

# EFEITO DE ADITIVOS MINERAIS SOBRE AS PROPRIEDADES DE CHAPAS CIMENTO-MADEIRA<sup>1</sup>

Gilmar Correia Silva<sup>2</sup>, João Vicente de Figueiredo Latorraca<sup>3</sup>, Jair Figueiredo do Carmo<sup>2</sup> e Érika da Silva Ferreira<sup>2</sup>

**RESUMO** – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de dois tipos de aditivos minerais (microsilica e metacaulim) sobre as propriedades de chapas de cimento-madeira, aplicando-se diferentes teores aditivos (0, 20 e 30%). O aglomerante empregado na produção dos painéis foi o cimento Portland tipo ARI, juntamente com partículas de madeira de *Eucalyptus urophylla*. Os resultados indicaram que a adição dos aditivos minerais não causou melhorias significativas nas propriedades mecânicas avaliadas. Já, em relação às propriedades físicas, o efeito positivo da adição de 20% de microsilica pôde ser observado no ensaio de absorção em água após a imersão em 2 e 24 horas. O aditivo metacaulim não apresentou tendência clara, porém, de forma geral, a sua adição causou redução na qualidade das chapas.

Palavras-chave: Aditivos minerais, painéis cimento-madeira e *Eucalyptus urophylla*.

## ***EFFECT OF MINERALS ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF WOOD CEMENT-BONDED PARTICLEBOARD***

**ABSTRACT** – The objective of this work was to evaluate the effect of the two minerals additives (microsilica and meta-kaolin) on the properties of wood cement-bonded particleboard (WCBP) with different amounts (0%, 20% and 30%) of additives. Portland cement of high initial resistance was used in the production of panels as binder material. It was mixed with *Eucalyptus urophylla* wood particles to boards formation. The results indicated that the addition of mineral additives did not cause significant improvements in the evaluated mechanical properties. For physical properties, the positive effect of the addition of 20% microsilica can be observed on the absorption in water properties after 2 and 24 hours. The additive meta-kaolin did not present a clear trend, but, in general, the addition of this additive caused a reduction in the quality of boards.

Keywords: Minerals additives, wood-cement bonded particleboard, and *Eucalyptus urophylla*.

### **1. INTRODUÇÃO**

As chapas de cimento-madeira são muito versáteis e relativamente resistentes ao fogo e à umidade. Essa chapa já foi comparada com uma grande variedade de produtos. Destes, podem se destacar painéis à base de madeira, como compensados, chapas de média densidade e aglomerado à base de uréia-formaldeído. Além desses, podem ser enumerados, ainda, os painéis de fibrocimento, chapas de gesso e blocos de concreto (ROSELLI, 1989). Dados sobre propriedades mecânicas

(resistência à compressão, dureza e resistência à flexão), resistência à umidade, resistência à abrasão, trabalhabilidade, estabilidade dimensional etc. foram comparados entre esses produtos, e os resultados indicaram que os painéis de cimento-madeira apresentam grandes potencialidades técnicas.

Dix (1989) destacou o uso desses painéis para paredes de casas pré-fabricadas, bancadas (para-peito), pisos, revestimento de túneis, paredes divisórias, paredes isolantes térmicas e acústicas, portas corta-fogo, forros

<sup>1</sup> Recebido em 09.01.2004 e aceito para publicação em 05.04.2006.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais/IF/UFRRJ, 23890-000 Seropédica-RJ. E-mail: <gilmarcs@ufrrj.br>; <jfcarmo@ufrrj.br>; <erikaferreira@yahoo.com>.

<sup>3</sup> Departamento de Produtos Florestais/IF/UFRRJ, 23890-000 Seropédica-RJ. E-mail: <latorraca@ufrrj.br>.



de casas etc. A sua utilização não abrange somente residências, mas também pavilhões, estádios e edifícios públicos, estando presentes em banheiros, lavanderias, cozinhas etc.

Alguns aditivos têm sido empregados com o propósito de melhorar as propriedades dos painéis cimento-madeira, principalmente no intuito de aumentar a sua resistência à umidade.

Os aditivos minerais, como a sílica ativa ou microssílica, constituem um dos mais promissores aditivos para uso em chapas minerais (LANGE et al., 1989). De acordo com esses autores, a substituição do cimento Portland por várias porções de sílica tem efeito surpreendente sobre as propriedades de resistência das chapas feitas com espécies de baixa compatibilidade com o aglomerante. A efetiva proporção de sílica para substituir o cimento na mistura depende da aptidão da espécie.

A microssílica é um material extraído a partir da escória na fabricação de ligas metálicas, cinzas de cascas de arroz e de material restante das colheitas do grão. O metacaulim é uma substância encontrada na argila que é obtida no processo de fabricação do papel e celulose, escórias de usinas destinadas à produção do aço e cinza volante e do rejeito do carvão utilizado pelas usinas termelétricas. Os dois aditivos são caracterizados como materiais extremamente finos, de 10 a 100 vezes menor que o grão de cimento que preenche vazios entre os grãos maiores, propicia uma estrutura mais compacta, reage com a cal livre e melhora a resistência e durabilidade.

A adição de SILMIX (produto à base de sílica fume), de acordo com informações da Camargo (2000), deixa o composto impermeável. Em contato com hidróxido de cálcio, liberado pela hidratação do cimento, resulta na formação do silicato de cálcio hidratado (C-S-H). Essa ação provoca a redução considerável do tamanho dos poros. Ao mesmo tempo, eles ficam praticamente incomunicáveis entre si, impedindo a passagem de fluidos, melhorando significativamente a qualidade de cristalinização do cimento, tornando-o muito mais resistente à compressão e à tração (LATORRACA, 2000).

Neste trabalho, dois tipos comerciais de aditivos minerais (microssílica e metacaulim) foram testados com o objetivo de averiguar seus efeitos sobre as propriedades físicas e mecânicas de painéis cimento-madeira produzidos com partículas de *Eucalyptus*

*urophylla* e cimento Portland ARI, adicionando-se, ainda, o aditivo químico cloreto de cálcio.

## 2. MATERIALE MÉTODOS

Partículas de *E. urophylla* provenientes de quatro árvores coletadas aleatoriamente foram empregadas neste estudo como material lignocelulósico. Inicialmente, retiraram-se seções (discos com aproximadamente 3 cm de espessura) das toras, separando-se amostras para determinação da densidade básica. As demais seções foram levadas ao gerador de partícula e, em seguida, ao moinho de martelo para redução e homogeneização das partículas. Após secagem ao ar, as partículas foram peneiradas. As partículas que passaram pela peneira com abertura de 2,08 mm e ficaram retidas na peneira com abertura de 0,65 mm foram empregadas na composição dos painéis.

O aglomerante empregado foi de origem hidráulica, designado cimento CP V-ARI, que pela Norma Brasileira NBR 5733 (ABNT, 1990) significa cimento Portland de alta resistência inicial. Em todos os tratamentos foram empregados 4% do aditivo químico cloreto de cálcio com a função de reduzir o tempo total de pega e endurecimento da mistura cimento-madeira-água. Dois tipos de aditivos minerais encontrados no mercado foram testados: a microssílica e o metacaulim. A proporção utilizada foi de 0, 20 e 30% sob o peso do cimento, sendo testados cinco tratamentos, conforme Quadro 1.

Após o cálculo da quantidade de partículas de madeira, cimento, água e aditivos, foi feita a pesagem dos materiais equivalente a três painéis para cada tratamento. Em seguida, os mesmos foram misturados em uma betoneira, seguindo-se a metodologia aplicada por Latorraca (1996).

**Quadro 1** – Delineamento experimental  
*Table 1* – Treatments of the wood cement-bonded particleboards

Tratamentos	ADITIVOS		
	CaCl <sub>2</sub> (%)	MINERAL	
		Microssílica (%)	Metacaulim (%)
T 1	4	-	-
T 2	4	20	-
T 3	4	30	-
T 4	4	-	20
T 5	4	-	30

Retirada da betoneira, a massa total de cada painel foi devidamente pesada e distribuída aleatoriamente numa caixa formadora do colchão com as dimensões de 40 x 40 cm. Essa caixa foi colocada sobre uma chapa de alumínio untada com óleo mineral de baixa viscosidade. Realizou-se, então, a pré-prensagem para a diminuição da espessura do colchão. Retirando-se a caixa, duas barras de ferro foram colocadas para o controle da espessura final (1,6 cm) para, somente aí, sobrepor a outra chapa de alumínio também untada.

Já carregada com os três painéis e os aparatos para o grampeamento, a prensa foi fechada a uma pressão de 3,92 MPa. A prensagem a frio manteve a pressão desejada até os colchões atingirem a espessura dos separadores, para então se efetuar o grampeamento. Decorridas 24 horas de restrição, os grampos foram retirados e os painéis mantidos por mais 27 dias em câmara de climatização sob temperatura ( $20 \pm 1$ ) °C e umidade relativa ( $65 \pm 5$ ) % controladas para cura final (maturação) dos painéis.

As propriedades das chapas foram avaliadas de acordo com as normas ASTM D 1037 (ASTM1999) e DIN (1982), sendo adotados os seguintes ensaios:

#### Propriedades Mecânicas

- Flexão estática (FE) – Módulos de ruptura (MOR) e elasticidade (MOE) – DIN 52362 (DIN, 1982).
- Ligação interna (LI) – ASTM D1037 (ASTM, 1999).

#### Propriedades Físicas

- Inchamento em espessura (IE) 2 e 24 horas – ASTM D1037 (ASTM, 1999).
- Absorção de água (AA) 2 e 24 horas – ASTM D1037 (ASTM, 1999).

O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os resultados foram analisados estatisticamente, por meio da análise de variância (ANOVA) e do teste de Tukey a 5% de significância, todas as vezes que a hipótese de nulidade era rejeitada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Densidade dos Painéis

No Quadro 2, mostram-se os valores médios da densidade aparente dos painéis obtidos em cada

tratamento. De acordo com a ANOVA, as médias foram consideradas estatisticamente iguais. O controle em laboratório, durante a produção dos painéis, proporcionou a homogeneidade entre as densidades, não causando efeito sobre os tratamentos.

#### 3.2. Propriedades dos Painéis

##### 3.2.1. Ligação Interna (LI)

Observando os resultados de LI apresentados no Quadro 3, nota-se que a adição dos aditivos minerais não promoveram efeito significativo em relação à testemunha, não causando melhoria dos resultados nem quando se variaram os seus percentuais. Porém, analisando apenas os tratamentos em que os aditivos foram aplicados, notou-se que o aumento do percentual de 20 para 30% nos dois tipos de aditivos causou redução significativa na resistência à ligação interna. Comparando com dados de Latorraca (2000), no qual se utilizaram 10% de microssílica em painéis de *E. urophylla*, aquele estudo obteve o valor máximo de LI em torno de 0,304 MPa.

**Tabela 2** – Densidade aparente média dos painéis de cimento-madeira de cada tratamento

**Table 2** – Average density of the wood cement-bonded particleboards

Tratamento	DENSIDADE APARENTE* (g/cm <sup>3</sup> )
T <sub>1</sub>	1,35
T <sub>2</sub>	1,41
T <sub>3</sub>	1,38
T <sub>4</sub>	1,37
T <sub>5</sub>	1,35

(\*) Médias estatisticamente iguais entre os tratamentos, a 5% de significância.

**Quadro 3** – Valores médios de ligação interna (LI) de todos os tratamentos

**Table 3** – Average values of Internal Bond (IB) of the wood cement-bonded particleboards

Tratamento	LI	
	(MPa)	CV (%)
T <sub>1</sub>	0,68 ab	6,54
T <sub>2</sub>	0,75 a	6,44
T <sub>3</sub>	0,62 b	7,07
T <sub>4</sub>	0,71 a	13,92
T <sub>5</sub>	0,63 b	11,14

Média seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância.



O efeito causado sobre os painéis com o aumento do percentual dos aditivos minerais pode ser atribuído ao fato de que esse entra na mistura como um substituto do cimento. Como a principal função dos aditivos minerais é reduzir consideravelmente o tamanho dos poros, provavelmente o compósito ficou mais enfraquecido devido à redução da quantidade de cimento. Assim, à medida que aumenta o percentual dos aditivos, as chapas tendem a diminuir a sua resistência em ligação interna.

### 3.2.2. Flexão Estática – MOR e MOE

Para a propriedade de Módulo de Ruptura, o efeito da aplicação dos aditivos também não promoveu diferença estatística com a testemunha (Quadro 4). Entre os tratamentos que receberam a adição dos aditivos, a pior “performance” foi obtida quando se adicionaram 30% de metacaulim (T<sub>3</sub>), apesar de este não diferir estatisticamente do tratamento T<sub>3</sub>, ou seja, adição de 30% de microssílica.

Os valores apresentados para esse tipo de compósito foram bastante satisfatórios, comparando-se com os resultados obtidos por Lee (1984), que obteve um valor de 3,99 MPa, Souza (1994) com 6,07 MPa e Latorraca (2000) com 6,96 MPa, trabalhando com *E. urophylla*.

Para o MOE, não foi pronunciado o aumento da rigidez dos painéis mediante a adição dos aditivos minerais. Nesse caso, como pode ser observado no Quadro 4, apenas a adição de 20% de microssílica não produziu resultado estatístico diferente da testemunha. Todos os outros tratamentos produziram efeitos negativos nessa propriedade, especialmente quando foram adicionados 30% do metacaulim (1.821,1 MPa). Apesar disso, esses valores são superiores àqueles encontrados por Lee (1984), de 1.578,4 MPa, trabalhando com uma espécie de pinus dos sul do Estados Unidos.

### 3.2.3. Inchamento em Espessura

O efeito da adição dos aditivos para IE após duas horas de imersão em água não proporcionou diferença significativa entre as médias, como apresentado no Quadro 5.

Os resultados de IE após 24 horas de imersão em água indicaram menor variação dimensional nos tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, o que indica que o aditivo microssílica promove aumento na resistência à umidade. Apesar de esses tratamentos não terem diferido estatisticamente

dos tratamentos em que foi adicionado o metacaulim, deve-se observar que eles foram diferentes estatisticamente da testemunha, o que já não ocorreu com os tratamentos em que o metacaulim foi utilizado.

Esse resultado provavelmente está diretamente ligado à proteção oferecida pela matriz de cimento que envolve a partícula, associada à redução de poros proporcionada pelo aditivo mineral, especialmente a microssílica. Comparando-se com outros tipos de painéis, a exemplo do aglomerado convencional, o painel cimento-madeira, em média, apresenta resultados de variação dimensional extremamente baixos.

### 3.2.4. Absorção de Água

Os resultados de AA após duas horas de imersão em água apontaram para o melhor desempenho do tratamento T<sub>2</sub> com 4,35%, diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos. O tratamento T<sub>5</sub> apresentou menor desempenho entre os demais, com 6,26% de absorção em duas horas de imersão em água (Quadro 6).

**Quadro 4** – Valores médios de flexão estática (MOR e MOE)  
**Table 4** – Average values of the modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) of the wood cement-bonded particleboards

Tratamento	MOR		MOE	
	(MPa)	CV (%)	(MPa)	CV (%)
T <sub>1</sub>	21,01 ab	5,23	3.175,6 a	3,61
T <sub>2</sub>	23,25 a	8,74	3.121,5 a	5,14
T <sub>3</sub>	20,24 ab	9,32	2.432,4 b	7,20
T <sub>4</sub>	22,20 a	6,10	2.513,2 b	11,61
T <sub>5</sub>	18,32 b	8,14	1.821,1 c	4,78

Média Seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância.

**Quadro 5** – Valores médios de inchamento em espessura (IE) 2 e 24 horas

**Table 5** – Average values of thickness swelling at 2 hours and 24 hours of immersion of the wood cement-bonded particleboards

Tratamento	IE (%)			
	2 h	CV (%)	24 h	CV (%)
T <sub>1</sub>	0,68 <sup>a</sup>	8,00	1,49 b	14,38
T <sub>2</sub>	0,56 <sup>a</sup>	12,27	1,21 a	11,72
T <sub>3</sub>	0,69 <sup>a</sup>	9,44	1,29 a	16,79
T <sub>4</sub>	0,61 <sup>a</sup>	5,52	1,36 ab	13,53
T <sub>5</sub>	0,70 <sup>a</sup>	5,16	1,37 ab	8,61

Média seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância.

**Quadro 6** – Valores médios de absorção de água (AA) 2 e 24 horas

**Table 6** – Average values of water absorption at 2 hours and 24 hours of immersion of the wood cement-bonded particleboards

Tratamento	AA (%)			
	2 h	CV (%)	24 h	CV (%)
T <sub>1</sub>	5,41 b	11,22	8,51 a	10,98
T <sub>2</sub>	4,35 a	14,56	9,00 ab	9,65
T <sub>3</sub>	5,29 b	18,94	10,76 c	10,53
T <sub>4</sub>	5,17 b	12,83	10,02 bc	10,46
T <sub>5</sub>	6,26 c	4,40	10,57 c	4,26

Média seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância.

Os valores encontrados após 24 horas de imersão em água apontaram comportamento diferenciado do anterior (após 2 horas), destacando-se os tratamentos T<sub>1</sub> (8,51%) e T<sub>2</sub> (9,00%). A pior “performance” foi verificada nos tratamentos T<sub>3</sub> e T<sub>5</sub>, esse último apresentando novamente o pior efeito entre os tratamentos e demais propriedades em virtude da porcentagem e do tipo de aditivo aplicado. Comparando os resultados com aqueles obtidos por Del Menezzi e Souza (2000), utilizando a mesma espécie e sem a presença de aditivo mineral, esses autores obtiveram a média de 38% de absorção após 24 horas, ou seja, uma variação elevada com relação à encontrada neste trabalho.

No geral, a adição dos aditivos, em maior proporção, resultou em aumento na absorção de água pelas chapas.

#### 4. CONCLUSÕES

A adição dos aditivos minerais microssílica e metacaulim a 20% e 30% não proporcionou aumento significativo nas propriedades mecânicas dos painéis produzidos.

De forma geral, o aumento do percentual de 20 para 30% dos dois aditivos causou redução nas propriedades mecânicas dos painéis, especialmente quando se utilizou o aditivo metacaulim. A utilização de 30% do aditivo metacaulim na composição dos painéis é menos indicada em função da pior “performance” em relação às demais composições.

A adição de aditivo mineral na composição dos painéis proporcionou resultados significativos nas

propriedades físicas dos painéis, principalmente no inchamento em espessura (24 h) e absorção de água (2 h), o que indica que o aditivo mineral, em especial a microssílica, promove aumento na resistência dos painéis à umidade.

Com relação ao percentual de aditivo sobre as propriedades, os melhores efeitos foram observados na proporção de 20% de microssílica.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e a CAPES, que colaboraram para a realização deste estudo.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. ASTM D 1037 - **Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials**. Philadelphia: 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5733 - **Cimento Portland de alta resistência inicial**. Rio de Janeiro: 1990. 5 p.

CAMARGO CORREA METAIS S/A. **Sílica fume: SILMIX**, Catálogo, 2000.

DEL MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R. **Influence of bark on properties of wood-cement particleboards made from eucalypt**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WOOD AND WOOD FIBER COMPOSITES. **Proceedings...** Stuttgart: 2000. p. 423-428.

DIX, R. J. H. **the principles of cement-bonded particleboard manufacturing**. In: INORGANIC bonded wood and fiber composite materials. Session III: Industrial manufacturing processes. Washington: 1989. v. 1, p.61-62.



- LANGE, H.; SIMATUPANG, M. H.; NEUNAUER, A. **Influence of latent hydraulic binders on the properties of wood-cement composite.** In: INORGANIC BONDED WOOD AND FIBER COMPOSITE MATERIALS. SESSION II: RAW MATERIAL CONSIDERATIONS, 1., 1989, Washington. **Proceedings...** Washington: 1989. p. 48-52.
- LATORRACA, J. V. F. **Estudo da viabilidade do uso da espécie *Eucalyptus dunnii* (Maid) na manufatura de painéis de madeira-cimento.** 1996. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.
- LATORRACA, J. V. F. ***Eucalyptus* spp. na produção de painéis de cimento-madeira.** 2000. 191f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- LEE, A. W. C. Physical and mechanical properties of cement bonded southern pine excelsior board. **Forest Products Journal**, v. 34, n. 4, p. 30-34, 1984.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materias.** São Paulo: Pini, 1994. 309 p.
- MOSLEMI, A. A.; PFISTER, S. C. The influence of cement/wood ratio and cement type on bending strength and dimensional stability of wood-cement composite panels. **Wood and Fiber Science**, v. 19, n. 2, p. 165-175, 1987.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. 455p.
- NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. DIN 52362 - **Testing of wood chipboards, bending test, determination of bending strength.** Germany: 1982. p. 39-40.
- ROSCELLI, V. A. **Markets for cement-bonded particleboard in the United States.** In: INORGANIC Bonded Wood and Fiber Composite Materials. Session IV: Product properties, applications, & markets. Washington: 1989. v. 1. p. 138-140.
- SOUZA, M. R. **Durability of cement-bonded particleboard made conventionally and carbon dioxide injection.** 1994. 123f. Tese (Doctor of Philosophy). University of Idaho, Idaho, 1994.