

EFEITO DA CURA A VAPOR SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PAINÉIS DE CIMENTO-MADEIRA

**João Vicente de Figueiredo Latorraca¹
Setsuo Iwakiri²**

RESUMO

O estudo do efeito da cura a vapor sobre as propriedades mecânicas das chapas de cimento-madeira foi realizado com chapas produzidas com partículas de madeira da espécie *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake combinada com aditivo acelerador cloreto de cálcio e o cimento Portland tipo ARI (Alta resistência inicial). Os painéis foram submetidos a três períodos de cura (7, 14 e 28 dias) combinando cura a vapor numa temperatura de 60 °C e cura em câmara climática (20 ± 3°C e 65 ± 1%). Buscou-se identificar se os métodos de cura aplicados geraram resistências equivalentes entre os três períodos de cura utilizados. Diante dos resultados alcançados pôde-se concluir que a variação do tempo de exposição dos painéis em câmara de vapor proporcionou efeitos satisfatórios especialmente nas propriedades módulo de elasticidade na flexão e compressão paralela dos painéis, não apresentando efeito sobre o módulo de ruptura e ligação interna.

Palavras-chaves: Painéis de cimento-madeira, cura a vapor, *Eucalyptus urophylla*

ABSTRACT

EFFECT OF THE STEAM CURE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT-WOOD BONDED BOARDS

The effect of the steam cure on the mechanical properties of the boards was carried out with boards produced with *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake wood particles combined with chloride calcium additive (4%) and ARI Portland cement (Portland cement initial high resistance). The boards were submitted to 3 periods of cure (7, 14 and 28 days) combining steam cure (60 °C) and cure in a climated room (20 ± 3°C e 65 ± 1%). It was evaluated the mechanical properties of the boards, in which it was observed if such periods of exposure caused equivalent resistance. It can be concluded that: the variation of time the exposure of the boards in a climated steam caused satisfactory effects, especially in the mechanical properties elasticity modulus and parallel compression of boards, but it hasn't affected the rupture modulus and the internal bonding.

Key words: Cement-wood bonded board (CWBB), steam cure, *Eucalyptus urophylla*

INTRODUÇÃO

De acordo com MOSLEMI (1998), a concepção de misturar adesivo inorgânico com madeira ou

outros matérias lignocelulósicos proveniente da agricultura data da pré-história, quando se misturava palha de arroz ou trigo com barro para produzir um composto chamado de bloco ou tijolo

¹ DPF, IF, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² DETF, Universidade Federal do Paraná

de barro, onde, em muitos países menos desenvolvidos, ainda são utilizados. Esses compósitos, segundo ZUCCO (1999), eram empregados pelos Hebreus, que recorriam às fibras vegetais para reduzir a presença de fissuras em tijolos curados ao sol, além de torná-los mais leves.

Essa mesma concepção tem sido aplicada em tempos atuais, utilizando-se fibras ou partículas de madeira combinada com cimento Portland e outros materiais inorgânicos tais como gesso e magnesita (MOSLEMI, 1989).

Os painéis de cimento-madeira, tiveram a sua produção no início do século através de painéis de magnesita que eram geralmente de baixa qualidade em função de serem extremamente sensíveis à umidade. As chapas produzidas com cimento e partículas excelsior, desenvolvidas em 1927, tinham melhor resistência à água. O emprego da pressão para produção desses painéis só aconteceu depois da metade dos anos 30 do século passado. O desenvolvimento da tecnologia do processo de produção de aglomerados com resina sintética, possibilitou também o desenvolvimento de compósitos de cimento-madeira, uma vez que muitas das tecnologias eram também aplicáveis à produção de painéis de cimento-madeira.

A tecnologia de produção dos painéis de cimento-madeira é muito similar ao processo de produção de aglomerados com resina sintética. Esse tipo de painel (cimento-madeira) apresenta uma composição relativamente simples sendo constituído basicamente de partículas de madeira, cimento (Portland) e água, numa proporção de 1:3:1,5 (com base no peso). Aditivos químicos têm sido empregados com o propósito de reduzir o tempo de endurecimento do cimento, acelerando o desenvolvimento da resistência.

De acordo com HACHMI e CAMPBELL (1989), o compósito cimento-madeira é o único material estrutural que é altamente resistente ao fogo, à decomposição e aos insetos e, segundo DINWOODIE (1978), apresenta alta estabilidade. Além dessas características, incluem-se a excelente propriedade de isolante térmico e acústico e ainda a

fácil trabalhabilidade. LEE (1984), atribuiu a alta estabilidade dos painéis de cimento-madeira a dois principais fatores: primeiro que esse compósito contém muitos espaços vazios que permitem um inchamento interno e, segundo, que o revestimento do cimento ao redor da partícula restringe o inchamento da madeira.

O maior problema tecnológico, segundo HACHMI e CAMPBELL (1989), é que a resistência à adesão depende de várias características da madeira empregada. As madeiras mais utilizadas na manufatura desses painéis são de coníferas, exatamente por apresentarem propriedades, principalmente químicas, que as tornam mais compatíveis para serem combinadas com o cimento, não causando inibição da pega e endurecimento do mesmo.

Problemas que mais interferem na obtenção de painéis de cimento-madeira de boa qualidade foram avaliados por vários autores (WEATHERWAX e TARKOW, 1964; DAVIS, 1966; BIBLIS e LO, 1968; SINGH, 1975; MOSLEMI et al., 1983; SHUKLA et al., 1984; TEIXEIRA e GUIMARÃES, 1989; SOUZA, 1994; LATORRACA et al., 1999). Aqui duas linhas se destacam, a saber: o estudo das interações físicas e químicas entre a madeira e o cimento, e a redução do tempo de cura dos painéis.

Os painéis de cimento-madeira, segundo MOSLEMI (1998), são produzidos em plantas relativamente pequenas, quando comparadas às plantas de aglomerado convencional. Essa pequena capacidade é devido à lenta velocidade de cura dos painéis. As chapas, logo após serem grampeadas, são transferidas para uma câmara de cura para o endurecimento e o desenvolvimento da resistência e, de acordo com informações de SOLÓRZANO (1989) e DIX (1989), as mesmas permanecem ali por um período de 6 a 8 h a uma temperatura de 60^o C. Para VALENZUELA (1989), as chapas devem permanecer nessas câmaras para se obter uma boa hidratação do cimento e não deixar que ocorra perda de calor. Segundo o autor, o tempo de permanência nessas câmaras é de 8 a 12 h a uma temperatura de 70^o C. Com a elevação da temperatura de cura

aumenta-se a velocidade do endurecimento e resistência, segundo NEVILLE (1982). À pressão atmosférica o processo pode ser considerado como um caso especial de cura úmida.

Ao completar o processo de cura, as chapas são esquadrejadas e estocadas em pátio, por 10 a 14 dias (DIX, 1989; MOSLEMI, 1998). MOSLEMI (1998), mostrou resultados de pesquisas no Japão revelando que a inclusão de um autoclave na linha de produção e modificações na formulação dos materiais dos painéis, podem eliminar a necessidade de curar as chapas em pátio.

Após a maturação, os painéis são transportados para uma estufa de secagem, que assegurará que os mesmos ficarão com o teor de umidade entre 9 a 10% (DIX, 1989). Já condicionadas, as chapas recebem o acabamento final para que então possam estar disponíveis para comercialização (MOSLEMI, 1998).

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do acondicionamento de painéis de cimento-madeira em câmara de vaporização por períodos de exposição diferenciados.

MATERIAL E MÉTODOS

A espécie utilizada nesta pesquisa foi *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake procedente de um reflorestamento da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) localizado no município de Seropédica, RJ.

Foram coletadas, aleatoriamente, três árvores que foram seccionadas proporcionalmente à altura total do fuste de modo a se obter quatro toras. Das porções base, 25%, 50%, 75% e topo de cada árvore, foram extraídas seções de aproximadamente 30 cm de espessura, que foram utilizadas na análise para determinação da massa específica básica do *Eucalyptus urophylla*.

Inicialmente as toras foram descascadas e reduzidas em seções (discos) de aproximadamente 3 cm de espessura. Destes discos foram fabricados cavacos com dimensões aproximadas de 0,5 x 3 x 10

cm de espessura, largura e comprimento, respectivamente. Antes de serem moídos, estes cavacos foram ainda transformados mecanicamente na forma de “palitos” com dimensões de 0,5 x 1 x 3 cm. Após a moagem em moinho de martelo, as partículas foram secas ao ar livre.

As partículas foram homogeneizadas e classificadas em peneiras. As partículas selecionadas foram aquelas que passaram pela peneira de 2,08 mm de abertura e ficaram retidas na peneira de 0,61 mm.

Após a sua classificação, as partículas foram armazenadas e acondicionadas em câmara climática a uma temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$ e a $65 \pm 5\%$ de umidade relativa.

O aglomerante empregado foi de origem hidráulica, designado cimento Portland de alta resistência inicial, segundo a Norma Brasileira NBR 5733 (1990). Após a sua aquisição, os sacos de 50 kg de cimento foram embalados em sacos plásticos de modo a não absorverem água, evitando assim um possível início da reação de hidratação.

Foi empregado o aditivo químico cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). A quantidade utilizada foi de 4% com base no peso seco do cimento.

Para a manufatura de cada chapa, procedeu-se inicialmente o cálculo de cada componente, ou seja, a madeira, o cimento, a água e o aditivo. A metodologia empregada é sugerida por SOUZA (1992) e utilizada por LATORRACA (1996).

Devidamente pesados, os componentes foram misturados em uma betoneira. Primeiramente foram colocadas as partículas de madeira e a seguir pulverizou-se lentamente a água com o aditivo químico diluído. Este procedimento, segundo VALENZUELA (1989), é necessário para se obter uma umidificação homogênea das partículas evitando-se assim a formação de embolamentos. Em seguida, adicionou-se o cimento sobre as partículas umidificadas deixando-se a betoneira funcionando por aproximadamente cinco minutos.

Retirada da betoneira, a massa de cada painel foi devidamente pesada, separada e distribuída aleatoriamente na caixa formadora do colchão com

as dimensões de 385 mm de largura e 505 mm de comprimento. Esta caixa foi colocada sobre uma chapa de alumínio untada com óleo mineral de baixa viscosidade para facilitar a retirada do painel após sua prensagem e grampeamento. Retirando-se a caixa, duas barras de ferro de 15 mm foram colocadas no sentido do comprimento do colchão para o controle da espessura final. Somente aí se sobrepôs a outra chapa de alumínio também untada com óleo.

Já carregada com o painel e os aparatos para o grampeamento, a prensa foi fechada a uma pressão de 40 kg/cm². Na prensagem a frio, aplicava-se e mantinha-se a pressão desejada até que os colchões atingissem a espessura dos separadores, para que então se efetivasse o grampeamento. Logo em seguida a prensa foi aberta e durante 24 horas ocorria a fase de restrição por grampeamento. Durante este período os painéis foram mantidos sob condições naturais de umidade e temperatura. Após as 24 horas, os grampos eram retirados e as chapas acondicionadas de acordo com cada tratamento pré-estabelecido.

No estudo das propriedades mecânicas, MOE e MOR na flexão estática (Norma DIN 52362/1982), ligação interna (Norma ASTM D1037-28/1982) e compressão paralela (Norma ASTM D1037-34.22/1982) dos painéis de cimento-madeira, os seguintes parâmetros foram utilizados:

- ↪ Relação madeira:cimento ⇒ 1:2,75
- ↪ Relação água:cimento ⇒ 1:2,32
- ↪ Massa específica do painel ⇒ 1,2 g/cm³
- ↪ Dimensões do painel ⇒ 38,5cm largura, 50,5cm comprimento, 1,5cm espessura
- ↪ Quantidade de painéis por tratamento ⇒ 3 unidades
- ↪ Parâmetros de prensagem ⇒ pressão = 40 kg/cm², prensagem a frio, tempo de grampeamento = 24 hs

Objetivando obter um ganho de resistência e simular o processo industrial, dois processos de cura dos painéis foram aplicados neste estudo (tabela 1). No primeiro tipo, após a retirada dos grampos (24 h), os painéis simplesmente foram armazenados em uma câmara climática com

temperatura e umidade relativa controladas ($20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e $65 \pm 1\%$) por períodos de 6, 13 e 27 dias, onde foram ensaiados os corpos-de-prova (T_6 , T_7 e T_8). No segundo, os painéis, logo após a retirada dos grampos, foram acondicionados em uma câmara vaporizada (Figura 1) com uma temperatura de 60°C , por períodos de 3, 10 e 24 dias.

Para as chapas acondicionadas no período de três dias, os corpos-de-prova foram ensaiados no 7^o e no 28^o dia, a contar do dia da manufatura das mesmas. Para as chapas acondicionadas no período de dez dias, os corpos-de-prova foram ensaiados no 14^o e no 28^o dia e, para as chapas acondicionadas no período de 24 dias, os corpos-de-prova foram ensaiados no 28^o dia (tabela 1).

Após serem retirados da câmara de vaporização, os painéis passaram por uma secagem de três horas em estufa com ventilação de ar forçada a uma temperatura de 60°C e, em seguida, foram levados para câmara climática completando o período de maturação. Assim sendo, em todos os tratamentos, os painéis encerraram seu período de maturação na câmara climática.

Análise de variância foi empregada para se analisar estatisticamente os dados obtidos de todas as propriedades mecânicas investigadas. O teste Tukey foi aplicado para comparação entre médias todas as vezes que a hipótese da nulidade foi rejeitada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa específica básica determinada para madeira de *Eucalyptus urophylla* foi 0,58 g/cm³ (coeficiente de variação = 8,62%).

Os resultados médios da massa específica dos painéis para cada tratamento realizado são apresentados na tabela 2. Nota-se nesta tabela que as médias foram consideradas iguais estatisticamente. O tratamento T_6 ($V_{00}E_{28}$) é o tratamento referência (testemunha). Neste tratamento as chapas foram curadas em câmara climática (V_{00}) e os ensaios foram realizados no 28^o

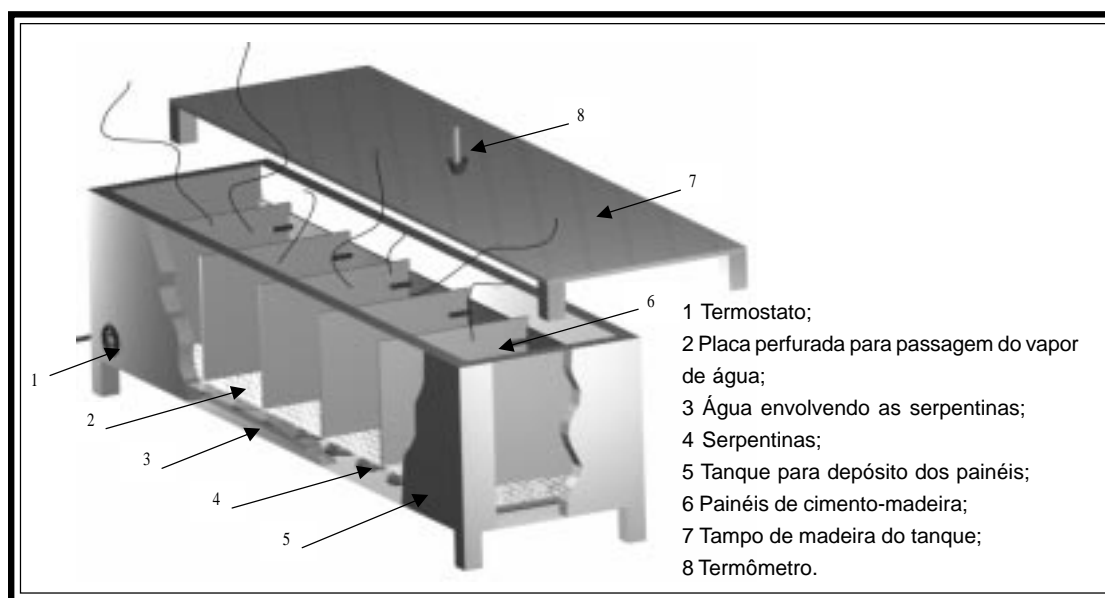


Figura 1. Câmara para cura a vapor dos painéis de cimento-madeira.

Tabela 1. Delineamento para o estudo do efeito de tratamentos de cura sobre as propriedades das chapas de cimento-madeira.

Tratamento	Prensagem	Acondicionamento	
		Câmara de vaporização (60 °C)	Período (dia)
		Período (h)	Período (dia)
Tipo II	T ₁ V ₂₄ E ₂₈	24	24
	T ₂ V ₁₀ E ₂₈	24	10
	T ₃ V ₀₃ E ₂₈	24	03
	T ₄ V ₁₀ E ₁₄	24	10
	T ₅ V ₀₃ E ₀₇	24	03
Tipo I	T ₆ V ₀₀ E ₂₈	24	00
	T ₇ V ₀₀ E ₁₄	24	00
	T ₈ V ₀₀ E ₀₇	24	00

V_n = dias de vaporização; E_n = N^o dias para o ensaio

Tabela 2. Massa específica média das chapas para cada tratamento realizado no estudo de cura à vapor.

		TRATAMENTO		MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)
Processo de cura	Tipo II	T ₁	V ₂₄ E ₂₈	1,09 ^A
		T ₂	V ₁₀ E ₂₈	1,10 ^A
		T ₃	V ₀₃ E ₂₈	1,11 ^A
		T ₄	V ₁₀ E ₁₄	1,10 ^A
		T ₅	V ₀₃ E ₀₇	1,13 ^A
	Tipo I	T ₆	V ₀₀ E ₂₈	1,14 ^A
		T ₇	V ₀₀ E ₁₄	1,09 ^A
		T ₈	V ₀₀ E ₀₇	1,09 ^A

Letras diferentes denotam diferenças estatísticas entre as médias ao nível de 95% de probabilidade; CV = Coeficiente de Variação; * = Média de 3 repetições.

dia (E₂₈). Por comparação, pôde-se verificar se ocorreram modificações nas médias de propriedades mecânicas dos painéis, em função da aplicação do vapor durante o processo de cura.

Para as propriedades mecânicas MOE e MOR, observadas na tabela 3, verifica-se que quando não se curou os painéis a vapor (T₆, T₇ e T₈), as médias obtidas após 7 e 14 dias, foram inferiores, estatisticamente, à testemunha (T₆ – ensaio com 28 dias). Isto significa que, mesmo utilizando o cimento ARI (cimento de alta resistência inicial), a resistência dos painéis até o 14^o dia não equiparou-se à resistência obtida no 28^o dia. Assim, somente o emprego de um cimento de pega e endurecimento rápido, não foi suficiente para reduzir o tempo de maturação das chapas. Esta mesma tendência foi observada, também, para as variáveis compressão paralela e ligação interna, como pode ser observada na tabela 4.

Observando ainda a tabela 3, verifica-se que a cura a vapor proporcionou efeitos diferenciados sobre o MOE e MOR. Nota-se, que para o MOE, vaporizando as chapas durante 10 ou 3 dias (T₂, T₃, T₄ e T₅), independente do número de dias em que os corpos-de-prova dos painéis foram ensaiados

(28^o, 14^o ou 7^o dia), os resultados foram estatisticamente equivalentes aos obtidos pela testemunha. Isto significa que a vaporização dos painéis contribuiu para reduzir o período de maturação dos mesmos, ou seja, aplicando-se uma cura a vapor pode-se obter médias de MOE no 7^o dia equivalentes às obtidas no 28^o dia. Assim, não é necessário esperar 28 dias para que os painéis sejam utilizados. Neste caso, pode-se obter ganhos significativos ao curar as chapas a vapor (60 °C) durante 3 dias e empregá-las a partir do 7^o, isto porque, sob essa condição, se teria a minimização do tempo de cura (menor consumo de energia) e também a minimização do período de maturação (menor período de estocagem), melhorando a produtividade.

Resultado semelhante ao observado para o MOE, ocorreu com a variável compressão paralela (Tabela 4). Apenas que, a resistência obtida para a testemunha (T₆), não foi equiparável ao tratamento em que os painéis tinham idade de 7 dias (T₅). Portanto, em se tratando de compressão paralela, os painéis só poderiam ser utilizados a partir do 14^o dia, isso após ficarem expostos a uma cura a vapor por 10 dias.

Tabela 3. Efeito da cura sobre o MOE e o MOR dos painéis de cimento-madeira.

TRATAMENTO			FLEXÃO ESTÁTI				
			MOE			CV (%)	
			Média* (kgf/cm ²)				
Processo de cura	Tipo II	T ₁ V ₂₄ E ₂₈	24079,96	A	B	29,6	
		T ₂ V ₁₀ E ₂₈	28652,58		B C	21,1	
		T ₃ V ₀₃ E ₂₈	30795,70		B C	24,4	
		T ₄ V ₁₀ E ₁₄	29281,41		B C	26,5	
	Tipo I	T ₅ V ₀₃ E ₀₇	27172,61		B C	17,9	
		T ₆ V ₀₀ E ₂₈	34650,93			C	13,6
		T ₇ V ₀₀ E ₁₄	23512,43	A	B	26,7	
		T ₈ V ₀₀ E ₀₇	16920,12	A		33,8	

Letras diferentes denotam diferenças estatísticas entre médias ao nível de 95% de probabilidade; * = Médias obtidas de 12 repetições; CV = Coeficiente de Variação; V_n = dias de vaporização; E_n = N^o dias para o ensaio.

Tabela 4. Efeito da cura sobre a compressão paralela e a ligação interna dos painéis de cimento-madeira.

TRATAMENTO			COMPRESSÃO PARALELA				
			Média* (kgf/cm ²)			CV (%)	
Processo de cura	Tipo II	T ₁ V ₂₄ E ₂₈	38,11	A		26,6	
		T ₂ V ₁₀ E ₂₈	51,35	A	B C	35,9	
		T ₃ V ₀₃ E ₂₈	55,69		B C	25,8	
		T ₄ V ₁₀ E ₁₄	50,68	A	B C	33,8	
	Tipo I	T ₅ V ₀₃ E ₀₇	43,46	A	B	24,4	
		T ₆ V ₀₀ E ₂₈	66,86			C	27,9
		T ₇ V ₀₀ E ₁₄	44,61	A	B	15,6	
		T ₈ V ₀₀ E ₀₇	44,59	A	B	14,8	

Letras diferentes denotam diferenças estatísticas entre as médias ao nível de 95% de probabilidade; * = Médias obtidas de 12 repetições; ** = Médias obtidas de 18 repetições; CV = Coeficiente de Variação; V_n = dias de vaporização; E_n = N^o dias para o ensaio

Estes resultados, obtidos para o MOE e compressão paralela, seriam ainda melhores se tivessem ocorridos em todas as propriedades. Porém, nas variáveis MOR e ligação interna (tabelas 3) a cura a vapor não acelerou a maturação dos painéis e nem causou um aumento da resistência.

Observando as tabelas 3 e 4, nota-se que a testemunha (T_0) continuou, estatisticamente, apresentando médias de MOR e ligação interna, superiores aos demais tratamentos. Neste caso, foi necessário 28 dias para que a resistência máxima fosse atingida.

Nota-se ainda, através das tabelas 3 e 4, que em todas as propriedades mecânicas, ao se curar as chapas a vapor por um período de 24 dias, as médias obtidas foram sempre inferiores às demais. Um possível motivo que levou a redução das médias foi a prolongada exposição ao calor. Isso pode ter provocado transformações na composição química da madeira afetando, assim, a interação cimento-madeira.

Os resultados de MOE e compressão paralela podem ter ocorridos porque, segundo NEVILLE (1982), elevando-se a temperatura no processo de cura, à pressão atmosférica, aumenta-se a velocidade do endurecimento e resistência do cimento, sendo que, este processo se assemelha ao processo de cura úmida. O vapor acelera a resistência do cimento e resulta em resistência de chapas a 24 h, igual a resistência das chapas com idade de 7 dias que não foram curadas ao vapor HUFFAKER (1962).

O fato de uma resposta positiva não ter ocorrido em todas as propriedades possivelmente ocorreu porque, como o cimento utilizado foi de alta resistência inicial, para que o efeito de uma cura à vapor causasse melhores resultados, a exposição dos painéis ao vapor, deveria ter iniciado assim que os mesmos fossem grampeados. Portanto, é recomendável iniciar o período de cura a vapor logo após a prensagem dos painéis. Isto irá fazer com que a alta umidade e temperatura da cura a vapor, possam agir desde os primeiros estágios do processo de hidratação do cimento.

CONCLUSÕES

- O uso de um cimento de alta resistência inicial (ARI) nos painéis de cimento-madeira, curados em câmaras climáticas, não proporcionou resistências de propriedades mecânicas dos painéis nos tempos de cura de 7 e 14 dias, equiparáveis à resistência aos 28 dias;
- A cura a vapor proporcionou um efeito benéfico nas propriedade MOE e compressão paralela, proporcionando rigidez e resistência, respectivamente, no 7^o e 14^o equiparável à resistência obtida no 28^o dia de maturação dos painéis;
- A cura a vapor, nas propriedades de MOR e ligação interna, não contribuiu para a elevação da resistência nem para uma redução no tempo de maturação.

LITERATURA CITADA

- 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.
- BIBLIS, E. J. & LO, C. F. Sugars and other wood extratives: effect on the setting of Southern pine-cement mixtures. *Forest Products Journal*. v. 18, n. 8, p. 28-34, 1968.
- DAVIS, T. C. Effect of blue stain on setting of excelsior-cement mixtures. *Forest Products Journal*. [S.I.], v. 16, n. 6, p. 49-50, jun. 1966.
- DINWOODIE, J. M. Wood-cement particleboard. *Building Research Establishment*. Abstract, 1978.

- DIX, R. J. H. *the principles of cement-bonded particleboard manufacturing*. In: Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials. Session III: Industrial manufacturing Processes. USA. VOL. I, 1989. p. 61-62.
- HACHMI, M.; CAMPBELL, A. G. *Wood-cement chemical relationships*. In: Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials. Session II: Raw Material Considerations. USA. VOL. I, 1989. p. 43-47
- HUFFAKER, E. M. Use of Mill Residues in Wood-Fiber Concrete. *Forest Products Journal*. v. 12, n. 7, p. 298-301, 1962.
- LATORRACA, J. V. F. Estudo da viabilidade do uso da espécie *Eucalyptus dunnii* (Maid) na manufatura de painéis de madeira-cimento. Curitiba, 1996. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. 94 p.
- LATORRACA, J. V. F.; IWAKIRI, S.; LELIS, R. C. C. Efeito inibidor de cinco espécies florestais sobre a cura do compósito cimento-madeira. *Floresta e Ambiente*. v. 6, n 1, p. 76-82, 1999.
- 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.
- 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*. v. 15, n. 2, p. 164 -176, 1983.
- MOSLEMI, A. A. *Emerging technologies in mineral-bonded wood and fiber composites*. IN: I Seminário Internacional Sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia. I Encontro Sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização de Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte. 1998. p. 144-156.
- _____. *Wood-cement panel products: coming of age*. In: Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials. Session I: State of the art in mineral-bonded boards. USA. VOL. I, 1989. p. 12-18.
- NEVILLE, A. M. *Propriedades do Concreto*. Ed. Pini, 1ª Edição, São Paulo, 1982.
- NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. *Testing of wood chipboards, bending test, determination of bending strength*. DIN 52362, 1982, p. 39-40.
- SHUKLA, V. K.; JAIN, V. K.; PANT, R. C. Suitability of Lignocellulosic Materials for the Manufacturing of Cement Bonded Wood-Wool Boards. *Timb. Dev. Assoc.* v. 30, n. 3, p. 16-23, jul. 1984.
- SINGH, N. B. Influence of calcium gluconate with calcium chloride or glucose on the hydration of cements. *Cement and Concrete Research*. United States, 1975. v. 5, n. 6, p. 545-550.
- SOLÓRZANO, A. G. R. *Experience of manufacturing wood-cement particleboard in Mexico*. In: Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials. Session III: Industrial manufacturing Processes. USA. Vol. I, 1989. p. 84-87.
- SOUZA, M. R. *Effect of carbon dioxide gas in manufacturing cement-bonded particleboard*. Idaho, 1992. Dissertação (Master of Science) - University of Idaho. 121 p.
- _____. *Durability of cement-bonded particleboard made conventionally and carbon dioxide injection*. Idaho, 1994. Tese (Doctor of Philosophy). University of Idaho. 123 p.
- TEIXEIRA, Divino. E. & GUIMARÃES, Tânia L. *Tratamento de partículas de Acacia mearnsii*

De Wild. para produção de chapas de cimento-madeira. Brasília: IBAMA - DIRPED - LPF. Série Técnica 11, 1989.

VALENZUELA, W. *Contribution a la determination de l'aptitud d'essences forestieres pour la fabrication de panneaux de fibro-ciment.* Gembloux (Belgique), Faculté des Sciences Agronomiques. 1989. 134 p.

WEATHERWAX, R. C. & TARKOW, H. Effect of wood on setting of Portland cement. *Forest Products Journal.* v. 14, n. 12, p. 567-570, 1964.

ZUCCO, L. L. *Estudo da viabilidade de fabricação de placas de compósitos à base de cimento e casca de arroz.* Campinas, 1999. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas. 118 p.