



## [Maderas. Ciencia y tecnología](#)

On-line version ISSN 0718-221X

**Maderas, Cienc. tecnol. vol.6 no.1 Concepción 2004**

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2004000100006>

Maderas.Ciencia y tecnología. 6(1): 73-84, 2004

### NOTA TÉCNICA

## **CARACTERIZACIÓN DEL MDF PRODUCIDO A PARTIR DE EUCALIPTO Y ADHESIVO POLIURETANO NATURAL**

## **CHARACTERIZATION OF MDF PRODUCED STARTING FROM EUCALYPTUS AND NATURAL ADHESIVE POLYURETHANE**

**Cristiane Inácio de Campos<sup>1</sup> ; Francisco Antonio Rocco Lahr<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Doctor ©. Universidad de Sao Paulo – Área interunidades en Ciencias y Ingeniería de Materiales, Laboratorio de Maderas e Estructuras de Maderas, Av. Trabajador Sancarlense, 400 – Centro – CEP 13566-590, Sao Carlos, Sao Paulo, Brasil. E-mail: cic@sc.usp.br

<sup>2</sup>Profesor. Universidad de Sao Paulo, Escuela de Ingeniería de Sao Carlos – Departamento de Ingeniería de Estructuras, Laboratorio de Maderas e Estructuras de Maderas, Av. Trabajador Sancarlense, 400 – Centro – CEP 13566-590, Sao Carlos, Sao Paulo, Brasil. E-mail: [frocco@sc.usp.br](mailto:frocco@sc.usp.br)

Autor para correspondencia:[cic@sc.usp.br](mailto:cic@sc.usp.br)

Recibido: 10.09.2003. Aceptado: 10.08 2004.

### **RESUMEN**

Productos derivados de madera son una propuesta interesante en la ampliación de los materiales que son empleados en la industria de la construcción civil, de muebles y otros usos. Entre los productos derivados de madera se destacan los tableros de fibra de media densidad (Medium Density Fiberboard - MDF), un producto que ofrece buena condición de trabajo. MDF es fabricado en seco, hecho con fibras lignocelulósicas, combinadas con resina, compactados por prensado en caliente. Este trabajo presenta la producción de MDF utilizando fibras de eucalipto y diferentes porcentajes de adhesivo poliuretano de origen natural. Despues de la fabricación fueron realizados ensayos de caracterizaciones físico-mecánicos y comparados con especificaciones contenidas en la norma Europea de tableros MDF (Euro MDF Board).

**Palabras claves:** MDF, tableros, adhesivo poliuretano, *Eucalyptus grandis*.

---

### **ABSTRACT**

Wood-based products are an interesting alternative to expand the range of materials for use in civil construction, cabinetmaking and others applications. Among wood-based products are detached the Medium Density Fiberboard (MDF), a product that it offers good work condition. MDF is manufactured to dry, made of fibers lignocellulosics, combined with resin, and compacted by hot pressure. This paper shows the production of MDF using Eucalyptus fibers and different content polyurethane resin. After production were making physical and mechanical characterization tests and compared with the specifications contained in the European Code for MDF Board (Euro MDF Board).

**Key words:** MDF, boards, polyurethane resin, *Eucalyptus grandis*.

### **Services on Demand**

[Journal](#)

[Article](#)

[Indicators](#)

[Related links](#)

[Share](#)

[Permalink](#)

## INTRODUCCIÓN

Consolidado en la industria de muebles en todo el mundo, el tablero MDF se ha adaptado a una vasta diversidad de usos, con la inserción gradual en la construcción civil. El MDF es un material versátil por su naturaleza en base a fibras de madera y es considerado un producto ecológicamente amigable.

Maloney (1996), define al MDF como aquellos tableros fabricados en seco, con fibras lignocelulósicas combinadas con una resina sintética u otro agente de aleación, compactados a una densidad entre 0,50 y 0,80 g/cm<sup>3</sup> por prensado en caliente, en un proceso en que la totalidad de la adhesión entre las fibras depende del adhesivo adicionado. Según Youngquist (1998), el MDF es un producto homogéneo, uniforme, estable, de superficie plana y lisa, que ofrece buena trabajabilidad y maquinado para encajar, tallar, cortar, atornillar, perforar y moldurar. Incluso, produce economía en cuanto a la reducción del uso de tintas, pinturas y lacas, economía en el consumo de adhesivo por metro cuadrado, además de presentar óptima aceptación para recibir revestimientos con diversos acabados. El Brasil presenta condiciones favorables para convertirse en un importante productor mundial de tableros de madera. Sin embargo, para que haya desarrollo es necesario invertir en tecnologías destinadas a mejorar la producción de tableros derivados de madera.

Según Hillis y Brown (1998), en Australia el uso de fibras de eucalipto en productos de madera reconstituida es concentrado, principalmente en la industria de tableros duros. Los tableros duros producidos con fibras de eucalipto presentan mayor ventaja cuando comparadas a los tableros producidos con fibras de otras especies. No es necesario adicionar resina para proporcionar un alto nivel de resistencia, a la inversa de lo que sucede en el caso de maderas menos densas que exigen más resinas. Por el hecho que las fibras de eucalipto son cortas, no forman tantos grumos como ocurre con las fibras largas, así los tableros producidos con fibras de eucalipto presentan mejores propiedades superficiales.

Holokiz (1971), consiguió comprobar que fibras de eucalipto usadas en la composición del MDF, han proporcionado mayor módulo de ruptura (MOR) para los tableros, y valores ligeramente inferiores en cuanto a las propiedades de absorción de agua e hinchamiento en el espesor.

Pranda (1995), produjo tableros MDF con fibras de eucalipto que exigieron un mayor porcentaje de adhesivo para alcanzar las mismas propiedades mecánicas que presentaron los MDF producidos con fibras de *Pinus*. Sin embargo, en cuanto a las propiedades físicas de hinchamiento y absorción, los MDF producidos con fibras de eucalipto con el mismo contenido de adhesivo del MDF producido con *Pinus* presentaron mejores valores.

Normalmente en la fabricación del MDF se usa urea formaldehído. Sin embargo, buscando encontrar nuevos adhesivos y resinas para la fabricación, este trabajo emplea una resina alternativa natural. La opción recayó en el adhesivo poliuretano de origen natural, utilizado en la producción del MDF en el laboratorio. Usando un recurso natural y renovable, es posible sintetizar el poliol y prepolímeros que tienen características originales diferentes de la planta de óleo de ricino que, cuando mixto, produzca un poliuretano. Este adhesivo tiene un costo muy similar a la urea formaldehído, o sea, 1 kg de urea vale alrededor de 1,95 US\$/kg y el adhesivo poliuretano natural cuesta aproximadamente 2,05 US\$/kg, siendo que esta resina no utiliza otros aditivos, contrariamente a lo que ocurre con la urea formaldehído.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se optó por la utilización de la madera de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), propiedad de DURATEX S.A. Esta especie ha sido elegida por presentar resultados muy interesantes en pesquisas realizadas anteriormente.

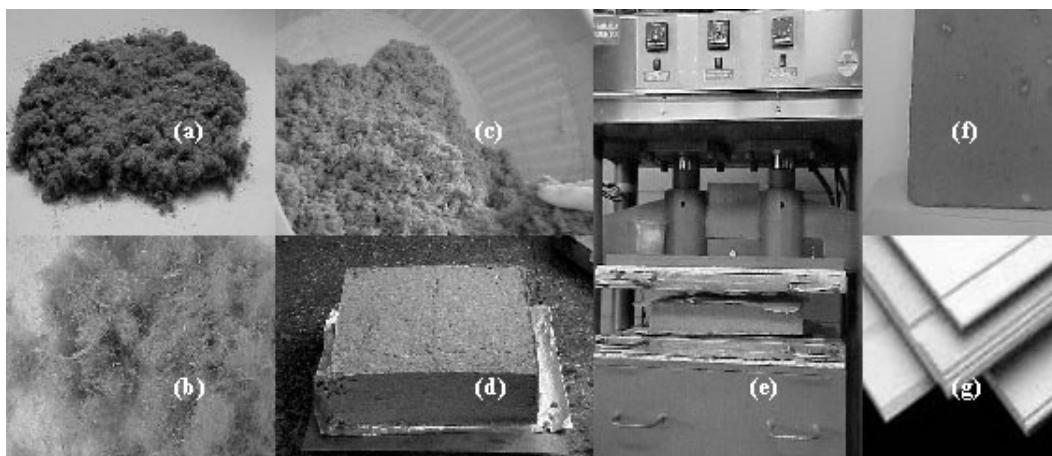
El poliuretano basado en óleo de ricino es competitivo comparado con otros polímeros, porque además de sus propiedades mecánicas principales, deriva de un material crudo natural y renovable económicamente. También posee flexibilidad, rigidez, fuerza molecular y de ligazón debido al equilibrio y características químicas del poliol en combinación con el prepolímero.

La reacción de polimerización lleva a la formación de poliuretano, el porcentaje de poliol puede variar para producir mayor o menor dureza, además el uso de un catalizador puede acelerar el curado de la reacción. El adhesivo usado fue donado por una industria química, localizada en San Carlos, SP, Brasil, la empresa proporcionó además, detalles del adhesivo y sus aplicaciones con madera y sus derivados.

Para la producción del MDF en escala de laboratorio, fueron considerados lotes de fibras de 1500 g y contenido de humedad alrededor de 3%. Despues de pesados han sido depositados en un equipo de encolamiento, que permiten la homogeneidad del material.

El equipo de encolamiento es accionado por un motor que alcanza una rotación de alrededor de 120 rpm. Las fibras fueron depositadas por la parte superior, luego fue cerrado el equipo de encolamiento, el motor fue accionado, las palas rodaron y entonces, se agregó la resina. Despues del encolado, las fibras fueron transferidas a otro recipiente, desagregándose los grumos. En seguida, el material fue depositado en una caja formadora. Esta caja fue apoyada sobre una chapa metálica y las fibras fueron distribuidas manualmente de manera uniforme. Tras el depósito de las fibras, el colchón fue compactado en una pre-prensa, donde no ocurre transferencia de calor, aplicándose una fuerza de alrededor de 800 N. El objetivo del pre-prensado fue reducir el volumen del colchón que fue colocado en la prensa.

Concluido el pre-prensado, se inició el prensado en una prensa hidráulica, equipada con calentamiento eléctrico, con temperatura alrededor de 160°C. La presión aplicada atendió al ciclo de prensado usual, variando la presión de 0 a 3 MPa. Terminado el ciclo de prensado, los tableros fueron enfriados a una temperatura ambiente y, posteriormente, fueron retiradas las probetas para los diferentes ensayos propuestos. Las probetas fueron acondicionadas en cámara climatizada a la temperatura de 20°C y humedad relativa de 65%, hasta que alcanzaron peso constante. Posteriormente fueron destinadas a la realización de los ensayos físicos y mecánicos. La figura 1 ilustra algunas etapas en la preparación de los tableros:



**Figura 1.** Secuencia del proceso de producción de los tableros MDF en laboratorio (a) fibras, (b) fibras destacadas, (c) fibras encoladas, (d) colchón, (e) prensado real, (f) tablero en temperatura ambiente, (g) tablero modelado.

Los tableros MDF fueron fabricados con fibras de *Eucalyptus grandis* y adhesivo poliuretano natural en tres porcentajes: 8%, 10% y 12%.

Los tableros MDF fueron evaluados mediante ensayos físicos y mecánicos de acuerdo a las Normas Europeas: 1. Densidad (EN 323); 2. Humedad (EN 322); 3. Hinchamiento en espesor (EN 317); 4. Absorción (EN 317); 5. Resistencia a la flexión (EN 310); 6. Adhesión Interna (EN 319).

#### Ensayo de densidad [d] - EN 323

La determinación de la densidad basada en la norma mencionada, especifica que las probetas deben ser de sección cuadrada,  $50 \pm 1\text{mm}$  de arista. Las probetas fueron colocadas en una sala de clima hasta que alcanzaron peso constante. Entonces se determinó el espesor en el punto de intersección de las diagonales y la masa final, además de dos medidas paralelas a los bordes. La densidad fue determinada según la ecuación 1.

$$d = \frac{m}{b_1 * b_2 * e} * 10^6 \quad (1)$$

Donde:

d = densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

m = masa (g)

$b_1$  y  $b_2$  = medidas ortogonales de los lados (mm)

e = espesor (mm)

#### Ensayo para determinación del contenido de humedad [U] - EN 322

En este ensayo el objetivo permitió definir la cantidad de agua contenida en las probetas. La eliminación del agua ocurre por secamiento en estufa a una temperatura alrededor de 100°C, hasta alcanzar masa constante. Las probetas tienen como dimensiones  $50 \pm 1\text{ mm}$  de arista. La ecuación 2 fue utilizada para el cálculo del contenido de humedad.

$$U = \frac{m_i - m_s}{m_s} * 100 \quad (2)$$

Donde:

$U$  = contenido de humedad del tablero (%)

$m_i$  = masa inicial (g)

$m_s$  = masa final [seca] (g)

### Ensayo de hinchamiento en espesor [G<sub>1</sub>] - EN 317

El ensayo de hinchamiento en espesor fue realizado por inmersión de las probetas en agua destilada por 24h. Las probetas tienen como dimensiones  $50 \pm 1$  mm de arista. En los ensayos de hinchamiento en espesor, fue medido el espesor de las probetas en la intersección de las diagonales antes y después de su inmersión en agua. El hinchamiento fue calculado por la ecuación 3.

$$G_t = \frac{e_2 - e_1}{e_1} * 100 \quad (3)$$

Donde:

$G_1$  = hinchazón (%)

$e_1$  = espesor inicial (mm)

$e_2$  = espesor final (mm)

### Ensayo de Absorción [A<sub>m</sub>] - EN 317

En este ensayo de absorción, las probetas fueron sumergidas en agua por un período de 24h. Las probetas tienen como dimensiones  $50 \pm 1$  mm de arista. Para este ensayo fue medida la masa de las probetas antes y después de la inmersión en agua. La absorción fue determinada por la ecuación 4.

$$A_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100 \quad (4)$$

Donde:

$A_m$  = absorción (%)

$m_1$  = masa inicial (g)

$m_2$  = masa final (g)

### Ensayo de flexión estática - EN 310

El ensayo de flexión estática tuvo como objetivo determinar el módulo de elasticidad y el módulo de ruptura. Las probetas se confeccionaron a un largo de 20 veces su espesor nominal más un adicional de 50 mm, esto es, 250 mm de largo y  $50 \pm 1$  mm de ancho. Se midió la muestra en la mitad del largo y el espesor en la intersección las diagonales. La probeta fue apoyada en soportes con una distancia entre ellos de 20 veces el espesor nominal.

El módulo de elasticidad (MOE) fue calculado utilizándose la región lineal de la curva de lecturas de fuerza y desplazamiento a través de la ecuación 5.

$$MOE = \frac{l_1^3 * (F_2 - F_1)}{4 * b * e^3 * (a_2 - a_1)} \quad (5)$$

Donde:

MOE = módulo de elasticidad (MPa)

$a_1$  y  $a_2$  = deflexión en la mitad del vano (m)

$l_1$  = distancia entre los soportes (m)

$b$  = ancho del cuerpo-de-prueba (m)

$e$  = espesor del cuerpo-de-prueba (m)

$F_1 - F_2$  = incremento de fuerza (N)

Para el cálculo del módulo de ruptura (MOR), se utilizó el mismo teste de flexión estática, máxima obtenida en el ensayo. El módulo de ruptura fue calculado utilizándose la fuerza de ruptura, través de la ecuación 6.

$$MOR = \frac{3 * F_{MAX} * l_1}{2 * b * t^2} \quad (6)$$

Donde:

MOR = módulo de ruptura (MPa)  
 $l_1$  = distancia entre los soportes (m)  
 $b$  = ancho del cuerpo-de-prueba (m)  
 $t$  = espesor del cuerpo-de-prueba (m)  
 $F_{MAX}$  = fuerza de ruptura (N)

### **Ensayo de adhesión interna [AI] - EN 319**

El ensayo de adhesión interna tuvo como objetivo definir la adhesión interna de la probeta. Según la norma europea, las probetas tienen como dimensiones  $50 \pm 1$  mm de arista. En los dos lados de las probetas son colocados soportes metálicos, que por tracción son posicionados en direcciones opuestas, de modo que el mismo se rompa. La ecuación 7 fue utilizada para el cálculo de la adhesión interna.

$$AI = \frac{F_{MAX}}{a * b} \quad (7)$$

Donde:

AI = adhesión interna (MPa)  
 $F_{MAX}$  = carga máxima (kgf)  
 $a$  = extensión da probeta (m)  
 $b$  = largo de la probeta (m)

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de los ensayos físico-mecánicos realizados en laboratorio son presentados en las tablas 1 a 6. Las tablas de 1 a 4 presentan los resultados de ensayos físicos y las tablas 5 y 6 presentan los resultados de ensayos mecánicos. Todos los resultados obtenidos fueron posteriormente comparados y discutidos en acuerdo con las especificaciones propuestas por la EuroMDFBoard (1995), tabla 7.

**Tabla 1.** Valores de densidad para tableros MDF de eucalipto utilizando adhesivo poliuretano.

<b>Nº de probeta</b>	<b>Densidad - <math>\rho</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>		
	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>
1	698	724	761
2	702	726	764
3	700	729	767
4	705	730	769
5	703	731	770
6	698	722	765
7	701	727	767
8	702	729	764

9	699	728	768
10	698	725	771
11	696	723	766
12	697	724	763
<b>Promedio</b>	<b>700</b>	<b>727</b>	<b>766</b>

Ensayo de densidad (EN 323) - d (kg/m<sup>3</sup>)

**Tabla 2.** Valores de la humedad en tableros MDF de eucalipto utilizando adhesivo poliuretano.

<b>Nº de probeta</b>	<b>Humedad - U (%)</b>		
	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>
1	5,0	5,0	4,3
2	5,4	4,9	4,2
3	5,6	5,1	5,3
4	5,9	5,4	4,7
5	6,1	5,3	4,9
6	6,0	5,5	4,8
7	5,8	5,3	4,9
8	6,0	5,4	4,8
9	5,4	5,2	4,6
10	5,9	5,2	4,3
11	5,2	4,8	4,0

12	5,3	5,0	4,1
<b>Promedio</b>	<b>5,6</b>	<b>5,2</b>	<b>4,6</b>

Ensayo de humedad (EN 322) - U (%)

**Tabla 3.** Valores de hinchamiento en espesor en tableros MDF de eucalipto utilizando adhesivo poliuretano.

<b>Nº de probeta</b>	<b>Hinchamiento - G<sub>1</sub> (%)</b>		
	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>
1	14	10	7
2	14	12	9
3	18	10	10
4	17	14	11
5	15	16	13
6	18	14	10
7	16	13	12
8	14	11	13
9	17	14	10
10	18	15	11
11	15	12	9
12	14	11	8
<b>Promedio</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>10</b>

Ensayo de hinchamiento en espesor (EN 317) – G<sub>1</sub> (%)

**Tabla 4.** Valores de absorción en tableros MDF de eucalipto utilizando adhesivo poliuretano.

<b>Nº de probeta</b>	<b>Absorción - A<sub>m</sub> (%)</b>		
	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>
1	35,4	32,1	27,4
2	35,1	32,0	27,7
3	35,7	32,4	28,1
4	35,9	32,6	28,0
5	35,8	32,3	27,7
6	35,1	32,4	28,5
7	35,3	32,5	28,3
8	35,2	32,3	28,2
9	35,5	32,4	27,8
10	35,8	32,2	27,5
11	35,7	32,1	27,6
12	35,8	32,0	27,4
<b>Promedio</b>	<b>35,5</b>	<b>32,3</b>	<b>27,9</b>

Ensayo de absorción (EN 317) – A<sub>m</sub> (%)

**Tabla 5.** Valores del MOE y MOR en tableros MDF de eucalipto utilizando adhesivo poliuretano.

<b>Nº de probeta</b>	<b>Modulo Elasticidad - MOE (MPa)</b>			<b>Modulo Rotura - MOR (MPa)</b>		
	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>
<b>1</b>	2.414	2.697	2.897	23,1	26,0	27,8
<b>2</b>	2.429	2.703	2.923	23,0	26,3	28,0
<b>3</b>	2.451	2.719	2.917	23,4	26,2	28,4

<b>4</b>	2.461	2.725	2.930	23,5	26,5	28,5
<b>5</b>	2.482	2.734	2.931	23,2	26,7	28,3
<b>6</b>	2.480	2.716	2.959	23,0	26,1	27,6
<b>7</b>	2.475	2.722	2.952	23,3	26,6	28,2
<b>8</b>	2.471	2.709	2.948	23,6	26,5	28,1
<b>9</b>	2.458	2.714	2.927	23,3	26,3	28,2
<b>10</b>	2.455	2.708	2.919	23,2	26,4	27,8
<b>11</b>	2.449	2.705	2.907	23,1	26,1	27,7
<b>12</b>	2.438	2.707	2.905	23,1	26,1	27,9
<b>Promedio</b>	<b>2.455</b>	<b>2.713</b>	<b>2.926</b>	<b>23,2</b>	<b>26,3</b>	<b>28,0</b>

Ensayo de flexión estática (EN 310) – MOE e MOR (MPa)  
Módulo de elasticida de (MOE) y Módulo de ruptura (MOR)

**Tabla 6.** Valores de adhesión interna para tableros de eucalipto utilizando adhesivo poliuretano.

<b>Nº de probeta)</b>	<b>Adhesión Interna - AI (%)</b>		
	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>
1	0,64	0,70	082
2	0,63	0,78	0,85
3	0,65	0,69	0,76
4	0,65	0,68	0,81
5	0,59	0,71	0,78
6	0,61	0,76	0,80
7	0,65	0,75	0,83

8	0,63	0,71	0,82
9	0,63	0,67	0,81
10	0,65	0,73	0,83
11	0,63	0,74	0,81
12	0,64	0,71	0,82
<b>Promedio</b>	<b>0,63</b>	<b>0,72</b>	<b>0,81</b>

#### Ensayo de adhesión interna (EN 319) – AI (%)

Los valores normalizados por la EuroMDFBoard,1995 son mostrados en la tabla 7.

Los **Ensayos Físicos** realizados mostraron que todos los tableros producidos presentaron densidades dentro de los límites especificados por la norma europea EN 323, que establecen como rangos, densidades entre 500 y 800 g/cm<sup>3</sup>. En el **Ensayo para determinación de la humedad** todos los tableros producidos también presentaron humedades dentro de los límites especificados por la norma europea EN 322, que admite contenidos hasta 11%, para las tres situaciones especificadas en la norma (condición sin contacto con agua, condición en contacto con agua y condición de uso externo).

**Tabla 7.** Valores propuestos en la Norma Europea para tableros MDF  
(Code Euro MDF Board)

Propiedades	EN standard	Unidad	Espesor 9-12 mm
<b>Condiciones de uso sin contacto con agua</b>			
<b>Hinchamiento</b>	EN 317	%	13
<b>Adhesión interna</b>	EN 319	MPa	0,60
<b>MOE</b>	EN 310	MPa	2200
<b>MOR</b>	EN 310	MPa	22
<b>Condiciones de uso en contacto con agua</b>			
<b>Hinchamiento</b>	EN 317	%	10
<b>Adhesión interna</b>	EN 319	MPa	0,80
<b>MOE</b>	EN 310	MPa	2500
<b>MOR</b>	EN 310	MPa	26

<b>Condiciones para uso externo</b>			
Hinchamiento	EN 317	%	10
<b>Adhesión interna</b>	EN 319	MPa	0,80
<b>MOE</b>	EN 310	MPa	2800
<b>MOR</b>	EN 310	MPa	32

Fuente: Norma Europea para tableros MDF (Code Euro MDF Board) - Parte II (1995).

Entretanto, los valores de hinchamiento en espesores especificados por la norma europea EN 317, que admite un hinchamiento hasta 13% para tableros con espesor aproximado de 10mm en condiciones sin contacto con agua. Los tableros de eucalipto producidos en el laboratorio presentaron valores dentro de la norma apenas para condiciones de contenidos de adhesivo de 10%. Y para contenidos de adhesivo de 12% el valor medio obtenido atendió las tres situaciones propuestas por la norma. En los **ensayos de absorción**, los valores especificados por la Norma Europea EN 317 admiten como contenidos de humedad hasta 35%, para tableros con espesor aproximado de 10mm en condiciones en contacto con agua, los tableros de eucalipto presentaron valores dentro de la norma solamente para contenidos de resina de 10% y 12%.

Los valores de flexión estática especificados por la Norma Europea EN 310, que admite MOE de 2600 MPa y MOR de 25 MPa, para tableros con espesor aproximado de 10mm en condiciones en contacto con agua, los tableros de eucalipto con 10% y 12% de adhesivo, presentaron valores dentro de los establecidos por la norma. Los valores de adhesión interna especificados por la Norma Europea EN 319, que admite AI de 0,60 MPa sin contacto con agua y 0,80 MPa en contacto con agua, para tableros con espesor aproximado de 10 mm en condiciones en contacto con agua, los tableros de eucalipto con 8%, 10% y 12% de adhesivo pueden ser usados en ambiente sin agua y con 10% y 12% de adhesivo pueden ser usados en contacto con agua.

En síntesis los resultados obtenidos con tableros con contenidos de adhesivo de 10% y 12% de adhesivo poliuretano, presentaron siempre valores mayores que el mínimo propuesto en la Norma Europea para tableros MDF para uso en condiciones en con y sin contacto con agua. Y los tableros con contenidos de adhesivo de 12%, pueden ser empleados en condiciones para uso externo, pues siempre los valores medios estuvieron dentro de los mínimos especificado por la norma en todos los ensayos realizados.

## CONCLUSIONES

Este trabajo permite concluir que el adhesivo poliuretano supera en aproximadamente un 10% las propiedades físico-mecánicas del MDF producido en laboratorio, surgiendo el poliuretano natural como una alternativa de adhesivo, además de la urea formaldehído. Los tableros producidos con contenidos de adhesivo de 12%, pueden ser empleados en las tres situaciones presentadas en la norma europea, y los tableros con contenidos de adhesivo de 10% pueden ser empleados en condiciones con y sin contacto con agua. Los tableros producidos con contenidos de adhesivo de 8%, solamente pueden ser empleados en situaciones sin contacto con agua. Además, es de fundamental importancia destacar que otras especies de madera con mayor densidad probablemente también puedan ser empleadas en la producción de tableros MDF, sin comprometer las propiedades del tablero, atendiendo siempre las características y propiedades básicas especificadas en la norma. Es importante resaltar que tableros con dosis mayores que 10% de resina permiten ampliar los empleos de los mismos, o sea, pueden ser usados en construcciones con mayores exigencias de resistencia a la humedad.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la FAPESP (Fundación de Amparo a la Pesquisa de Sao Paulo), por el apoyo y financiamiento al desarrollo del trabajo. A LaMEM / SET – USP / San Carlos las facilidades para usar el laboratorio y los equipos. Además, agradecemos a DURATEX S.A. por la donación de las fibras de madera y a KHEL S.A. por la donación del adhesivo.

## BIBLIOGRAFÍA

**EMB 1995.** Euro MDF Board - Code (1995), Part II: Requeriments for General Purpose Boards. Giessen, Alemania. Dezembro 1995. [ [Links](#) ]

**EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 310 1993.** European Standard EN 310- Particleboards and Fiberboards – Determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. Bruxelas: 1993. [ [Links](#) ]

**EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 310 1993.** European Standard EN 317- Particleboards and Fiberboards – Determination of swelling in thickness after immersion in water. Bruxelas: 1993. [ [Links](#) ]

**EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 317 1993.** European Standard EN 317- Particleboards and Fiberboards – Determination of humedad. Bruxelas: 1993. [ [Links](#) ]

**EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 319 1993.** European Standard EN 319- Particleboards and Fiberboards – Determination of swelling in thickness after immersion in water. Bruxelas: 1993. [ [Links](#) ]

**EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 322 1993.** European Standard EN 322- Particleboards and Fiberboards – Determination of humidity. Bruxelas: 1993. [ [Links](#) ]

**HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. 1978.** Eucalyptus for wood production. Chapter 14. In: Reconstituted Wood Products. Common-wealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Melbourne, Victoria, Austrália. 317-321. [ [Links](#) ]

**HOLOKIZ, H. 1991.** The effects of stock washing on the properties of hardboard. *Appita* 25(3):194-199. [ [Links](#) ]

**MALONEY, T.M. 1996.** The family of wood composite materials. *Forest Products Journal*. 46(2):19-26. [ [Links](#) ]

**PRANDA, J. 1995.** Painéis de fibra de média densidade feitos de Pinus pinaster e Eucalipto globulus. Área de composção química específica da madeira desfibrada. *Drevarsky Vyskum*. 2:19-28. [ [Links](#) ]

**YOUNGQUIST, J. A. 1988.** Wood-based composites – The panel and building components of the future. Proceedings. IUFRO, Canada. 5-22. [ [Links](#) ]



All the contents of this journal, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution License](#)

**Avenida Collao 1202**

**Casilla 5-C**

**Concepción - Chile**

**Teléfono: 56-41-3111667 - 3111668**

**Fax: 56-41-2731027**



[remadera.journal@gmail.com](mailto:remadera.journal@gmail.com)