-Bauer, n. 5, p. 1-8, May 1995.
- XING, C.; RIEDL, B.; CLOUTIER, A. Measurement of urea-formaldehyde resin distribution as a function of MDF fiber size by laser scanning microscopy. **Wood Science and Technology**, New York, v. 37, p. 495-507, 2004.
- WOOD PANEL INDUSTRIES FEDERATION (WPIF). **Information**. Disponível em: <<http://www.wpif.org.uk/publications/PressRelease-MDF.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2007.