

Domingos, Idalina; Almeida, Paula; Esteves, Bruno & Ferreira, José (2016). A Influência da Prensagem a Quente nas Propriedades dos Painéis de Fibras de Alta Densidade, Aquando do seu Revestimento por Películas. *Millenium*, 50 (jan/jun 2016). Pp. 197-206.

---

## A INFLUÊNCIA DA PRENSAGEM A QUENTE NAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS DE FIBRAS DE ALTA DENSIDADE, AQUANDO DO SEU REVESTIMENTO POR PELÍCULAS

### THE INFLUENCE OF HOT PRESSING ON HIGH DENSITY FIBREBOARDS, WHEN THE PANELS ARE USED FOR OVERLAYING

IDALINA DOMINGOS <sup>1</sup>

PAULA ALMEIDA <sup>2</sup>

BRUNO ESTEVES <sup>3</sup>

JOSÉ FERREIRA <sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> Professores Coordenadores do Departamento de Engenharia de Madeiras da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu e investigadores do Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde (CI&DETS) do Instituto Politécnico de Viseu – Portugal.  
(e-mail: [ijd@estgv.ipv.pt](mailto:ijd@estgv.ipv.pt) e [jvf@estgv.ipv.pt](mailto:jvf@estgv.ipv.pt))

<sup>2</sup> Aluna de Mestrado na Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Departamento de Engenharia de Madeiras do Instituto Politécnico de Viseu – Portugal.  
(e-mail: [paulacristinacrusso@gmail.com](mailto:paulacristinacrusso@gmail.com))

<sup>3</sup> Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Madeiras da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu e investigador do Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde (CI&DETS) do Instituto Politécnico de Viseu – Portugal.  
(e-mail: [bruno@estgv.ipv.pt](mailto:bruno@estgv.ipv.pt))

#### Resumo

Um conjunto de painéis de fibras de alta densidade, colados com uma resina de melamina/ureia-formaldeído, foi submetido a operações de prensagem a quente, de modo a estudar a influência desta operação nas propriedades do substrato. Usou-se uma prensa de pratos, a uma pressão que permitisse um contacto firme entre os painéis e os pratos da prensa. Foi desenvolvido um plano experimental para três temperaturas diferentes de 95, 180 e 210 ° C e dois tempos de prensagem, de 22 e 35 segundos, para cada uma delas. Os painéis foram fabricados com fibras de pinho (*Pinus pinaster*) a uma densidade média de 930 kg/m<sup>3</sup> e espessura média de 6,7 mm.

De acordo com os resultados obtidos, as operações de pós-fabrico dos painéis de alta densidade resultaram numa ligeira melhoria do módulo de elasticidade, da tensão de rotura à flexão estática e da resistência interna dos painéis usados como substrato. Observou-se também uma ligeira diminuição da humidade de equilíbrio e espessura dos painéis, bem como um aumento da densidade e do inchamento, com o aumento da temperatura e tempo de prensagem.

**Palavras-chave:** resina de melamina/ureia-formaldeído, painéis de fibras de alta densidade, tratamento térmico, prensagem quente, propriedades mecânicas.

### **Abstract**

A series of high density fiberboard (HDF) panels, bonded with melamine/urea-formaldehyde (MUF), were exposed to a post manufacture hot pressing at various temperatures and pressing durations using a hot press and just enough pressure to ensure firm contact between the panel and the press platens. The experimental plan was developed for three different temperatures of 95, 180 and 210°C and two different pressing times, of 22 and 35 seconds. The panels were made with pine fibers (*pinus pinaster*) at a target density of 930 kg/m<sup>3</sup> and target thickness of 6.7 mm.

The results indicated that the pos-manufacture hot-pressing of the exterior HDF panels resulted in a slightly improvement of the modulus of elasticity (MOE), bending strength and internal bonding (IB) of the panels used as substrates. A reduction in moisture content and thickness as well as an increase in density and thickness swelling was also noticed with an increase in the temperature and pressing time.

**Keywords:** melamine/urea-formaldehyde resin, high density fiberboards, thermal modification, hot-pressing, mechanical properties.

## **1. Introdução**

Embora inicialmente desenvolvidos para uso em mobiliário, os painéis de MDF (Medium Density Fiberboard) estão a ser cada vez mais usados em expositores, painéis de parede, molduras arquitetónicas, revestimento de chão e muitas outras

aplicações onde a boa maquinação e o fácil acabamento superficial representam uma grande vantagem. Hoje em dia, o MDF é o painel com maior potencial de crescimento no mercado mundial. A produção de MDF na Europa atingiu, em 2010, cerca de 11,5 milhões de m<sup>3</sup>, segundo dados da European Panel Federation (Annual Report 2011-2012). Este crescimento é motivado em grande parte pela indústria dos pavimentos laminados, que constitui o produto sobre o qual incidiu este estudo.

O MDF é um compósito de madeira, que é sujeito a temperatura e pressão, quer durante a sua produção, quer nas fases seguintes do seu acabamento final, nomeadamente quando é revestido com papéis melamínicos e folhas de madeira (Büyüksarı, 2013). Como as características deste compósito podem ser alteradas pela temperatura e pressão (Büyüksarı et al., 2012), interessa saber em que medida estas são afetadas durante os processos de revestimento, o que permitirá definir quais as especificações iniciais do produto para suportar as condições de revestimento posteriores. Este facto permite manter as características pretendidas para as aplicações finais do produto, reduzindo assim possíveis deficiências no produto final.

Para que o MDF possa ter um crescimento real no mercado, substituindo a madeira maciça, é necessário encontrar resinas cada vez mais resistentes à humidade, diminuir a absorção de água pelos painéis e aumentar a sua resistência estrutural e a sua durabilidade. A utilização de uma resina melamina/ureia-formaldeído melhora o primeiro objetivo, mas, mesmo assim, torna-se necessário aumentar a resistência à absorção de água, bem como as propriedades físicas e mecânicas. As resinas de melamina têm custos mais elevados do que as resinas de ureia-formaldeído, mas têm um melhor desempenho na produção de painéis para uso em ambientes exteriores (Ayrilmis, 2012; Bardak et al., 2011).

O revestimento dos painéis de MDF com películas decorativas permite suprimir a absorção de água e humidade, eliminar a libertação de formaldeído e aumentar as propriedades mecânicas (Vansteenkiste, 1981; Chow et al., 1996). Durante a prensagem a quente, os efeitos nas propriedades físicas e mecânicas são mais pronunciados nos painéis de alta densidade (800-1,100 kg/m<sup>3</sup>), caso do presente estudo, do que nos de média densidade, (600-800 kg/m<sup>3</sup>).

Geralmente os painéis de alta densidade apresentam maior compressão do que os de média densidade, o que implica uma maior deformação imposta às fibras (Wong et al., 2000). As variações de espessura e as dimensões lineares dos painéis, quando estes absorvem humidade, aumentam com a densidade. A expansão linear e o inchamento higroscópico em espessura dos painéis de MDF são em grande parte atribuídos à redução das tensões de compressão, ao inchamento das fibras devido à absorção de humidade, bem como à deterioração das ligações entre as partículas.

Pensa-se que o perfil de densidade também afeta o inchamento e expansão linear do painel (Ayrilmis, 2007).

O objetivo deste estudo é determinar o efeito da temperatura e do tempo de prensagem nas propriedades dos painéis de fibras de alta densidade, aquando do seu revestimento por películas.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1. Fabricação dos painéis de fibras**

Os painéis de fibras de alta densidade utilizados neste estudo foram produzidos com uma resina de melamina/urea-formaldeído em solução aquosa com as seguintes características: percentagem de melamina 10%, razão molar de 1,3; teor de sólidos de 63%, viscosidade  $150 \pm 50$  mPa.s, densidade  $1,275 \pm 0,010$ , reatividade  $100 \pm 20$ s, pH  $8,25 \pm 0,75$  e taxa de encolagem entre 12 a 17% (g de sólidos de resina por 100 g de fibra seca). Foi usado como catalisador uma solução de nitrato de amónio diluído a 25% e como captador de formaldeído uma solução de ureia diluída a 30%. Foi ainda usada uma solução de parafina, como agente hidrófobo, com um teor de sólidos de 60%, e a quantidade consumida variou entre 0,5 e 2% de sólidos de parafina por 100g de fibra seca. Depois da mistura, as fibras foram secas até um teor de humidade de (9-12%) e prensadas durante 22 s e 35 s numa prensa contínua da marca Siempelkamp Contiroll para produzir os provetes a serem testados. A matéria-prima lenhosa era madeira de pinho bravo (*Pinus pinaster*).

### **2.2. Plano experimental**

Duas placas de dimensões 2440x2080x6,7 mm, densidade de  $930 \text{ Kg/m}^3$  e uma espessura média de 6,7 mm foram cortadas em pequenos painéis de 45x45 cm, para fazer os testes. O plano experimental foi desenvolvido para dois tempos de prensagem diferentes 22 e 35 s, sendo testadas três temperaturas para cada um deles, nomeadamente: 95°C, 180°C e 210°C. Uma pressão de  $25 \text{ N/cm}^2$  foi aplicada para promover um contacto leve mas uniforme entre os pratos de uma prensa hidráulica de marca Burkle e a superfície das placas. Depois do tratamento, as placas foram cortadas em provetes mais pequenos e condicionados numa câmara climática a uma temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  e uma humidade relativa (HR) de  $65 \pm 5 \%$  durante duas semanas antes de efetuar os testes. Para cada uma das amostras foram realizados os seguintes ensaios: módulo de elasticidade e da resistência à flexão de acordo com a NP EN 310 (2002); densidade de acordo com a EN 323 (2002); resistência à tração perpendicular às faces da placa de acordo com a NP EN 319 (2002); inchamento em espessura após imersão em água de acordo com a NP EN 317 (2002) e o teor de humidade de acordo com a norma NP 322 (2002).

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1. Efeito no teor de humidade residual

A variação do teor de humidade relativamente ao padrão (sem prensagem) pode ser observada na Figura 1. Globalmente, verifica-se que o efeito da prensagem na humidade de equilíbrio é pequeno, não se registando variações superiores a 4 %. A humidade de equilíbrio aparenta ser afetada pelas condições de prensagem, mas mais significativamente pela temperatura, ou seja, no caso da temperatura de prensagem 95°C, a humidade de equilíbrio aumenta ligeiramente, e, no caso da prensagem a 210°C, a humidade de equilíbrio diminui. A temperatura de 180°C parece não ter grande influência na humidade de equilíbrio.

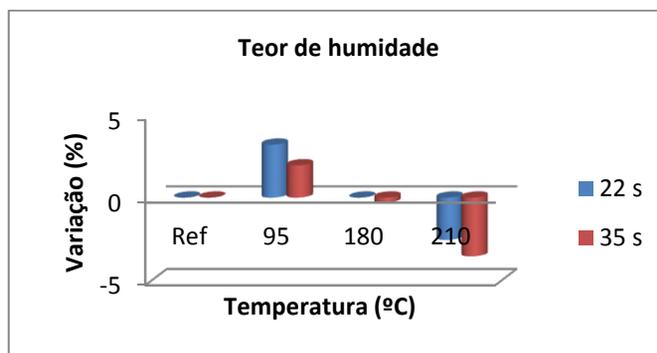


Fig.1 - Efeito da temperatura e tempo de prensagem no teor de humidade relativamente ao padrão

A prensagem a quente dos painéis de MDF conduz normalmente a teores de humidade mais baixos do que a prensagem a frio. Grigsby et al. (2012) chegaram à conclusão de que os painéis de MDF colados com resinas à base de ureia formaldeído apresentam teores de humidade residuais de cerca de 6,7%. Também descobriram que a resina afeta tanto a hidrofobicidade das fibras como o teor de humidade, mas não impede a retenção de água.

#### 3.2. Efeito na densidade e inchamento

De acordo com Chow (1976) e Nelson (1973), as propriedades mecânicas estão linearmente relacionadas com a densidade do painel. Contudo, a estabilidade dimensional e a absorção de água não seguem este comportamento.

A densidade é a característica do painel que mais diretamente influencia as outras propriedades. A densificação é uma maneira fácil de melhorar as propriedades do painel, conduzindo a um melhor contato entre as fibras e, conseqüentemente, a uma redução da quantidade de resina perdida nos espaços vazios (Maloney, 1989).

A Figura 2 mostra os valores da variação de densidade relativamente ao padrão. Em termos gerais, constata-se que a prensagem promove um aumento da densidade, atingindo-se uma variação máxima de 6 % nas condições de 210°C e 35 s. No entanto, a temperatura de 95°C parece não ter uma influência definida na densidade, independentemente do tempo de prensagem.

Relativamente ao inchamento, os resultados apresentados indicam um progressivo aumento do inchamento com o aumento da temperatura e do tempo de prensagem. Em termos gerais, verifica-se que a prensagem a quente provoca um aumento do inchamento das placas, atingindo-se o valor máximo de 28% de variação em relação ao padrão nas condições de 210°C e 35 s. Este aumento de inchamento deve-se ao aumento da compressão das fibras e, conseqüentemente, da densidade do painel. Nos painéis de fibras a expansão linear/contração e o inchamento/retração aumentam com o aumento da densidade do painel, especialmente acima de 850 Kg/m<sup>3</sup> (Ayrilmis, 2007). O aumento do inchamento dos painéis de alta densidade é geralmente atribuído à diminuição da compressão, assim como à deterioração das ligações entre partículas, que é provocada pelo efeito de contra mola que impede as fibras de se manterem unidas (Ayrilmis, 2007).

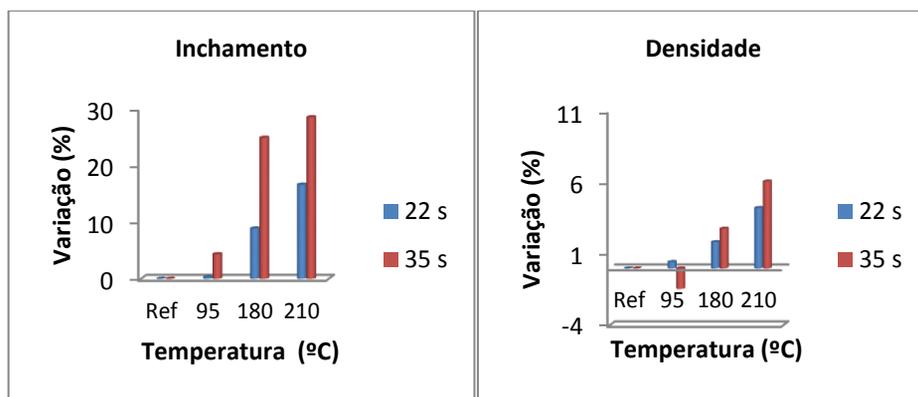


Fig. 2 - Efeito da temperatura e tempo de prensagem na densidade e no inchamento relativamente ao padrão

Segundo Malony (1977), a quantidade de material madeira no painel aumenta com a densidade do painel a que corresponde uma maior quantidade de material e, conseqüentemente, a um maior inchamento. Adicionalmente, o inchamento provocado pelo aumento da densidade pode ser explicado pelo inchamento das paredes celulares. Wu, (1999) constatou que, na prensagem a quente, o lúmen das células ou dos vasos, no caso das folhosas, colapsa, desenvolvendo-se fraturas na parede das células.

### 3.3. Efeito na resistência à flexão estática e no módulo de elasticidade

A Figura 3 mostra a influência da temperatura e tempo de prensagem, relativamente ao padrão, nas características da resistência à flexão e módulo de elasticidade. Pela observação da figura, verifica-se que a influência da prensagem na característica resistência à flexão não apresenta um comportamento linear, no entanto, na temperatura mais elevada, obteve-se uma melhoria na ordem dos 10% para 22 s e de 7% para os 35 s de tempo de prensagem.

O efeito da prensagem no módulo de elasticidade é pequeno, registando-se variações inferiores a 7% em relação ao padrão. O módulo de elasticidade com o tempo de 35 s não apresenta uma variação proporcional ao aumento da temperatura. Relativamente ao tempo de prensagem de 22 s, verificou-se um aumento gradual desta característica, atingindo-se um aumento de cerca de 7%.

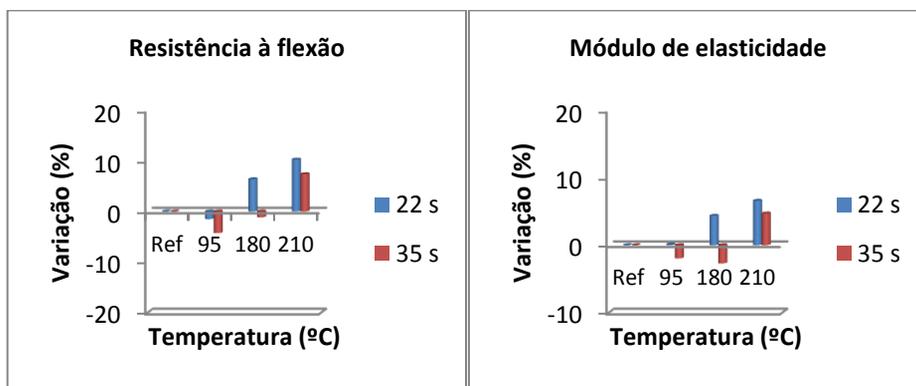


Fig. 3 - Efeito da temperatura e tempo de prensagem no módulo de resistência à flexão e módulo de elasticidade, relativamente ao padrão.

Em termos gerais, verifica-se um aumento da resistência à flexão e, no módulo de elasticidade, com o aumento da densidade. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por (Wu, 1999), que constatou que o módulo de elasticidade e a resistência à flexão, tanto na direção paralela como na perpendicular, aumentam linearmente com a densidade. Isto é normalmente atribuído ao aumento do material madeira para um dado volume de placa, em níveis elevados de densidade.

Geralmente, temperaturas mais elevadas causam maior redução nos valores do módulo de elasticidade e tensão de rotura à flexão, quando estes são comparados com valores de placas não tratadas (Ayrilmis et al., 2010). Isto pode ser parcialmente atribuído ao facto dos painéis de MDF tratados termicamente sofrerem alguma perda de massa durante o aquecimento. Stamm (1956), reportou que painéis de resinosas

aquecidos ao ar durante mais de 30 min a 200°C podem perder mais de 10% no valor do módulo de rutura inicial.

### 3.4. Efeito da resistência à tração perpendicular às faces

Parece ressaltar deste estudo que a duração da prensagem e o aumento da temperatura causam um ligeiro aumento na ligação interna dos painéis, atingindo uma variação máxima da ordem dos 4% para 210°C e 35 s.

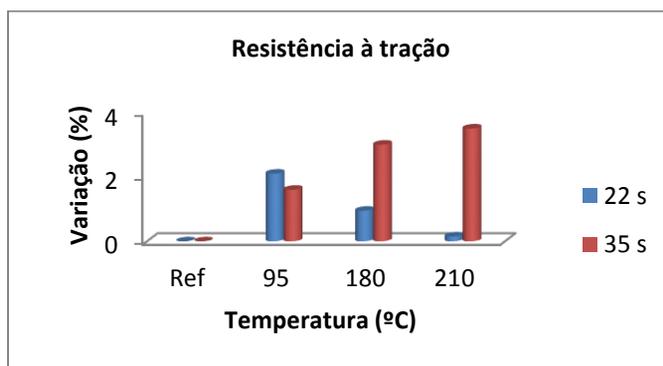


Fig. 4 - Efeito da variação da temperatura e tempo de prensagem na resistência à tração perpendicular às faces, relativamente ao padrão.

A resistência interna está relacionada com a ligação entre as fibras, que estão ligadas por adesivos. Isto indica quando os adesivos aplicados são capazes ou não de molhar completamente as fibras prensadas a quente. Se as fibras não forem totalmente molhadas com o adesivo a ligação é reduzida. Por outro lado, a ligação interna representa a resistência das fibras individualizadas a uma carga aplicada durante as operações de acabamento.

Como reportado por Tjeerdsma & Militz (2005), Mohebbi et al., (2008), Ayrilmis et al., (2009), Esteves et al., (2007), as fibras tornam-se hidrófobas depois do tratamento térmico e a sua molhabilidade diminui devido a alterações químicas. A molhabilidade é crucial para uma boa adesão na ligação entre as fibras da madeira. A resina de MUF, que foi utilizada neste estudo, é uma resina polar, e necessita de molhar as fibras para promover uma boa adesão. Também é capaz de promover a ligação de materiais com a mesma polaridade (Pizzi, 1994, Frihart, 2005). Contudo, a sua capacidade de molhar é influenciada pelo aumento de hidrofobicidade das fibras cujos polímeros que constituem as suas paredes são modificados quimicamente, tornando-se deste modo problemáticos (Mohebbi et al., 2008). O aumento da resistência interna,

verificada neste estudo, pode estar relacionado com a boa capacidade de molhar as fibras da cola de melamina/ureia-formaldeído utilizada.

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo mostram que a humidade de equilíbrio e a espessura são ligeiramente reduzidas e a densidade ligeiramente aumentada, quando os painéis são sujeitos a calor e pressão nas operações de acabamento final

A estabilidade dimensional dos painéis com densidades médias de 930 kg/m<sup>3</sup> foi inversamente afetada pelo inchamento em espessura, que aumentou ligeiramente com o aumento da densidade do painel. O inchamento dos painéis foi atribuído à diminuição da compressão, ao inchamento da parede das fibras e à deterioração das ligações entre partículas.

Verificou-se um ligeiro aumento na resistência à flexão, no módulo de elasticidade dos painéis e ainda na resistência à tração perpendicular às faces com o aumento da temperatura e duração da prensagem, melhorando assim as propriedades finais do produto.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayırlmis, N. (2012). Enhancement of dimensional stability and mechanical properties of light MDF by adding melamine resin impregnated paper waste. *Int. J. of Adhesion and Adhesives*, 33: 45-49.
- Ayırlmis, N., Buyuksari, U. & As, N. (2010). Bending strength and modulus of elasticity of wood-based panels at cold and moderate temperatures. *Cold Regions Science and Technology*, 63: 40-43
- Ayırlmis, N., Laufenberg T. L. & Winandy, J. E. (2009). Dimensional stability and creep behaviour of heat-treated exterior medium density fibreboard. *Eur. J. Wood Prod.*, 67: 287-295.
- Ayırlmis, N. (2007). Effect of panel density on dimensional stability of medium and high density fibreboards. *J Mater Sci.*, 42: 8551-8557.
- Bardak, S., Sari, B., Nemli, G., Kirci, H. & Baharoglu, M. (2011). The effect of decor paper properties and adhesive type on some properties of particleboard. *Int. J. of Adhesion & Adhesives*, 31: 412-415.
- Büyüksarı, Ü. (2013). Surface characteristics and hardness of MDF panels laminated with thermally compressed veneer. *Composites: Part B Engineering*, 44(1): 675-678.
- Büyüksarı Ü., Hiziroglu, S., Akkılıç H. & Ayırlmis, N. (2012). Mechanical and physical properties of medium density fiberboard panels laminated with thermally compressed veneer. *Composites: Part B Engineering* 43: 110-114. March 2012. DOI: 10.1016/j.matdes.2011.03.052. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/251540127\\_Mechanical\\_and\\_Physical\\_Properties\\_of\\_Medium\\_Density\\_Fiberboard\\_Panels\\_Laminated\\_with\\_Thermally\\_Compressed\\_Veneer](https://www.researchgate.net/publication/251540127_Mechanical_and_Physical_Properties_of_Medium_Density_Fiberboard_Panels_Laminated_with_Thermally_Compressed_Veneer)>.
- Chow, P, Janowiak J. J. & Price E. W. (1996). The internal bond and shear strength of hardwood veneered particleboard composites. *Wood and Fiber Science*, 18(1): 99-106.
- Chow, P. (1976). Properties of medium-density, dry-formed fiberboard from seven hardwood residues and bark. *Forest Products Journal*, v. 26, n. 5, pp. 48-55.
- Esteves, B. M., Domingos, I. J. & Pereira, H. M. (2007). Pine wood modification by heat treatment in air. *Bioresources*, 3(1): 142-154.

- Frihart, C. R. (2005). Wood adhesion and adhesives. In: R. M. Rowell (Ed.). *Handbook and wood chemistry and composites*. CRC Press, London, pp. 215-278.
- Grigsby, W., Thumm, A. & Carpenter, J. (2012). Fundamentals of MDF panel dimensional stability: Analysis of MDF high-density layers. *J. of Wood Chemistry and Technology*, 32: 149-164.
- Maloney, T. M. (1989). *Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing*. San Francisco: Miller Freeman Publication.
- Maloney, T. (1977). *Modern particleboard and dry process fibreboard manufacturing*. Miller Freeman Publications, CA, USA. ISBN: 0879300639.
- Mohebbi, B., Ilbeighi, F. & Kazemi-Najafi, S. (2008). Influence of hydrothermal modification of fibers on some physical and mechanical properties of medium density fibreboard (MDF). *Holz Roh Werkst* 66: 213-218.
- NP EN 317 (2002). *Aglomerado de partículas de madeira e aglomerado de fibras de madeira. Determinação do inchamento em espessura após imersão em água.*
- NP EN 310 (2002). *Placas de derivados de madeira. Determinação do módulo de elasticidade em flexão e da resistência à flexão.*
- NP EN 319 (2002). *Aglomerado de partículas de madeira e aglomerado de fibras de madeira. Determinação da resistência à tração perpendicular às faces da placa.*
- NP EN 322 (2002). *Placas de derivados de madeira. Determinação do teor de água.*
- NP EN 323 (2002). *Placas de derivados de madeira. Determinação da massa volúmica.*
- Nelson, N. D. (1973) Effects of wood and pulp properties on medium-density, dry-formed hardboard. *Forest Products Journal*, v. 23, n. 9, pp. 72-80, Sep. 1973.
- Pizzi A. (1994). *Advanced wood adhesives technology*. Marcel Dekker Inc, New Work.
- Stamm, A. J. (1956). Thermal degradation of wood and cellulose. *Ind End Chem* 48(3): 413-417.
- Tjeerdsma, B. F. & Militz, H. (2005). Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat-treated wood. *Holz Roh- Werkst*, 63: 102-111.
- Vansteenkiste, R. (1981). Surface treatment of wood based panels. *Seminar on wood based panels and furniture industries*. Beijing, China.
- Wong, Ee D., Zhang M., Han Q. W. G. & Kawai S. (2000). Formation of the density profile and its effects on the properties of fibreboard. *J wood science*, 46(3): 202-209.
- Wu, Q. (1999). In-plane dimensional stability of oriented strand panel: effect of processing variables. *Wood and fiber science*, 31(1): 28-40.

Recebido: 2 de fevereiro de 2015.

Aceite: 21 de setembro de 2015.