

EFEITOS DO TRATAMENTO DAS PARTÍCULAS DE *Eucalyptus dunnii* (Maid), DA VARIAÇÃO DA RELAÇÃO MADEIRA-CIMENTO E DO USO DE ADITIVOS SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE CHAPAS DE MADEIRA-CIMENTO

João Vicente de Figueiredo Latorraca¹ e Setsuo Iwakiri²

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do tratamento das partículas, da variação da relação madeira:cimento e da utilização de aditivos químicos sobre as propriedades físicas e mecânicas das chapas minerais fabricadas com partículas de *Eucalyptus dunnii* (Maid) combinada com cimento portland. Foram empregados três tratamentos de partículas (partículas sem tratamento, tratadas com água quente por 1 h a 80°C e tratadas com NaOH a 1%, por 24 h), duas relações madeira:cimento (1:2,5 e 1:3,0) e dois aditivos químicos (CaCl₂ e MgCl₂). Foram realizadas análises das propriedades físicas e mecânicas das chapas e os resultados demonstraram que, dentre os três fatores analisados, o tratamento das partículas foi o que causou efeito mais pronunciado sobre as propriedades das chapas, interferindo negativamente nos resultados. O aditivo químico que melhor desempenho apresentou foi o MgCl₂.

PALAVRAS-CHAVES: Chapas minerais, chapa de madeira-cimento, *Eucalyptus dunnii*, propriedades físicas e mecânicas.

EFFECT OF PARTICLE TREATMENT OF *Eucalyptus dunnii* (Maid), WOOD:CEMENT RATIO AND ADDITIVES ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD-CEMENT BOARDS

ABSTRACT: This research assessed the technical feasibility of the production of mineral boards, through the utilization of *Eucalyptus dunnii* particles, and evaluated the particles treatments efficiency, the influence of the wood:cement ratio variation and the use of chemical additive. The used cement was the commercially available Portland type. Three particles treatments were analyzed: particles without treatment; particles treated with hot water for 1 hour at 80 °C; and particles treated with NaOH 1% for 24 hours; two wood:cement ratios (1:2.5 and 1:3.0), two chemical additives (CaCl₂ and MgCl₂) and their effects over physical and mechanical properties of boards. The assessed physical and mechanical properties were: static bending; parallel compression; internal bond; and dimensional stability (water absorption and thickness swelling after immersion in water). The results were statistically analyzed through factorial analysis of covariance. Among the analyzed factors, particles treatments caused a more pronounced effect on the boards properties, with a negative contribution to the results. The increment of the wood:cement ratio did not showed higher average values for the mechanical properties, except for the internal bond. In general, MgCl₂ was the chemical additive with better performance.

KEY-WORDS: Wood-cement boards, mineral boards, *Eucalyptus dunnii*, physical and mechanical properties.

¹ Departamento de Produtos Florestais, UFRRJ – CP: 74.527, SEROPÉDICA/RJ, 23.851-970, jvicente@ufrj.br.

² Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, UFPR – Av. Lothário Meissner, 3400, 80.210-170 - Curitiba, PR, setzuo@cwb.matriz.com.br.

1. INTRODUÇÃO

A utilização do cimento como aglutinante em chapas minerais iniciou-se em 1928, mas, somente após a II Guerra Mundial é que este emprego ampliou-se. A produção em larga escala de chapas de madeira-cimento surgiu em 1976 na Alemanha e, atualmente, essas chapas são bastante utilizadas também no Japão e na Suíça. Sua boa aceitação se deve, entre outros fatores, à resistência ao ataque de fungos e cupins, bom isolante térmico e acústico, virtualmente incombustível e de fácil trabalhabilidade (Chittenden *et al.*, 1975; Sorfa e Bongers, 1983; Lee, 1984).

Vários fatores contribuem para que a utilização das chapas de madeira-cimento ganhe uma posição de destaque entre os produtos florestais. Dentre eles, pode-se destacar o custo do aglutinante utilizado (cimento) que, comprovadamente, é inferior ao custo das resinas sintéticas. Porém, algumas limitações, como a incompatibilidade de várias espécies, podem, de certa forma, restringir o seu emprego, o que ocorre devido a presença de algumas substâncias químicas na madeira (carboidratos e taninos), que retardam o endurecimento do cimento, prejudicando as propriedades finais da chapa (Simatupang *et al.*, 1978; Lee, 1984; Moslemi e Ahn, 1980).

Apesar desta restrição, várias pesquisas, ainda que poucas realizadas no Brasil, têm mostrado que tratamentos adequados são capazes de transformar espécies incompatíveis em aceitáveis, minimizando assim seus efeitos inibidores. Os tratamentos incluem basicamente a extração das substâncias químicas inibidoras, por meio da imersão das partículas em água quente e, ainda, adição de substâncias químicas aceleradoras da pega do cimento (Parker, 1947; Singh, 1975 e 1976; Simatupang *et al.*, 1978; Moslemi, *et al.* 1983). O conhecimento e a aplicação desses tratamentos implicam em aumentar a quantidade do número das espécies

que podem ser utilizadas em combinação com o cimento para produção de chapas minerais.

A produção de chapas de madeira-cimento no Brasil é ainda inexistente em escala industrial, apesar de ser um produto já consolidado em diversos países. Estas, quando comparadas a outros tipos de chapas, como compensados e sarrafeados, apresentam menores exigências em relação à matéria-prima (madeira), quanto à sua forma, dimensões, defeitos naturais, etc. O seu processo de produção é caracterizado principalmente por um baixo consumo de energia, por tratar-se de um processo exotérmico (Musokotwane, 1982).

O emprego dessas chapas é promissor, considerando a possibilidade e a necessidade de melhor utilização dos resíduos gerados tanto na exploração florestal, como no processamento industrial, no qual ainda são altamente desprezados. Essa prática resultaria em aumentar o valor agregado da madeira, minimizaria os depósitos de resíduos e possibilitaria a instalação de novas empresas, gerando receitas e novos empregos.

Os principais objetivos desta pesquisa foram: avaliar a eficiência dos tratamentos das partículas da espécie *Eucalyptus dunnii* (Maid), o efeito dos aditivos químicos aceleradores da pega do cimento e o efeito da variação da relação madeira:cimento sobre as propriedades físicas e mecânicas das chapas manufaturadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A espécie utilizada neste estudo foi o *Eucalyptus dunnii* (0,69 g/cm³), com 14 anos de idade, proveniente de um reflorestamento da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no município de Colombo, estado do Paraná, onde foram coletadas, no total, cinco árvores. O aglutinante empregado foi o cimento portland, comumente encontrado no comércio varejista. Foram empregados cloreto de cálcio

(CaCl₂) e cloreto de magnésio (MgCl₂) como aditivos químicos, com a função de acelerar a pega do cimento.

No delineamento experimental foram incluídos três fatores, a saber: três níveis de tratamento das partículas, duas relações madeira:cimento e dois aditivos químicos (Tabela 1). A combinação desses fatores gerou um total de doze tratamentos e, para cada tratamento, cinco chapas foram confeccionadas, num total de sessenta painéis.

As seguintes fases foram seguidas para a manufatura das chapas: obtenção e preparação das partículas, cálculo da composição do painel, mistura dos materiais, formação do colchão, prensagem das chapas e acondicionamento.

As partículas foram geradas com as dimensões de 3,6 cm de comprimento, 0,07 cm de espessura e largura variável, utilizando-se um equipamento constituído por um disco porta facas, projetado por um fabricante autônomo (Figura 1).

Para o cálculo dos componentes de cada painel foi empregada a metodologia descrita por

Souza (1994), visando à produção de uma chapa com densidade média de 1,2 g/cm³. Com o auxílio de um sistema de ar comprimido (aspersor), aplicou-se inicialmente o aditivo químico diluído em parte da água sobre as partículas já colocadas dentro de uma betoneira em movimento. Posteriormente, adicionou-se o cimento e, novamente com o aspersor, aplicou-se o excedente da água sobre a massa. Ao final dessa última etapa, aproximadamente 45 minutos depois, a mistura já se encontrava homogeneizada. Retirada da betoneira, a massa total de cada chapa era devidamente pesada, separada e distribuída aleatoriamente numa moldura de madeira formadora do colchão com as dimensões de 38,5 cm de largura e 50,5 cm de comprimento. Esta moldura era colocada sobre uma chapa de alumínio untada com óleo para motores, com o propósito de se evitar que a massa aderisse à mesma. Antes da retirada da moldura formadora, foi realizada uma pré-prensagem para a diminuição da espessura do colchão e melhor acomodação das partículas.

Tabela 1. Delineamento experimental.
Table 1. Experimental designing.

ESPÉCIE	FATORES			TRATAMENTOS
	TRATAMENTO DAS PARTÍCULAS (A)	RELAÇÃO MADEIRA:CIMENTO* (B)	ADITIVOS QUÍMICOS (C)	
<i>Eucalyptus dunnii</i>	Sem tratamento (testemunha)	1:2,5	CaCl ₂ (3 %)	T ₁
			MgCl ₂ (3 %)	T ₂
	CaCl ₂ (3 %)		T ₃	
	MgCl ₂ (3 %)		T ₄	
	CaCl ₂ (3 %)		T ₅	
	MgCl ₂ (3 %)		T ₆	
	Imersão em água quente 80°C/1 h	1:3,0	CaCl ₂ (3 %)	T ₇
			MgCl ₂ (3 %)	T ₈
	CaCl ₂ (3 %)		T ₉	
	MgCl ₂ (3 %)		T ₁₀	
	CaCl ₂ (3 %)		T ₁₁	
	MgCl ₂ (3 %)		T ₁₂	
Imersão em NaOH (1 %) 24 hs				

* Relação massa/massa, baseada no peso do cimento



Figura 1. Equipamento utilizado para a obtenção das partículas.

Figure 1. *Equipment for particle manufacturing.*

Retirando-se a moldura, duas barras de ferro foram colocadas para o controle da espessura final (separadores de 1,5 cm) no sentido do comprimento do colchão, para, somente aí, sobrepor a outra chapa de alumínio também untada com óleo. Já carregada com cinco painéis e os aparatos para o grampeamento, a prensa era fechada a uma pressão de 40 kg/cm². Com a prensagem a frio, aplicava-se e mantinha-se a pressão desejada até que os colchões atingissem a espessura dos separadores. Só então efetuava-se o grampeamento (Figura 2).

A prensa era aberta somente uma hora após iniciada a prensagem. A seguir, durante 23 horas, ocorria a fase de endurecimento com a

restrição por grampeamento da pilha de painéis, para que, dessa forma, fosse mantida a espessura desejada. Decorridas 23 horas de restrição, os grampos eram retirados e as chapas empilhadas cuidadosamente e mantidas por mais 20 dias em câmara de climatização a uma temperatura de $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e a $65 \pm 1\%$ de umidade relativa para o endurecimento final (maturação) dos painéis.

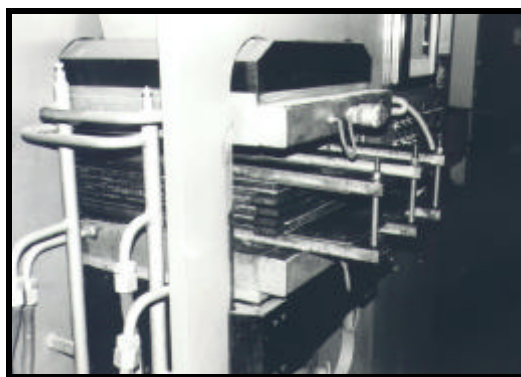


Figura 2. Detalhe do grampeamento durante a prensagem das chapas.

Figure 2. *Clamping detail during boards pressing.*

Para avaliação das propriedades das chapas adotaram-se os procedimentos estabelecidos na norma americana ASTM D-1037 (1982). As propriedades avaliadas foram: flexão estática (módulo de elasticidade - MOE e módulo de ruptura - MOR), compressão paralela (CP), ligação interna (LI), absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE) 2 h e 24 h de imersão em água.

Na avaliação dos dados obtidos, optou-se pela análise fatorial de covariância, dando-se ênfase à natureza dos tratamentos, em razão da dificuldade de se obter um perfeito controle da densidade do painel. Para comparação entre as médias ajustadas pela covariância, utilizou-se o teste de Tukey sempre que a hipótese nula era rejeitada por meio do teste F.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Propriedades mecânicas

Na Tabela 2 podem-se observar os resultados da análise fatorial de covariância e os valores médios ajustados para cada propriedade mecânica estudada. Verifica-se que os fatores, isoladamente, influenciaram significativamente todas as variáveis, com exceção do fator aditivo químico (C) na variável MOR. A única interação que causou efeito significativo em todas as propriedades foi A-C (tratamento de partículas e aditivos químicos), enquanto que a interação A-B-C não apresentou, em nenhuma delas, influências significativas. Por meio do teste de médias verificou-se, com exceção do MOE, que o tipo de tratamento de partículas que proporcionou diferenças significativas entre as médias foi a imersão em NaOH (1%) por 24 horas, originando valores abaixo dos obtidos para a testemunha, contribuindo negativamente nos resultados. Nota-se que o aumento da proporção do cimento em relação à madeira só proporcionou melhores resultados na ligação interna, que foi altamente influenciada por este fator. O aditivo químico $MgCl_2$ gerou os maiores valores médios em todas as variáveis, comportando-se, assim, de forma mais eficaz.

A análise fatorial de covariância demonstrou que a interação B-C (relação madeira:cimento e aditivo químico) e a interação A-B-C (tratamento de partículas, relação madeira:cimento e aditivo químico) não foram significativas. A única exceção foi a interação B-C para o módulo de ruptura, em que a combinação entre a relação madeira-cimento 1:3,0 e o aditivo químico $CaCl_2$ gerou uma média diferenciada de todas as outras.

Os painéis manufacturados com partículas sem tratamento, com uma relação madeira:cimento 1:2,5 e aditivo químico cloreto

de magnésio (Tratamento 2), foram os que apresentaram o maior valor médio ajustado de MOE, 44.005 kgf/cm². Observou-se uma redução nos valores de MOE quando se utilizou NaOH para tratar as partículas.

Para a variável módulo de ruptura (MOR), verificou-se que o maior valor (47,94 kgf/cm²) foi obtido para as chapas manufacturadas com partículas que não sofreram tratamento, com uma relação madeira:cimento de 1:2,5 e com o aditivo químico $CaCl_2$ (Tratamento 1). Semelhante ao que ocorreu para o MOE, observou-se também uma redução nos valores de MOR quando se utilizou NaOH para tratar as partículas.

Com relação aos valores médios ajustados para compressão paralela (CP) dos doze tratamentos, a combinação de partículas que não receberam tratamentos com a relação madeira:cimento de 1:2,5 e aditivo químico cloreto de magnésio (Tratamento 2) foi a que melhor resultado apresentou, ou seja, 53,86 kgf/cm² de resistência. Os painéis cujas partículas foram tratadas com NaOH, a exemplo do ocorrido nos ensaios anteriores, proporcionaram baixos valores médios, comparados aos resultados de partículas sem tratamento e tratadas com água quente.

Para o teste de ligação interna (LI), os painéis manufacturados com as partículas não tratadas, com uma relação madeira:cimento 1:3,0 e o uso do aditivo químico cloreto de magnésio (Tratamento 8), apresentaram o maior valor médio de ligação interna, de 1,31 kgf/cm². Observou-se uma redução nos valores de ligação interna quando se utilizou NaOH para tratar as partículas, quando combinado com a relação madeira:cimento 1:2,5 e não com a proporção 1:3,0, o que explica a alta influência da relação madeira:cimento para esta propriedade.

Tabela 2. Valores médios ajustados pela análise de covariância das propriedades mecânicas para cada fator e suas interações.
 Table 2. Average values adjusted through analysis of covariance of the mechanical properties for each factor and their interactions.

FONTE DE VARIAÇÃO		PROPRIEDADES MECÂNICAS			
FATORES/NÍVEIS - INTERAÇÕES		Módulo de elasticidade (kgf/cm ²)	Módulo de ruptura (kgf/cm ²)	Compressão paralela (kgf/cm ²)	Ligação interna (kgf/cm ²)
A – Tratamento das partículas		S	S	S	S
1 – Testemunha		34.502 ^A	40,81 ^A	42,55 ^A	0,95 ^A
2 – Imersão em água quente 80°C/1 h		28.172 ^B	37,70 ^A	43,33 ^A	0,87 ^A
3 – Imersão em NaOH (1%) 24 h		19.924 ^C	26,07 ^B	27,39 ^B	0,66 ^B
B – Relação madeira:cimento		S	S	S	S
1 – 1:2,5		30.063 ^A	38,90 ^A	41,88 ^A	0,63 ^A
2 – 1:3,0		25.003 ^B	30,11 ^B	33,63 ^B	1,02 ^B
C – Aditivos químicos		S	NS	S	S
1 – CaCl ₂ (3%)		24.930 ^A	33,61	35,35 ^A	0,76 ^A
2 – MgCl ₂ (3%)		30.136 ^B	36,11	40,16 ^B	0,89 ^B
A x B		S	S	S	NS
	A ₁ x B ₁	39.222 ^A	47,61 ^A	50,62 ^A	0,77
	A ₁ x B ₂	29.782 ^B	40,85 ^{AB}	47,47 ^A	0,71
	A ₂ x B ₁	30.865 ^C	28,23 ^{CD}	27,56 ^B	0,42
	A ₂ x B ₂	25.480 ^B	34,00 ^{BC}	34,48 ^C	1,14
	A ₃ x B ₁	20.103 ^{BC}	34,56 ^{BC}	39,17 ^C	1,02
	A ₃ x B ₂	19.745 ^C	23,91 ^D	27,22 ^B	0,90
A x C		S	S	S	S
	A ₁ x C ₁	30.438 ^A	38,37 ^{ABC}	39,69 ^{AB}	0,85 ^{AB}
	A ₁ x C ₂	38.567 ^B	43,25 ^B	45,41 ^{BC}	1,05 ^B
	A ₂ x C ₁	21.885 ^C	33,45 ^{CD}	38,52 ^A	0,74 ^{AC}
	A ₂ x C ₂	34.460 ^{BC}	41,96 ^{AB}	48,14 ^C	0,99 ^{BC}
	A ₃ x C ₁	22.467 ^C	29,01 ^{DE}	27,84 ^D	0,70 ^A
	A ₃ x C ₂	17.381 ^C	23,12 ^E	26,94 ^D	0,63 ^A
B x C		NS	S	NS	NS
	B ₁ x C ₁	28.161	41,26 ^A	39,87	0,62
	B ₁ x C ₂	31.965	36,54 ^{AB}	43,90	0,65
	B ₂ x C ₁	21.698	25,97 ^C	30,83	0,90
	B ₂ x C ₂	28.307	35,68 ^B	36,43	1,14
A x B x C		NS	NS	NS	NS
	A ₁ x B ₁ x C ₁	34.440	47,94	47,38	0,74
	A ₁ x B ₁ x C ₂	44.005	47,29	53,86	0,80
	A ₂ x B ₁ x C ₁	25.015	40,06	45,13	0,65
	A ₂ x B ₁ x C ₂	36.714	41,64	49,80	0,77
	A ₃ x B ₁ x C ₁	25.029	35,77	27,09	0,48
	A ₃ x B ₁ x C ₂	15.176	20,68	28,04	0,37
	A ₁ x B ₂ x C ₁	26.436	28,80	32,00	0,97
	A ₁ x B ₂ x C ₂	33.129	39,20	36,95	1,31
	A ₂ x B ₂ x C ₁	18.754	26,85	31,90	0,83
	A ₂ x B ₂ x C ₂	32.206	42,27	46,49	1,22
	A ₃ x B ₂ x C ₁	19.904	22,25	28,59	0,91
	A ₃ x B ₂ x C ₂	19.587	25,56	25,85	0,89

S = Valor calculado de F significativo a 95% de probabilidade; NS = Valor calculado de F não significativo a 95% de probabilidade.
 Letras diferentes denotam médias estatisticamente diferentes a 95% de probabilidade.

3.2. Propriedades físicas

Na Tabela 3 podem-se observar os resultados da análise fatorial de covariância e os

valores médios ajustados para cada propriedade física estudada. Verifica-se que os fatores, isoladamente, influenciaram significativamente em todas as variáveis, exceto o fator aditivo químico (C) em duas variáveis. As interações A-B e A-C foram as que causaram efeito significativo em todas as propriedades. Fato distinto do ocorrido com as propriedades mecânicas foi o efeito apresentado pela interação A-B-C que, com a exclusão da variável IE - 2 h, influenciou significativamente sobre todas as outras.

As variáveis inchamento em espessura 24 h e absorção de água 2 h não sofreram efeito do fator aditivo químico (C) isoladamente, não existindo, para estes dois casos, diferenças entre os dois aditivos empregados; para os outros casos (IE 2 h e AA 24 h), o $MgCl_2$ apresentou melhor resultado. A relação madeira:cimento de 1:3,0 foi preponderante para obtenção de valores médios inferiores, tanto de inchamento em espessura como em absorção de água, revelando uma correlação negativa, ou seja, aumentando-se a taxa de cimento em relação à madeira diminuem-se os valores de inchamento e absorção dos painéis. O tratamento de partícula em imersão em NaOH para as propriedades físicas também influenciou negativamente, originando os maiores valores médios. Após a imersão dos corpos de prova em água, verificou-se que o inchamento em espessura (IE), após o período de 2 horas, foi menos pronunciado naqueles painéis em que as partículas foram tratadas com água quente, a uma relação madeira:cimento de 1:3,0 e aditivo químico $CaCl_2$ (Tratamento 9 = 2,72%). Este mesmo comportamento, porém, não se repetiu após 24 h de imersão em água. Para este período, o melhor resultado foi obtido para as partículas que não sofreram tratamentos, a uma relação madeira:cimento de 1:2,5 e aditivo químico $MgCl_2$ (Tratamento 2 = 3,73%).

Semelhante ao que ocorreu nas propriedades mecânicas, os painéis cujas

partículas foram tratadas com NaOH apresentaram valores médios indesejáveis de inchamento em espessura, tanto após o período de 2 horas como também em 24 horas.

A absorção de água (AA), tanto após o período de imersão de 2 horas como 24 horas, foi menos pronunciada nos painéis que utilizaram partículas não tratadas, relação madeira:cimento de 1:2,5 e aditivo químico $MgCl_2$ (Tratamento 2), ou seja, 10,26% e 14,20%, respectivamente. De forma semelhante para os dois períodos (2 horas e 24 horas), o tratamento de partículas com NaOH fez com que resultados indesejáveis fossem produzidos, causando valores mais elevados de absorção de água quando comparados com os outros níveis de tratamento de partículas.

4. CONCLUSÕES

- Pela análise fatorial de covariância observou-se que, para todas as propriedades físicas e mecânicas estudadas, isoladamente, os fatores tratamento de partículas e relação madeira:cimento foram aqueles que mais influenciaram nos resultados obtidos.

- A ligação interna é influenciada diretamente pela variação da relação madeira:cimento, ou seja, aumentando-se a proporção de cimento em relação à madeira, obtêm-se melhores resultados em ligação interna.

- A variação na relação madeira:cimento de 1:2,5 para 1:3,0 implicou numa redução significativa dos valores médios nas propriedades módulo de elasticidade, módulo de ruptura e compressão paralela, enquanto que para a ligação interna ocorreu um aumento.

- A variação na relação madeira:cimento de 1:2,5 para 1:3,0 implicou numa redução significativa dos valores médios em todas as propriedades físicas estudadas.

Tabela 3. Valores médios ajustados pela análise de covariância das propriedades físicas para cada fator e suas interações.
 Table 3. Average values adjusted through analysis of covariance of the physical properties for each factor and their interactions.

FONTE DE VARIAÇÃO		PROPRIEDADES FÍSICAS			
FATORES/NÍVEIS - INTERAÇÕES		Inchamento em espessura (%)		Absorção de água (%)	
		2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
A – Tratamento das partículas		S	S	S	S
1 – Testemunha		3,10 ^A	4,12 ^A	13,53 ^A	16,46 ^A
2 – Imersão em água quente 80°C/1 h		3,34 ^A	4,49 ^A	14,81 ^B	18,90 ^B
3 – Imersão em NaOH (1%) 24 h		5,91 ^B	7,18 ^B	20,08 ^C	23,40 ^C
B – Relação madeira:cimento		S	S	S	S
1 – 1:2,5		4,92 ^A	6,04 ^A	16,90 ^A	20,52 ^A
2 – 1:3,0		3,32 ^B	4,49 ^B	15,37 ^B	18,66 ^B
C – Aditivos químicos		S	NS	NS	S
1 – CaCl ₂ (3%)		3,94 ^A	5,11	16,07	19,17 ^A
2 – MgCl ₂ (3%)		4,30 ^B	5,42	16,20	20,00 ^B
A x B		S	S	S	S
	A ₁ x B ₁	2,97 ^A	3,99 ^A	12,12 ^A	14,74 ^A
	A ₁ x B ₂	3,89 ^B	4,90 ^{AB}	14,97 ^B	19,66 ^B
	A ₂ x B ₁	7,89 ^C	9,22 ^C	23,62 ^C	27,15 ^C
	A ₂ x B ₂	3,23 ^{AB}	4,26 ^{AB}	14,94 ^B	18,18 ^D
	A ₃ x B ₁	2,80 ^A	4,08 ^A	14,64 ^B	18,13 ^D
	A ₃ x B ₂	3,93 ^B	5,13 ^B	16,54 ^D	19,65 ^B
A x C		S	S	S	S
	A ₁ x C ₁	3,17 ^A	4,23 ^A	14,48 ^A	16,64 ^A
	A ₁ x C ₂	3,03 ^A	4,02 ^A	12,57 ^B	16,29 ^A
	A ₂ x C ₁	3,58 ^A	4,84 ^A	14,80 ^A	18,50 ^B
	A ₂ x C ₂	3,11 ^A	4,14 ^A	14,81 ^A	19,29 ^B
	A ₃ x C ₁	5,05 ^B	6,24 ^B	18,94 ^C	22,36 ^C
	A ₃ x C ₂	6,77 ^C	8,11 ^C	21,23 ^D	24,44 ^D
B x C		NS	S	S	NS
	B ₁ x C ₁	4,87	6,10 ^A	17,31 ^A	20,30
	B ₁ x C ₂	4,97	5,97 ^A	16,49 ^{AB}	20,73
	B ₂ x C ₁	3,00	4,11 ^B	14,83 ^C	18,04
	B ₂ x C ₂	3,63	4,87 ^C	15,91 ^B	19,28
A x B x C		NS	S	S	S
	A ₁ x B ₁ x C ₁	3,14	4,25 ^A	13,98 ^B	15,29 ^A
	A ₁ x B ₁ x C ₂	2,80	3,73 ^A	10,26 ^A	14,20 ^A
	A ₂ x B ₁ x C ₁	4,44	5,86 ^{BC}	15,58 ^{AB}	19,80 ^{CD}
	A ₂ x B ₁ x C ₂	3,35	3,94 ^A	14,37 ^B	19,52 ^{CD}
	A ₃ x B ₁ x C ₁	7,03	8,20 ^D	22,39 ^D	25,81 ^E
	A ₃ x B ₁ x C ₂	8,76	10,25 ^E	24,85 ^E	28,48 ^F
	A ₁ x B ₂ x C ₁	3,21	4,21 ^A	14,99 ^B	17,99 ^{BC}
	A ₁ x B ₂ x C ₂	3,25	4,30 ^{AB}	14,89 ^B	18,38 ^{BC}
	A ₂ x B ₂ x C ₁	2,72	3,82 ^A	14,02 ^B	17,21 ^B
	A ₂ x B ₂ x C ₂	2,87	4,3 ^{AB}	15,25 ^B	19,06 ^{BCD}
	A ₃ x B ₂ x C ₁	3,08	4,29 ^{AB}	15,48 ^{BC}	18,92 ^{BCD}
	A ₃ x B ₂ x C ₂	4,78	5,97 ^C	17,60 ^C	20,39 ^D

S = Valor calculado de F significativo a 95% de probabilidade; NS = Valor calculado de F não significativo a 95% de probabilidade.
 Letras diferentes denotam médias estatisticamente diferentes a 95% de probabilidade.

- O aditivo químico MgCl₂ apresentou, de maneira geral, melhores resultados em praticamente todas as propriedades.

- Os tratamentos das partículas da espécie *Eucalyptus dunnii* com água quente e, principalmente, com hidróxido de sódio, nas

condições aplicadas neste estudo, mostraram-se inadequados, visto que proporcionaram resultados iguais e inferiores aos apresentados pela testemunha (partículas sem tratamento) basicamente em todas as propriedades.

- Pode-se considerar que a espécie *Eucalyptus dunnii* possui potencial para o uso em chapas de madeira-cimento. Apesar dos resultados obtidos não terem sido muito expressivos, há de se considerar que, como observado em todas as propriedades, os tratamentos das partículas contribuíram negativamente nos resultados. Por ser ele um fator amplamente mencionado na literatura, é plenamente esperado que, com o emprego de tratamentos mais eficazes, melhores painéis sejam produzidos e, conseqüentemente, bons resultados deverão ser alcançados.

- Dos doze tratamentos analisados, os tratamentos 1, 2, 4, 8 e 10 atendem às exigências mínimas do processo BISON para a propriedade módulo de elasticidade de painéis comerciais.

- Diante dos resultados obtidos, nota-se a importância dos tratamentos das partículas, uma vez que este fator afetou os resultados de todas as propriedades. Assim, recomenda-se, para futuras pesquisas, uma atenção especial no método a ser utilizado.

- Em relação aos tratamentos de partículas empregados neste estudo, períodos maiores que uma hora para imersão em água quente (80°C) podem ser investigados, a fim de se conhecer qual o período de tempo ideal a ser utilizado. Tratamento das partículas com NaOH deve ser estudado, variando-se a concentração em percentuais inferiores a 1%, bem como reduzindo o período do tempo de imersão na solução.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials.** In: Annual Book of ASTM Standard, ASTM D 1037-78B. Philadelphia, 1982.
- CHITTENDEN, A.E.; HAWKES, A.J.; HAMILTON, H.R. **Wood cement Systems.** New Delhi: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1975. 20p.
- LEE, A.W.C. Physical and mechanical properties of cement bonded southern pine excelsior board. **Forest Products Journal**, Madison, v.34, n.4, p.30-34, 1984.
- MOSLEMI, A.A.; AHN, W.Y. SEM Examination of Wood-Portland Cement Bonds. **Wood Science**, v.13, n.2, p.77-82, 1980.
- MOSLEMI, A.A.; GARCIA, J.F.; HOFSTRAND, A.D. Effect of various treatments and additives on wood-portland cement-water systems. **Wood and Fiber Science**, Madison, v.15, n.2, p.164-176, 1983.
- MUSOKOTWANE, India. E.O. **Particle moisture content effects on the physical and mechanical properties of magnesite cement-bonded particleboard.** Vancouver, 1982. Tese (Master of Science) - The University of British Columbia.
- PARKER, T.W. Sawdust-cement and other sawdust building products. **Chemistry and Industry**. [S.L.], London, p.593-596, set. 1947.
- SIMATUPANG, M.H.; SCHWARZ G.H.; BRÖKER F.W. Small scale plants for the manufacture of mineral-bonded wood composites. In: WORLD FORESTRY CONGRESS., 8., 1978, Jakarta. **Special paper**, Indonésia, 1978. 21p.
- SINGH, N.B. Influence of calcium gluconate with calcium chloride or glucose on the hydration of cements. **Cement and Concrete Research**, United States, v.5, n.6, p.545-550, 1975.
- SINGH, N.B. Effect of gluconates on the hydration of cement. **Cement and Concrete Research**, United States, v.6, n.4, p.455-460, 1976.
- SORFA, P.; BONGERS, J. **Wood-cement composite building units - Part II: Optimized products and manufacturing process.** Pretória: National Timber Research Institute, 1983. 28 p. (CSIR Special Report HOUT/304).
- SOUZA, M.R. **Durability of cement-bonded particleboard made conventionally and carbon dioxide injection.** Idaho, 1994. Tese (Doctor of Philosophy). University of Idaho. 123p.