

## Inclusão de feixes de sisal na produção de painéis MDP de eucalipto

Inclusion of sisal bundles in the production of eucalyptus MDP panels

Ricardo Gabriel de Almeida Mesquita<sup>1</sup>, Lourival Marin Mendes<sup>2</sup>, Rafael Farinassi Mendes<sup>3</sup>,  
Gustavo Henrique Denzin Tonoli<sup>2</sup> e José Manoel Marconcini<sup>4</sup>**Resumo**

Nos últimos anos, a busca por produtos mais sustentáveis tem motivado diversos cientistas a pesquisar a viabilidade técnica, de diferentes materiais lignocelulósicos, para utilização em diversos materiais. Dentre eles, podemos destacar os feixes fibrosos de sisal que já são utilizados por diferentes segmentos da indústria de plásticos. Esse material lignocelulósico tem ganhado destaque devido a diversas características mecânicas e econômicas. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial de utilização de feixes de sisal, em associação com partículas de eucalipto, para produção de painéis MDP. Foram confeccionados painéis com a substituição da madeira de eucalipto por feixes de sisal, no miolo dos painéis, nas proporções de 0, 5, 10, 15, 20 e 25%. Os painéis MDP foram produzidos com relação face/miolo de 40/60 (base massa seca das partículas), adesivo uréia-formaldeído, densidade nominal de 0,70 g/cm<sup>3</sup> e com ciclo de prensagem de 8 minutos, pressão de 3,92 MPa e temperatura de 160°C. Os resultados não se mostraram satisfatórios, pois a inclusão dos feixes acarretou em piora das propriedades analisadas. **Palavras-chave:** Fibras vegetais, painéis aglomerados, materiais lignocelulósicos.

**Abstract**

In recent years the search for more sustainable products has motivated many scientists to investigate the technical feasibility of different lignocellulose materials for use in various materials. Among them we can detach the sisal fiber bundles that are already used by different segments of the plastic industry. This lignocellulose material has gained prominence due to several mechanical and economic characteristics. Thus, the aim of this study was to evaluate the potential use of sisal bundles in association with eucalyptus particles for the production of MDP panels. Panels were prepared with the substitution on eucalyptus wood for sisal bundles in the panels' core in doses of 0, 5, 10, 15, 20 and 25%. The MDP panels were produced with face/core 40/60 (base dry mass of the particles), urea-formaldehyde adhesive, nominal density of 0,70 g.cm<sup>-3</sup> and pressing cycle of 8 minutes, 3,92 MPa pressure and temperature of 160°C. The results were not satisfactory because the inclusion of the sisal bundles resulted in worsening the analyzed properties. **Keywords:** Natural fiber, particleboards, lignocellulose fiber.

**INTRODUÇÃO**

Os painéis de madeira podem ser definidos como produtos compostos de elementos da desagregação da madeira, como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, que posteriormente são reconstituídos através de ligação adesiva. Esses novos produtos são conhecidos também como

produtos reconstituídos de madeira e suas propriedades são diferentes do material original (IWAKIRI, 2005).

Dentre esses produtos reconstituídos de madeira estão os painéis MDP (Medium Density Particleboard), que são uma evolução dos painéis aglomerados, por possuírem três camadas, duas de partículas menores nas faces e uma de

<sup>1</sup>Doutorando em Ciência e Tecnologia da Madeira, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais - PhD student, Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen, Rolighedsvej 23, DK 1958, Frederiksberg C, Denmark. E-mail: [ricardogam@gmail.com](mailto:ricardogam@gmail.com).

<sup>2</sup>Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais. UFPA - Universidade Federal de Lavras - caixa postal 3037, CEP 37200-000 - Lavras, MG. E-mail: [lourival@dcf.ufpa.br](mailto:lourival@dcf.ufpa.br); [gustavotonoli@dcf.ufpa.br](mailto:gustavotonoli@dcf.ufpa.br).

<sup>3</sup>Professor/Doutor, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, caixa postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais. E-mail: [rafaelfarinassi@gmail.com](mailto:rafaelfarinassi@gmail.com)

<sup>4</sup>Pesquisador Doutor. EMBRAPA Instrumentação Agropecuária. Rua XV de novembro - 13560-970 - São Carlos, SP. E-mail: [jose.marconcini@embrapa.br](mailto:jose.marconcini@embrapa.br)

partículas maiores no miolo do painel. Eles normalmente são produzidos com partículas de madeira, sendo utilizados principalmente para a fabricação de móveis.

Vários fatores podem contribuir para a qualidade final dos painéis aglomerados, dentre eles, podem ser destacados os inerentes à madeira, tais como: espécies, características anatómicas, densidade, umidade, extrativos, pH; e os inerentes ao processo, tais como: densidade dos painéis, razão de compactação, composição dos painéis, tipo e teores de adesivo, parafina, dimensão das partículas, orientação das partículas, umidade das partículas, tempo de fechamento da prensa, temperatura de prensagem e pressão específica (MALONEY, 1993).

Em relação a matéria-prima, normalmente é utilizado madeira oriunda de florestas plantadas, dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (BARROS FILHO, 2009). Porém, todo e qualquer material lignocelulósico pode ser utilizado para a confecção de painéis aglomerados, podendo-se, ainda, misturar diferentes tipos de madeira ou associar as partículas de madeira a outros materiais com potencialidades (SORATTO et al., 2013; TRIANOSKI et al., 2013; TRIANOSKI et al., 2011).

Dentre os materiais com potencialidades está o sisal (*Agave sisalana* Perr), de onde são extraídos feixes fibrosos das folhas. O sisal possui características interessantes para o reforço, tanto em compósitos, como em painéis, tais como: boas propriedades mecânicas, baixa densidade e alta disponibilidade (BRAZILIAN FIBRES, 2013; MARTIN et al., 2009). O Brasil é o maior produtor de feixes de sisal do mundo (120.000 toneladas), respondendo por 58% da produção mundial e com uma produtividade em torno de 800 a 1200 kg/ha. Na indústria, o sisal é transformado em diversas variedades de fios, cordas, tapetes, capachos e mantas de sisal, sendo utilizado para fabricação de diversos produtos, como por exemplo, no reforço de compósitos plásticos, onde as pesquisas têm avançado cada vez mais e com resultados promissores (BRAZILIAN FIBRES, 2013; CARVALHO; CAVALCANTI, 2006; JOSEPH; MEDEIROS; CARVALHO, 1999; VIEIRA et al., 2009).

O incentivo a utilização dessa espécie pode acarretar em notável desenvolvimento social, econômico e ambiental para o país, pois a cultura do sisal está concentrada na região semiárida do nordeste brasileiro, a qual apresenta poucas alternativas econômicas, e se caracterizando em

áreas de pequenos produtores, com predomínio da agricultura familiar (BRAZILIAN FIBRES, 2013). Diante desse cenário, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial de utilização de feixes de sisal em associação com partículas de eucalipto em painéis MDP.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Matéria-prima

Foram utilizadas partículas de *Eucalyptus urophylla*, feixes lignocelulósicos de sisal e adesivo uréia-formaldeído (UF). A madeira de *Eucalyptus urophylla* com 7 anos de idade, densidade básica de 0,560 g.cm<sup>-3</sup> e densidade aparente de 0,586 g.cm<sup>-3</sup> (11,8% de umidade) foi proveniente de testes clonais instalados no município de Paracatu-MG, de propriedade da Companhia Mineira de Metais. O adesivo utilizado apresentava as seguintes características: pH = 9,15, teor de sólidos = 53% e viscosidade = 261,30 Cp.

As partículas do tipo “sliver” foram geradas com o auxílio de um moinho martelo e posteriormente classificadas em peneiras de 14 mesh, 40 mesh e 120 mesh, sendo utilizadas as partículas retidas nas peneiras de 120 e 40 mesh, para as faces e para o miolo, respectivamente. Os feixes lignocelulósicos foram cortados manualmente, com auxílio de tesoura, com aproximadamente 3 cm de comprimento. A secagem do material foi realizada em estufa a uma temperatura de 90°C até umidade final de 4%.

### Confecção dos painéis

A aplicação do adesivo foi realizada com o auxílio de uma encoladeira e ocorreu em duas etapas. Primeiramente o adesivo foi aplicado às partículas menores na proporção de 11% (base massa seca das partículas), após a limpeza do equipamento as partículas maiores receberam o adesivo na proporção de 8% (base massa seca das partículas). Para cada tratamento foram confeccionados três painéis com densidade nominal de 0,75 g.cm<sup>-3</sup> e em três camadas (20-60-20, face/miolo/face). Utilizou-se seis proporções de sisal misturados as partículas de eucalipto (Tabela 1).

O colchão foi submetido a uma pré-prensagem, em uma prensa hidráulica, a uma pressão de 0,78 MPa, sendo posteriormente encaminhado para prensagem a quente. O ciclo

**Tabela 1.** Tratamentos com a respectiva composição.**Table 1.** Treatments with their composition.

Tratamentos	Face	Miolo
T1	<i>Eucalyptus</i>	100% <i>Eucalyptus</i>
T2	<i>Eucalyptus</i>	95% <i>Eucalyptus</i> + 5% de sisal
T3	<i>Eucalyptus</i>	90% <i>Eucalyptus</i> + 10% de sisal
T4	<i>Eucalyptus</i>	85% <i>Eucalyptus</i> + 15% de sisal
T5	<i>Eucalyptus</i>	80% <i>Eucalyptus</i> + 20% de sisal
T6	<i>Eucalyptus</i>	75% <i>Eucalyptus</i> + 25% de sisal

**Tabela 2.** Propriedades avaliadas.**Table 2.** Properties evaluated.

Propriedades	Metodologia
Densidade aparente	ASTM D1037 (ASTM, 2006)
Razão de compactação	MALONEY (1993)
Absorção de água após 2h	ASTM D1037 (ASTM, 2006)
Absorção de água após 24h	ASTM D1037 (ASTM, 2006)
Inchamento em espessura após 2h	ASTM D1037 (ASTM, 2006)
Inchamento em espessura após 24h	ASTM D1037 (ASTM, 2006)
Flexão estática (MOE e MOR)	DIN 52362 (DIN,1982)
Ligação interna	ASTM D1037 (ASTM, 2006)

de prensagem foi composto de: pressão (3,92 MPa), temperatura (160°C) e tempo de 8 minutos. Após a prensagem os painéis foram esquadrejados, apresentando dimensões finais de 47x47x1,5 cm, de onde seguiram para climatização (22±2°C e umidade de 65±5%) para posterior caracterização físico-mecânica.

### Propriedades físico-mecânicas avaliadas e análise estatística

A caracterização dos painéis foi realizada por meio de testes físicos e mecânicos, conforme metodologias especificadas na Tabela 2.

A razão de compactação foi calculada dividindo-se a densidade aparente do painel pela densidade aparente do material. As dimensões dos painéis e da madeira, para o cálculo do volume, foram mensuradas com o auxílio de um paquímetro, já as dimensões do sisal, foram calculadas com o auxílio de um microscópio.

Os dados físico-mecânicos foram analisados conforme um delineamento inteiramente casualizado, com a realização da análise de variância e quando significativa, a análise de regressão ( $p < 0,05\%$ ). Para densidade e razão de compactação foi realizada uma análise de variância e quando significativa o teste de média Scott-Knott ( $p < 0,05\%$ ). Os dados foram processados com o auxílio do software SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Densidade e razão de compactação

A densidade aparente dos painéis variou de 0,757 a 0,776 g.cm<sup>-3</sup>, porém não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3). Os painéis foram classificados como de média densidade, que se referem a painéis com densidade entre 0,59 a 0,80 g.cm<sup>-3</sup> (IWAKIRI, 2005). Também não houve diferença estatística para a umidade dos painéis.

Conforme observado na Tabela 3, os valores de razão de compactação foram gradualmente aumentando, conforme se aumentou a porcentagem de feixes de sisal, e isso se deve à menor densidade aparente do sisal (0,368 g.cm<sup>-3</sup>; umidade de 12,75%) quando comparado a densidade do eucalipto (0,586 g.cm<sup>-3</sup>; umidade de 11,8%). Houve diferença estatística entre os tratamentos, onde se verifica que o tratamento com 25% de sisal apresentou o maior valor médio de razão de compactação, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos.

### Flexão estática

Os modelos de regressão ajustados em função do aumento da porcentagem de sisal para os valores de módulo de elasticidade (MOE) e ruptura à flexão estática (MOR) estão apresentados

**Tabela 3.** Valores de densidade aparente do painel, umidade e razão de compactação.  
**Table 3.** Values of panels' density, humidity and compression ratio.

Sisal (%)	Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	Umidade (%)	Razão de compactação
0	0,757±0,007 A	9,74±0,07 A	1,29±0,01 A
5	0,759±0,026 A	9,56±0,19 A	1,32±0,05 A
10	0,776±0,010 A	9,53±0,07 A	1,38±0,02 B
15	0,766±0,013 A	9,52±0,02 A	1,39±0,02 B
20	0,762±0,010 A	9,47±0,05 A	1,41±0,02 B
25	0,774±0,007 A	9,33±0,10 A	1,45±0,01 C

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $\alpha=0,05$ ). RC: razão de compactação = (densidade aparente do painel/densidade aparente do material).

nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Observou-se a diminuição significativa dos valores médios de MOE e MOR, até a utilização de 15% de sisal, podendo ainda ser verificado certa estabilização após a utilização de 15% de sisal.

Observou-se, também, uma maior variação dessas propriedades para alguns dos tratamentos avaliados. Isso está relacionado a fatores de confecção, uma vez que a distribuição das partículas e feixes foi realizada de forma manual, o que dificultou a homogeneização das partículas. Outro fator que contribuiu para essa variação foi a concentração de feixes de sisal em determinados locais, pois os mesmos se aglutinaram e formaram tufo durante a aplicação do adesivo (Figura 3).

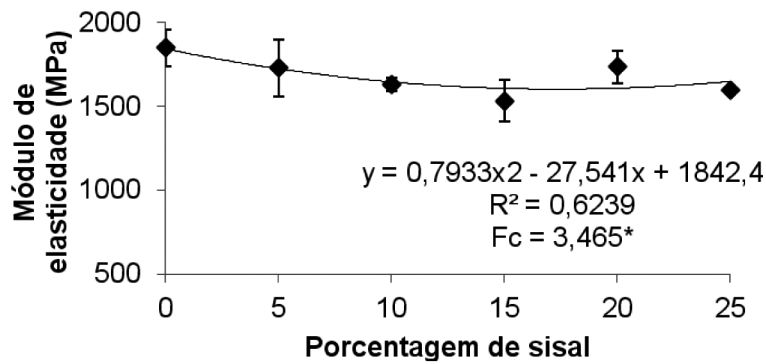
Melo et al. (2009), investigaram a associação de casca de arroz (0, 20, 40, 60, 80 e 100%) com a madeira de *Eucalyptus grandis* em painéis aglomerados com densidade nominal de 0,65 g.cm<sup>-3</sup>. Os autores observaram uma diminuição dos valores das propriedades mecânicas em função do aumento da porcentagem de casca de arroz, sendo observado valores de MOE decrescendo de 1225 à 196 MPa e de MOR de 14,7 a 3,9 MPa, conforme se aumentava a porcentagem de casca de arroz no painel. Mendes et al. (2010), também observaram diminuição dos valores médios de MOE (800 para 400 MPa) e MOR (5,5 para 2 MPa), conforme se aumentava a proporção de casca de café (25, 50, 75%), em painéis aglomerados de *Eucalyptus urophylla*, com adesivo fenol-formaldeído e densidade nominal de 0,70 g.cm<sup>-3</sup>.

A norma ANSI (1993) estipula valores mínimos para o MOE de 1764 MPa e para o MOR de 11,3 MPa, para painéis aglomerados produzidos com adesivo uréia-formaldeído (classe M1). Nenhum dos painéis com inclusão de feixes de sisal atendeu aos requisitos mínimos para módulo de elasticidade, porém para módulo de ruptura, todos os painéis, exceto os com 15% de sisal, atingiram o valor mínimo exigido pela norma.

### Ligação interna

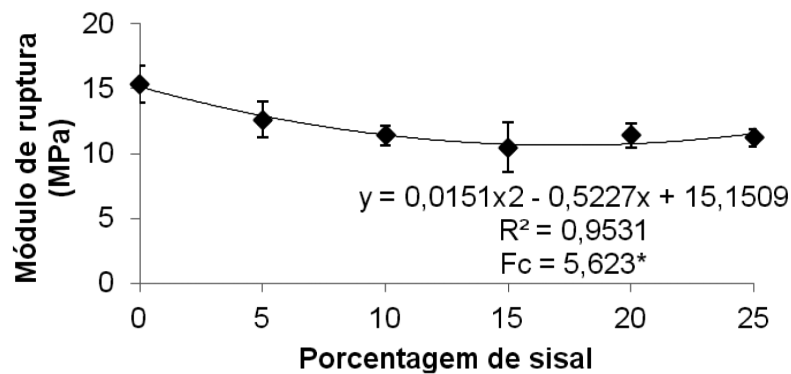
O modelo de regressão ajustado em função do aumento da porcentagem de sisal, para os valores de ligação interna, está representado na Figura 4. Os dados apresentados demonstraram que ocorreu uma correlação significativa e negativa entre a porcentagem de sisal e a ligação interna, ou seja, com o aumento da porcentagem de sisal há uma diminuição dos valores médios da ligação interna. Podendo ainda ser verificado certa estabilização após a utilização de 15% de sisal. A correlação negativa, entre a porcentagem de sisal e a ligação interna, pode ser atribuída ao processo de encolamento das partículas e feixes de sisal, pois os feixes de sisal formaram tufo durante a aplicação do adesivo. A formação de tufo de feixes de sisal impediu a dispersão do adesivo no centro dos mesmos, prejudicando assim a colagem dos materiais, uma vez que algumas regiões não possuíam adesivo. A diminuição do comprimento dos feixes de sisal em trabalhos futuros pode facilitar e melhorar a homogeneização das partículas e feixes que por sua vez pode melhorar a dispersão do adesivo e a colagem.

Essa tendência de decréscimo também foi observada por Mendes et al. (2010), quando se avaliou os valores de ligação interna em função do aumento das porcentagens de casca de café (25, 50 e 75%), em painéis aglomerados de *Eucalyptus urophylla*. Os valores de ligação interna decresceram de 0,30 MPa a 0,15 MPa, conforme se aumentava a porcentagem de casca de café. Scatolino et al. (2013) também observaram redução dos valores de ligação interna (1,1 para 0,3 MPa) conforme se aumentava a porcentagem de sabugo de milho (0, 25, 50, 75 e 100%) em painéis aglomerados de *Pinus oocarpa*. Os autores atribuíram os resultados a baixa densidade dos resíduos, pois o aumento no número de partículas acarretava em menor disponibilidade de adesivo por partícula, o que prejudicou a colagem.



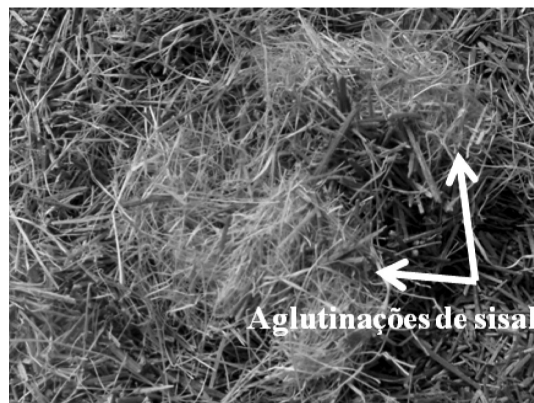
**Figura 1.** Relação entre a porcentagem de sisal utilizada e o módulo de elasticidade (MOE). \* Valor significativo ao nível de 5% de significância.

**Figure 1.** The relationship between the percentage of sisal used and modulus of elasticity (MOE). \*Value significant at 5% of significance.



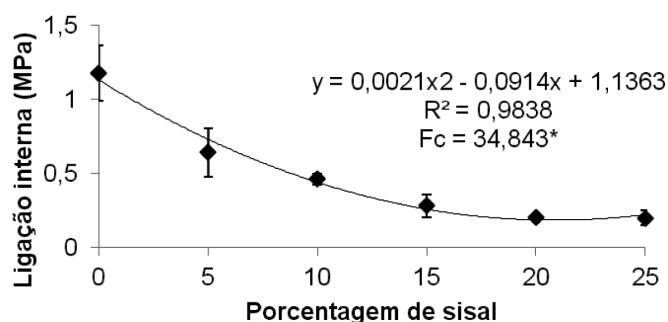
**Figura 2.** Relação entre a porcentagem de sisal utilizada e o módulo de ruptura (MOR). \* Valor significativo ao nível de 5% de significância.

**Figure 2.** Relationship between the percentage of sisal used and modulus of rupture (MOR). \*Value significant at 5% of significance.



**Figura 3.** Aglutinação do sisal durante a aplicação do adesivo formando tufos de feixes de sisal.

**Figure 3.** Sisal agglutination during application of the adhesive forming tufts of sisal bundles.



**Figura 4.** Relação entre a porcentagem de sisal utilizada e a propriedade de ligação interna. \* Valor significativo ao nível de 5% de significância.

**Figure 4.** Relationship between the percentage of sisal used and the internal linking property. \*Value significant at 5% of significance.

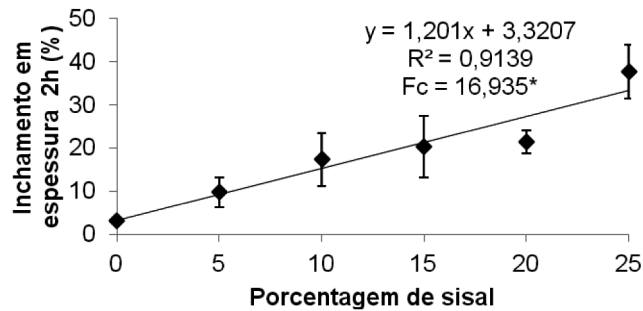
O valor mínimo de ligação interna exigido pela norma ANSI (1993) é de 0,40 MPa para o adesivo UF (classe MS). Sendo assim, os painéis com a substituição de até 15% de sisal foram os que atenderam aos requisitos mínimos.

### Inchamento em espessura e absorção de água

Os modelos de regressão ajustados em função do aumento da porcentagem de sisal,

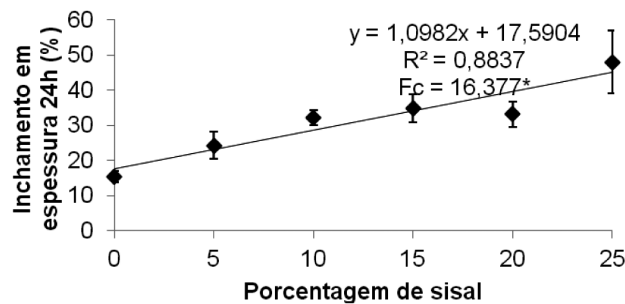
para os valores de inchamento em espessura e absorção de água, estão apresentados a seguir (Figuras 5 a 8).

Encontrou-se correlação significativa e positiva entre a porcentagem de sisal e os inchamentos em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água e absorção de água após 2 e 24 horas (Figuras 5 a 8). Esse resultado sugere que quanto maior a porcentagem de sisal utilizada, maior será a instabilidade dimensional do painel e



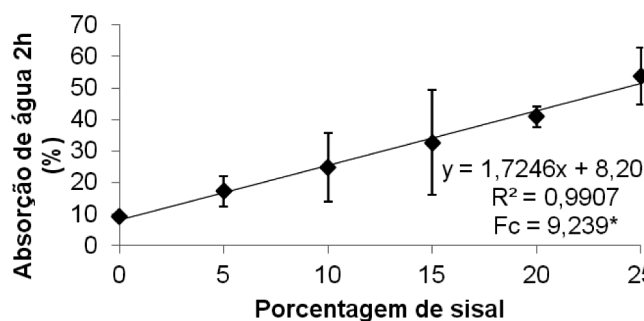
**Figura 5.** Relação entre a porcentagem de sisal utilizada e o inchamento em espessura após 2 horas (IE2h). \* Valor significativo ao nível de 5% de significância.

**Figure 5.** Relationship between the percentage of sisal used and thickness swelling after 2 hours. \*Value significant at 5% of significance.



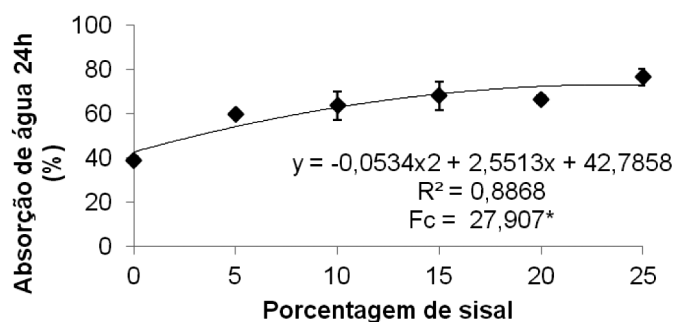
**Figura 6.** Relação entre a porcentagem de sisal utilizada e o inchamento em espessura após 24 horas (IE24h). \* Valor significativo ao nível de 5% de significância.

**Figure 6.** Relationship between the percentage of sisal used and thickness swelling after 24 hours. \*Value significant at 5% of significance.



**Figura 7.** Relação entre a porcentagem de sisal utilizada e a absorção de água após 2 horas (AA2h). \* Valor significativo ao nível de 5% de significância.

**Figure 7.** Relationship between the percentage of sisal used and water absorption after 2 hours. \*Value significant at 5% of significance.



**Figura 8.** Relação entre a porcentagem de sisal utilizada e a absorção de água após 24 horas (AA24h). \* Valor significativo ao nível de 5% de significância.

**Figure 8.** Relationship between the percentage of sisal used and water absorption after 24 hours. \*Value significant at 5% of significance.

maior será a absorção de água. Isso pode estar relacionado a grande porcentagem de celulose (>65%) encontrada no sisal, o que proporciona maior quantidade de sítios de ligação com as moléculas de água na região amorfa da celulose (MARTIN et al., 2009). Mendes et al. (2010) avaliando a incorporação de casca de café (25, 50 e 75%) em painéis de *Eucalyptus urophylla* também observaram os valores de AA24h e IE24h aumentando, conforme se aumentava a proporção de casca de café (70 para 90% e 19 para 27%, respectivamente). Scatolino et al. (2013) investigando a incorporação de sabugo de milho (0, 25, 50, 75 e 100%) em painéis de *Pinus oocarpa* observaram aumento dos valores de AA24h conforme se aumentou a proporção de sabugo de milho (74 para 95%), porém para IE24h observaram uma diminuição dos valores médios (37 para 32%). Os autores atribuíram essa diminuição dos valores médios de IE24h ao aumento da razão de compactação e a maior quantidade de extrativos do sabugo de milho.

Segundo Hillig et al. (2002) as propriedades físico-mecânicas dos painéis, em maior ou menor grau, são influenciadas pela razão de compactação e que valores baixos de razão de compactação não produzem bom contato entre as partículas, prejudicando a colagem e a resistência da chapa, além dos painéis apresentarem maiores espaços o que facilita a absorção de água.

A norma ANSI (1993) estipula valores apenas para o IE24h, sendo esse valor de 8% para os painéis produzidos com uréia-formaldeído. Sendo assim, nenhum dos painéis produzidos atendeu ao requisito mínimo estipulado pela norma.

## CONCLUSÕES

De maneira geral, a inclusão de feixes de sisal na produção de painéis MDP se mostrou prejudicial, uma vez que acarretou em piora de todas as propriedades analisadas.

Novas pesquisas devem ser feitas com objetivo de se estudar formas de melhorar a homogeneização do material e a aplicação do adesivo.

## AGRADECIMENTOS

Universidade Federal de Lavras, EMBRAPA Instrumentação, CAPES, FAPEMIG, CNPq.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE. ANSI A208.1: Mat-formed wood particleboard: Specification, 1993. Gaithersburg: National Particleboard Association, 1993.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D-1037. Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials. Philadelphia. Annual book of ASTM Standard. v. 04.09, 2006.
- BARROS FILHO, R. M. Painéis Aglomerados a Base de Bagaço de Cana-de-Açúcar e Resinas Uréia Formaldeído e Melanina Formaldeído. 2009. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais da Rede Temática em Engenharia de Materiais – REDEMAT – UFOP, CETEC, UEMG). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

- BRAZILIAN FIBRES. 2012. Disponível em: . Acesso em: 12 mar. 2013.
- CARVALHO, L. H.; CAVALCANTI, W. S. Propriedades mecânicas de tração de compósitos poliéster/tecidos híbridos sisal/vidro. **Polímeros: Ciência e tecnologia**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 33-37, 2006.
- DIN - NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. **DIN 52362**: Testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength. Berlin, p. 39-40, 1982
- HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de Pinus, Eucalipto e Acácia negra. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 59-65, 2002.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 274 p.
- JOSEPH, K.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, L. H. Compósitos de matriz poliéster reforçado por fibras curtas de sisal. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, p. 136-141, 1999.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. 2.ed. São Francisco: M. Freeman, 1993. 689 p.
- MARTIN, A. R.; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; SILVA, O. R. R. F. Caracterização química e estrutural de fibras de sisal da variedade *Agave sisalana*. **Polímeros: Ciência e tecnologia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 40-46, 2009.
- MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; MARTINS STANGERLIN, D. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3-4, p. 449-460, 2009.
- MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; SANTOS, R. C.; CÉSAR, A. A. S. Efeito da incorporação de casca de café nas propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 610-617, 2010.
- SCATOLINO, M. V.; SILVA, D. W.; MENDES, R. F.; MEDNES, L. M. Use of cob for production of particleboard. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 330-337, 2013.
- SORATTO, D. N.; CUNHA, A. B.; VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; COSTA, F. R. Efeitos da adição de cavaco com casca na qualidade de painéis MDP produzidos com *Eucalyptus* sp. **Ciência da madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 46-59, 2013.
- TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; CHIES, D. Utilização da madeira de *Cryptomaria japônica* para a produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 57-64, 2013.
- TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; PRATA, J. G. Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções com *Pinus* spp. para produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 343-350, 2011.
- VIEIRA, C. A. B.; MONDADORE, N. M. L.; FREIRE, E.; AMICO, S. C.; ZATTERA, A. J. Interferência da lavagem de fibras sobre o desempenho do sizing nas propriedades mecânicas em compósitos híbridos vidro/sisal. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, Bilbao, v. 10, n. 4, p. 222-234, 2009.

Recebido em 28/10/2013

Aceito para publicação em 19/09/2014