

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PAINÉIS DE FIBRAS DE *Pinus* spp. REFORÇADOS COM POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE

Willian GRUBERT¹, Alexsandro B. da CUNHA¹, Giuliano F. PEREIRA¹, Helena C. VIEIRA¹, Polliana D. RIOS¹, Ugo L. BELINI², Rodrigo ANTUNES¹ e Daniela D. C. KNISS¹

1 – Universidade do Estado de Santa Catarina

2 – Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo

O objetivo foi avaliar as propriedades mecânicas de painéis de madeira aglomerada confeccionados com feixes de fibras (fibras *oversize*) de *Pinus* spp. e partículas de polietileno de baixa densidade (PEBD). O estudo envolveu a produção de painéis puros e com a incorporação de cinco níveis do termoplástico (10%, 20%, 30%, 40% e 50%). Foram produzidos 3 painéis por tratamento, nos quais foi empregado 12% de resina ureia-formaldeído e ciclo de prensagem 180°C, 40 kgf.cm⁻² por tempo de 8 minutos. Os ensaios mecânicos de flexão estática (MOE e MOR), tração perpendicular e arracamento de parafuso foram realizados em conformidade com a ASTM D1037 (1996), DIN 52362 (1982) e ABNT / NBR 14810 (2006). Comprovada a normalidade e a homogeneidade dos dados, foi aplicada Análise da Variância e Teste de Scott-Knott. Mediante os resultados dos ensaios mecânicos, conclui-se que, para o ensaio de flexão, somente até a adição de 40% de PEBD o MOR atendeu a norma, enquanto nenhum dos demais tratamentos respondeu à normatização. Do mesmo modo ocorreu com o teste de tração perpendicular e arranque de parafuso (topo e superfície).

Palavras chave: Fibras *oversize*; termoplástico; PEBD; propriedades mecânicas.

Abstract

The objective was to evaluate the mechanical properties of particleboards made of fiber bundles (*oversize* fibers) of *Pinus* spp. and low density polyethylene particles (LDPE). The study involved the production of pure panels and with the incorporation of the thermoplastic five levels (10%, 20%, 30%, 40% and 50%). 3 panels were produced by treatment where he was employed 12% urea formaldehyde resin and pressing cycle 180 ° C, 40 kgf. for time 8 minutes. The bending of mechanical tests (MOE and MOR), perpendicular traction and screw arracamento were performed in accordance with ASTM D1037 (1996), DIN 52362 (1982) and ABNT / NBR 14810 (2006). Proven normality and homogeneity of data, it applied analysis of variance and Scott-Knott test. By the results of mechanical tests, it is concluded that for the bending test, only to the addition of 40% of the LDPE MOR attended the norm, while none of the other treatments responded to regulation. Similarly happened to the perpendicular pull test and screw boot (top and surface).

Keywords: Oversizefibers; Thermoplastics; LDPE; Mechanical properties

1 Introdução

As florestas desempenham um papel fundamental na mitigação das mudanças climáticas e fornecimento de produtos e serviços do ecossistema, que são essenciais para a prosperidade da humanidade (FAO, 2013).

A infinidade de aplicações dos produtos florestais em diversas áreas propiciou uma crescente demanda mundial por esses bens, fazendo com que, simultaneamente, houvesse maior uso dos recursos florestais. Neste cenário, as preocupações acerca do uso irracional das florestas, principalmente a exploração madeireira causada pelo homem, tornaram as legislações ambientais mais rígidas, levando o mundo a buscar caminhos que levassem ao aproveitamento mais adequado da madeira.

Segundo Pedrosa, Iwakiri e Matos (2005), o uso de painéis de madeira reconstituída em substituição à madeira sólida tem ganhado destaque em função da necessidade de otimização do uso da madeira, que entre os de maior destaque estão os painéis de partícula, identificados como MDP (*medium density particleboard*) e OSB (*oriented strand board*); e os painéis de fibra, identificados como MDF (*medium density fiberboard*), sendo que as principais matérias primas para a fabricação destes painéis de madeira são oriundas de cultivos florestais de *Pinus* sp e *Eucalyptus* sp.

As indústrias de painéis cada vez mais se inclinam ao reaproveitamento de seus resíduos em sua linha de produção. Com isso, a transformação destes resíduos e, a sua reutilização novamente como matéria prima dos painéis, se torna uma alternativa de menor impacto ambiental e também agrega valor a um recurso que seria descartado ou utilizado para queima e geração de energia.

Além disso, a reutilização de resíduos sólidos urbanos no processo produtivo de painéis de madeira reconstituída tornou-se uma nova direção ao qual se busca atingir a sustentabilidade e diminuir os problemas ambientais, se consolidando como uma área promissora para pesquisa de novas tecnologias.

Neste contexto, o crescimento mundial da utilização de plástico para múltiplos usos tem levado a grande geração de resíduos sólidos urbanos. As principais resinas termoplásticas empregadas, pelas indústrias de produtos plásticos como matéria prima, são os polietilenos (PE), sendo os principais de baixa densidade (PEBD), de alta densidade (PEAD) e de baixa densidade linear (PEBDL); o polipropileno (PP) e o policloreto de vinila (PVC) que, segundo números da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2014), correspondem juntos a 72,2% de toda matéria prima utilizada em 2014. Ainda dados da associação, o consumo aparente de resinas termoplásticas no mesmo ano ficou em 7,24 milhões de toneladas, sendo 9,5% desse consumo o polietileno de baixa densidade.

Conforme descrito por Grubert et al. (2014) a associação entre termoplásticos e fibras naturais, como partículas de polietileno de baixa densidade (PEBD) e feixes de fibras de *Pinus* spp. podem dar origem a um produto de menor agressão ambiental e também menores custos de produção, visto que os materiais de origem são resíduos urbanos e da indústria florestal, respectivamente.

Diante do exposto, o presente trabalho avaliou as propriedades mecânicas de painéis aglomerados produzidos com feixes de fibras de *Pinus* spp. residuais em mistura com diferentes proporções de partículas de PEBD.

2 Material e métodos

Os feixes de fibras de *Pinus* sp. foram cedidas pela empresa Sudati, unidade de Otacílio Costa/SC. Estas fibras são rejeitos da linha de produção de painéis MDF da empresa, normalmente utilizados como biomassa para sustentação energética. Por ser material retirado do processo produtivo, as fibras já continham em sua composição resina e emulsão de parafina conferidos pela empresa, 12% e 0,5% respectivamente, com base no peso seco. As partículas de PEBD foram obtidas da empresa Alcaplas Indústria de Plásticos Ltda. e possuíam dimensões que variaram de 3 a 4 mm.

O estudo buscou produzir painéis de madeira aglomerada com densidade nominal de 0,65 g/cm³, com diferentes proporções entre fibras de *Pinus* spp. e partículas de polietileno de baixa densidade. Deste modo, o plano experimental para a produção dos painéis aglomerados foi desenvolvido buscando relacionar 6 proporções madeira-plástico, sendo 100/0 (T1), 90/10 (T2), 80/20 (T3), 70/30 (T4), 60/40 (T5) e 50/50 (T6), conforme pode ser observado na Tabela 1. Cada tratamento apresentou 3 repetições.

Tabela 1. Plano experimental

Tratamento	Fibras de <i>Pinus</i> spp.	PEBD
T1	100 %	-
T2	90 %	10 %
T3	80 %	20 %
T4	70 %	30 %
T5	60 %	40 %
T6	50 %	50 %

As fibras passaram por processo de secagem em estufa até atingir teor de umidade de 8% e a resina utilizada foi a ureia formaldeído na proporção de 12% com base na massa seca das fibras para todos os painéis.

O material foi disposto internamente à encoladeira do tipo tambor rotativo e a aplicação de resina deu-se com auxílio de uma pistola dotada de copo graduado e ligada a um compressor de ar ao qual fez a pulverização até a retirada total do adesivo do copo graduado. Posteriormente, a massa de fibras com adesivo foi disposta em uma caixa formadora com dimensões de 400 mm x 400 mm para constituição do colchão de fibras.

Para os tratamentos em que houve misturas entre fibras de madeira e plástico PEBD, o acondicionamento dos componentes aconteceu formando camadas intercaladas, ao passo que a massa de fibras foi acomodada em 3 camadas iguais, sendo as mais externas e a central do colchão, enquanto as camadas intermediárias foram compostas pelo plástico PEBD. A razão pela escolha desta distribuição do material foi para que não houvesse contato direto do plástico com as chapas da prensa quente.

Neste momento do estudo, houve uma pré-prensagem a frio do colchão, com auxílio de uma prensa hidráulica, sendo que a pressão aplicada foi de 5 kgf/cm^2 por cerca de 5 minutos. Essa pré-prensagem foi realizada para reduzir os espaços de ar entre as fibras e partículas, além da melhor acomodação do colchão para transporte até a prensa quente. Previamente, nas bordas do colchão foram colocados espaçadores de 15 mm para delimitar a espessura do painel. O ciclo de prensagem foi executado aplicando-se pressão de 40 kgf/cm^2 com temperatura de 180°C por um período de tempo de 8 minutos. Salienta-se que, a temperatura de 180°C foi utilizada visando melhorar a interface entre as partículas de PEBD com a matriz de feixes de fibras de *Pinus* spp.

Após a fabricação, os painéis foram mantidos em sala de climatização sob temperatura de 20°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) e umidade relativa do ar em 60% ($\pm 5\%$), até que os painéis atingissem massa constante. Posteriormente foram esquadrejados nas dimensões de 370 mm x 370 mm, e foram retirados corpos de prova para os ensaios físicos e mecânicos, tomando como referência os procedimentos da norma americana D1037 (ASTM, 1996), a norma brasileira NBR 14810 (ABNT, 2006) e a norma alemã DIN 52362 (DIN, 1982).

De forma complementar, realizou-se o ensaio físico de densidade e o cálculo de razão de compactação. Contudo, os feixes de fibras de madeira de *Pinus* spp. presentes na pesquisa, não continham distinção entre espécies, sendo um material composto por partículas de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*. Portanto, a determinação da densidade da madeira adotou o estudo de Gorski (2014) como parâmetro diferenciado para definição da densidade através da média encontrada por diferentes autores. Para densidade do polietileno de baixa densidade se utilizou uma média da faixa definida como baixa densidade pela norma americana 1248 (ASTM, 1989).

O delineamento experimental utilizado nesta pesquisa foi o inteiramente casualizado e a distribuição da normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de Shapiro Wilk, enquanto que a homogeneidade das variâncias foi analisada aplicando-se o teste de Bartlett. Com os pressupostos atendidos, cada variável resposta foi submetida à análise de variância e, decorrendo rejeição da hipótese de nulidade (H_0), realizou-se o teste de médias de Scott-Knott a 95% de probabilidade.

3 Resultados e discussão

Os valores médios encontrados para as propriedades de densidade e razão de compactação (RC) estão apresentados na Tabela 1, juntamente com os respectivos coeficientes de variação.

Pelos valores expostos é possível observar uma variação da densidade de $0,574 \text{ g/cm}^3$ (T1) até $0,676 \text{ g/cm}^3$ (T6), e a razão de compactação de 1,01 (T6) e 1,44 (T1).

Tabela 2. Valores médios de densidade e razão de compactação.

Tratamento	Densidade (g/cm³)	RC
T1	0,574 b (5,45)	1,44 a (5,45)
T2	0,624 b (2,27)	1,38 a (2,07)
T3	0,586 b (5,40)	1,17 b (4,93)
T4	0,644 a (5,83)	1,16 b (5,32)
T5	0,612 b (10,01)	1,01 c (9,14)
T6	0,676 a (7,72)	1,03 c (7,05)
Média	0,619	1,20

*Médias seguidas de mesma letra não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. (Coeficiente de variação).

As médias de densidade dos painéis obtiveram diferença estatística entre os tratamentos, sendo que os tratamentos T4 e T6 compostos por 30% e 50% de PEBD, respectivamente, foram os que alcançaram valores mais próximos à densidade nominal calculada de 0,650 g/cm³. O T5, apesar de possuir 40% de PEBD, não se diferenciou dos demais tratamentos estatisticamente. Vale ressaltar que, o percentual do coeficiente de variação deste tratamento, auferiu o maior valor dentre todos os demais, chegando a 10,01%.

Conforme relatado por Iwakiri et al. (2005), essa redução da densidade nominal pode ser atribuída, principalmente, às perdas de materiais durante as fases de retirada das partículas da encoladeira, formação do colchão e carregamento da prensa, mesmo considerando-se um acréscimo em massa conforme a presente pesquisa.

Essa diferença também pode ser imposta pela especificidade da condição laboratorial em relação ao processo industrial, em que uma distribuição não homogênea das fibras de *Pinus* spp. e das partículas de PEBD, no momento da formação do colchão, podem influenciar a variável densidade, inclusive dentro de um mesmo painel. Esta condição pode ser considerada normal no processo de pesquisa de novos produtos com matrizes fibrosas e poliméricas distintas.

Maloney (1993) considera a faixa ideal para razão de compactação entre 1,3 e 1,6 para que se possa atingir o processo de densificação e consolidação do painel até a espessura final. As médias para a variável razão de compactação nos tratamentos T1 e T2 não diferiram entre si e foram as únicas médias que se adequaram ao intervalo ideal definido por Maloney (1993). As demais médias ficaram abaixo dessa faixa, onde os tratamentos T3 e T4 não diferenciaram entre si, enquanto para T5 e T6 também não houve diferença entre os tratamentos.

Com o exposto, pode-se notar que, conforme há a adição de plástico na formação do painel, a tendência é que a razão de compactação sofra diminuição. Isso se deve ao fato da densidade elevada do polietileno, se comparado a densidade da madeira, e com o aumento da proporção desse material de maior densidade no painel.

A partir da adição de mais que 10% de PEBD (T2), a razão de compactação não alcança a faixa estabelecida pela literatura, o que não se torna uma característica tão interessante, tendo em vista que será necessária maior quantidade de material mais denso para produção da mesma quantidade de volume de painel. A razão de compactação também está intimamente ligada às propriedades mecânicas dos painéis, uma vez que são inversamente proporcionais. Além disso, com a razão de compactação obtendo valores baixos faz com que, segundo Mendes (2001), haja necessidade de alteração de variáveis do processo, como aumentar o percentual de resina, o que acarreta aumentos nos custos de produção dos painéis.

Os valores médios das propriedades mecânicas encontrados para os ensaios de flexão estática (módulo de ruptura - MOR e módulo de elasticidade - MOE), tração perpendicular e arranque de parafuso estão apresentados na Tabela 2 com seus respectivos coeficientes de variação.

Tabela 3. Propriedades mecânicas dos painéis.

Tratamento	MOR (MPa)	MOE (MPa)	Tração perpendicular (MPa)	Arrancamento de parafuso (N)	
				Topo	Superfície
T1	17,85 a (13,14)	846,11 a (14,14)	0,27 a (22,64)	830,58 a (17,22)	933,58 a (3,15)
T2	15,44 b (17,00)	717,34 b (22,30)	0,25 a (21,04)	837,58 a (11,25)	918,42 a (5,37)
T3	14,40 b (18,76)	644,50 b (25,71)	0,20 a (36,12)	774,08 a (8,93)	860,42 a (15,75)
T4	11,46 c (22,22)	642,99 b (29,27)	0,24 a (44,03)	512,08 b (24,34)	858,33 a (14,76)
T5	8,86 d (42,12)	435,75 c (40,83)	0,24 (29,46)	536,17 b (27,19)	887,00 a (8,67)
T6	8,28 d (26,63)	320,63 c (47,13)	0,21 a (31,65)	483,75 b (44,10)	867,08 a (12,62)
Média	12,71	601,22	0,23	662,37	887,47

*Médias seguidas de mesma letra não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. (Coeficiente de variação).

Com a análise estatística foi possível observar que os resultados de MOR foram influenciados pelos tratamentos e, concomitantemente foi possível observar que os maiores valores para a variável foram encontrados para o tratamento sem adição de PEBD (17,85 MPa para o T1), e que os menores resultados foram obtidos nos tratamentos com maior adição de PEBD (8,28 MPa e 8,86 MPa para o T5 e o T6, respectivamente). Este fato sugere que a aplicação de PEBD em painéis de madeira aglomerada ocasiona uma redução nos valores de MOR..

Milagres (2010) em seu estudo sobre compósitos de *Eucalyptus grandis* e termoplásticos, também relatou que a adição de PEBD ocasiona redução nos valores de módulo de ruptura. O autor obteve valores de 18,7 MPa para o tratamento com 100% *Eucalyptus*, 17,05 MPa para tratamento com 75% *Eucalyptus* e 25% PEBD, e 15,48 MPa para painéis produzidos com 50% *Eucalyptus* e 50% PEBD.

Os resultados obtidos neste estudo foram semelhantes aos encontrados na literatura para painéis de madeira aglomerada confeccionados com *Pinus taeda*, como os de Iwakiri et

al. (2001), Trianoski et al. (2011), e Sanches (2012) que encontraram valores de 12,0 MPa; 12,88 MPa; e 9,5 MPa, respectivamente.

Com relação às normas CS 236-66 (CS, 1968), ANSI A208.1 (ANSI, 2009) e EN 312-2 (2003), que determinam o valor mínimo de 11, 158 e 13 MPa para MOR para painéis de madeira aglomerada confeccionados com ureia formaldeído, respectivamente. Todos os tratamentos atenderam ao requisito mínimo da norma CS 236-66 (CS, 1968), com exceção dos tratamentos T5 (8,86 MPa) e T6 (8,28 MPa), já para as normas ANSI A208.1 (ANSI, 2009) e EN 312-2 (2003) além destes dois tratamentos inclui-se também o tratamento T4 (11,46 MPa) que não responderam as normas.

Para o ensaio de MOE, de forma análoga ao ocorrido no ensaio de MOR, foi possível observar que os resultados foram influenciados pelos tratamentos, sendo que a maior média foi obtida no tratamento sem adição de PEBD (846,11 MPa no T1), e as menores médias foram encontradas em tratamentos com maior adição de PEBD (435,75 MPa para o tratamento T5 e 320,63 MPa para o tratamento T6), indicando que a utilização de PEBD na confecção de painéis de madeira aglomerada reduz os valores para a análise em questão.

Esse mesmo comportamento foi observado por Oliveira et al. (2010), que encontraram a média de 2274,6 MPa para um tratamento com 100% *Eucalyptus*, 1910,1 MPa para painéis produzidos com 80% *Eucalyptus* e 20% PEBD e 1352,9 MPa para o tratamento com 60% *Eucalyptus* e 40% PEBD. Segundo os autores, esse comportamento provavelmente tenha ocorrido devido à menor adesão entre as partículas de madeira e de polietileno, o que causa deficiência na transmissão de esforços, reduzindo assim a resistência à flexão estática.

Com relação às normas CS 236-66 (CS, 1968), ANSI A208.1 (ANSI, 2009) e EN 312-2 (2003), nenhum dos tratamentos atingiu os valores mínimos estipulados, que são de 2403, 2500 e 1800 MPa para MOE, respectivamente. Contudo, na literatura são comuns os casos em que esses valores não são atingidos, como nos estudos de Trianoski (2010) e Sanches (2012), que encontraram para painéis de *Pinus taeda* os valores de 1581,1 MPa e 1039,1 MPa, respectivamente.

Para o ensaio de tração perpendicular, as médias encontradas foram semelhantes entre si, variando de 0,20 MPa (T3) até 0,27 MPa (T1). Em decorrência disso, a análise estatística não aferiu diferença estatística entre os distintos tratamentos, indicando que a adição de PEBD não exerce influência sobre essa variável.

Com relação às normas CS 236-66 (CS, 1968) e ANSI A208.1 (ANSI, 2009), que estabelecem valores mínimos de 0,48 MPa e 0,50 MPa, respectivamente, para o ensaio de tração perpendicular, nenhum dos tratamentos atendeu aos valores mínimos estabelecidos. Contudo, os valores obtidos foram semelhantes aos dados encontrados em outros estudos, como o de Dacosta (2004), que encontrou valores de 0,21 MPa para painéis de madeira aglomerada confeccionados com *Pinus elliottii*.

Para o ensaio de arrancamento de parafuso, a análise estatística demonstrou diferença significativa somente para o ensaio de topo, em que os tratamentos T1, T2, T3 foram estatisticamente superiores aos tratamentos T4, T5 e T6. Os resultados médios obtidos variaram de 483,75 N (T6) até 837,58 N (T2) para topo e de 858,33 (T4) até 933,58 (T1) para o ensaio de superfície, demonstrando assim que as médias para o ensaio de superfície foram superiores as obtidas para o ensaio de topo. Segundo Weber (2011), geralmente a superfície

tende a apresentar os maiores resultados de resistência, principalmente em decorrência do gradiente de densidade formado durante a prensagem. O fato do parafuso de topo estar fixado no centro do painel, onde geralmente ocorre a menor densificação, também contribui para os resultados superiores na superfície.

Nenhum dos tratamentos atingiu os valores mínimos estipulados pelas normas ANSI A208.1 (2009), que estabelece 900 N para topo e 1000 N para superfície. Entretanto, a norma brasileira NBR 14810-2 (ABNT, 2013), que estabelece os valores mínimos de 1000 N para arrancamento de parafuso de face e 800 N para arrancamento de topo, respectivamente, os ensaios de superfície não atingiram o mínimo estabelecido porém os tratamentos T1 (830,58 N) e T2 (837,58 N) atenderam o ensaio no que tange ao arrancamento de parafuso no topo. Contudo, os resultados foram semelhantes aos encontrados em outros estudos, como o de Sanches (2012), que encontrou para painéis confeccionados com *Pinus taeda* valores médios de 605,6 N para superfície e de 586,1 N para o ensaio de topo.

Os baixos valores encontrados para essa propriedade podem ser atribuídos à baixa densidade dos painéis. Dacosta et al. (2005) em estudo sobre painéis de madeira aglomerada confeccionados resíduos do processamento mecânico da madeira de *Pinus elliottii*, observaram que painéis com maior densidade apresentaram maior resistência para o teste de arrancamento de parafuso.

4 Conclusão

O novo produto apresentou propriedades mecânicas inferiores às normas de qualidade, o que está atrelado principalmente à densidade e a razão de compactação abaixo do recomendado.

Foram obtidos melhores resultados para a variável MOR, sendo que quando adicionado o percentual de até 40% de PEBD na composição do painel, os tratamentos conseguem atender às normas vigentes. Entretanto, para o MOE, nenhum dos tratamentos respondeu às normas de qualidade, sendo este fato também observado para o ensaio de tração perpendicular, e para o arrancamento de parafuso, tanto de topo quanto superfície.

Referências Bibliográficas

ABIPLAST. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. Anuário Estatístico da ABIPLAST 2014 – Ano base 2014. São Paulo, 2014, p. 71.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle materials. In: Annual Book of ASTM standards, ASTM D-1037-78B. Philadelphia. 1993.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810 – 3 – Chapas de madeira aglomerada – Parte 3 – Métodos de Ensaio, 2006.

AMERICAN NATIONAL STANDARD - ANSI/A Mat-formed wood particleboard: Specification. ANSI/A 208.1 - 1993. National Particleboards Association, p. 9. 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM 1248: Standard specification for polyethylene plastics molding and extrusion materials. Philadelphia, 1989.

COMMERCIAL STANDARD. CS 236-66: mat formed wood particleboard. [S.I.], 1968.

DACOSTA, L. P. E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; CALEGARI, L. Propriedades físicas de chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos de processamento mecânico da madeira de *Pinus elliotii* Engelm. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 421-429, 2005.

DACOSTA, L. P. E. Utilização de resíduos do processamento mecânico da madeira para a fabricação de chapas aglomeradas. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

EUROPEAN STANDARD. EN 312: particleboards: specifications. British Standard Institution, London, 2003. 22p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Statistical Yearbook. 2013. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e.PDF>> Acesso em 02 mai. 2015.

GORSKI, L. Produção de painéis de partículas orientadas (OSB) a partir da madeira de *Pinus spp.* e *Eucalyptus benthamii* MAIDEN ET CAMAGE em diferentes combinações. 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

GRUBERT, W.; CUNHA, A. B.; HILLESHEIN, V. S.; FERRARI, L. H.; PEREIRA, G. F. Utilização de feixes de fibras de *Pinus spp* e partículas de polietileno de baixa densidade (PEBD) para produção de painéis aglomerados. In: VIII Simpósio Brasileiro de Pós-graduação em Ciências Florestais, 2014, Recife. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Pós-graduação em Ciências Florestais, 2014. p. 464-468.

IWAKIRI, S.; SILVA, J.R.M. da; MATOSKI, S.L.S.; LEONHADT, G; CARON, J. Produção de chapas de madeira aglomerada de cinco espécies tropicais. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v.8, n.1, p.137-142, jan/dez, 2001.

IWAKIRI, S.; CAPRARA, A.C.; SAKS, D.de C.O.; GUI SANTES, F.P.; FRANZONI, J.A.; KRAMBECK, L.B.P.; RIGATTO, P.A. Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. *Scientia Forestalis*, Piracicaba - SP, n. 68, p. 39-43, 2005.

MALONEY, T. M. Modern particleboard e dry-process fiberboard manufacturing. 2nd ed. São Francisco: Miller Freeman Publication, 1993, p. 689.

MILAGRES, E. G. Compósitos de partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, polipropileno e polietileno de alta e baixa densidade. 2004, 84 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004.

OLIVEIRA, F.V.; VITAL, B.R.; SILVA, J.C.; CARNEIRO, A.C.O.; PIMENTA, A.S. Efeito da acetilação das partículas de madeira de *Eucalyptus grandis* e da inclusão de partículas de polietileno e de embalagens cartonadas nas propriedades de chapas de aglomerado. *Árvore*, vol.34, n.5. 2010.

NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. DIN 52362. Testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength. 40p Berlin, 1982.

PEDROSA, A. L.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. Produção de vigas estruturais em perfil “I” com painéis de madeira reconstituída de *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Revista Floresta*, Curitiba – PR, v. 35, n. 3, p.443 - 449 , 2005.

SANCHES, F.L. Qualidade de painéis aglomerados produzidos com mistura de madeira de quatro espécies florestais. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, 2012.

TRIANOSKI, R. Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada. 2010. 262 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

WEBER, C. Estudo sobre a viabilidade de uso de resíduos de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados. 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.